

Министерство природных ресурсов РФ
Федеральное агентство по недропользованию
Государственная комиссия по запасам

Методические рекомендации
по применению Классификации запасов к
месторождениям твердых полезных ископаемых:
горючих (уголь, горючие сланцы)
и металлических (черные, цветные, редкие,
драгоценные и радиоактивные металлы, россыпи)

(проект)

Москва – 2005

Оглавление

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев.....	3
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям железных руд.....	31
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям марганцевых руд.....	61
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых руд.....	90
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям алюминиевых руд.....	118
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям медных руд.....	146
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям свинцовых и цинковых руд.....	177
Методические рекомендации по применению классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд.....	207
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям оловянных руд.....	236
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям вольфрамовых руд.....	269
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям молибденовых руд.....	300
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд.....	329
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям сурьмяных руд.....	358
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд.....	385
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям бериллиевых руд.....	412
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд.....	442
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям.....	476
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям серебрянных руд.....	514
Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных металлов.....	547
Методические рекомендации по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям.....	596

УДК 553.04:[553.93/.96+553.983]

ББК 26.343.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40 применительно к месторождениям углей и горючих сланцев.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений углей и горючих сланцев. Выполнение их обеспечит получение унифицированной геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о степени изученности месторождения (горного отвода), обоснованности дальнейших разведочных работ целесообразности проектирования новых или реконструкции существующих предприятий по добыче углей и горючих сланцев, вовлечении запасов угля (сланцев) в промышленное освоение.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 20 августа 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев

1. Общие сведения

1.1. Ископаемый уголь представляет собой твердое горючее полезное ископаемое осадочного происхождения. В его состав входят: преобразованные органические вещества, минеральные компоненты (условно не более 50% от сухой массы) и влага.

В зависимости от исходного органического вещества, характера и степени его преобразования, содержания и состава минеральных веществ ископаемые угли представлены разновидностями, существенно различающимися по химическому составу, физическим и технологическим свойствам. С повышением степени углефикации в химическом составе органического вещества углей увеличивается содержание углерода (от 63 до 95%) и снижается содержание кислорода, водорода и азота. Цвет малозольных углей изменяется от бурого до интенсивно черного, блеск – от матового до стеклянного, твердость по шкале Мооса от 1 до 5, плотность от 0,92 до 1,7 г/см³, значительно изменяются твердость, хрупкость, электропроводимость, термическая стойкость и, другие механические и физические свойства. На средних стадиях углефикации угли приобретают свойство спекаться – переходить при нагревании без доступа кислорода в пластическое состояние и образовывать полукоксы или коксы. Высшая теплота сгорания углей 25–37 МДж/кг, низшая – 6–31 МДж/кг.

1.2. Минеральные компоненты в углях и породных прослоях представлены в основном кварцем, глинистыми минералами, полевыми шпатами, пиритом, марказитом, карбонатами. При сжигании углей большая часть минеральных веществ переходит в золу и шлак. Состав минеральных компонентов углей определяет химический состав и технологические свойства золы, играет существенную роль в процессах энергетического и технологического использования углей, а также определяет возможность и целесообразность использования

зол, шлаков и отходов обогащения углей для производства строительных материалов и глинозема. Минеральное вещество углей в совокупности с параметрами топочных агрегатов, техническими и термодинамическими условиями сжигания определяют токсичность золошлаковых отходов при утилизации или размещении их в золошлакоотвалах.

В некоторых месторождениях в углях и вмещающих породах установлены повышенные концентрации германия, галлия, урана, скандия, молибдена, свинца и цинка, промышленное извлечение которых может существенно повысить экономический потенциал этих месторождений. Наличие в углях серы, радионуклидов, а также других элементов, образующих при использовании высокотоксичные, радиоактивные и сильно активные соединения (ртути, мышьяка, бериллия, фтора, урана, тория и др.) при массовом сжигании (переработке) может создать опасность загрязнения окружающей среды. Золошлаковые отходы сжигания углей могут быть не токсичными (V класс) или иметь различные классы токсичности.

1.3. Ископаемые угли по ГОСТ 25543–88 подразделяют:

- по степени углефикации органического вещества на три вида (бурые угли, каменные угли и антрациты, образующие непрерывный генетический ряд) – в зависимости от значения среднего показателя отражения витринита (R_o), теплоты сгорания на влажное беззолное состояние (Q_s^{daf}) и выхода летучих веществ на сухое беззолное состояние (V^{daf}).
- по генетическим параметрам на 49 классов – по среднему показателю отражения витринита (R_o); 7 категорий – по содержанию фюзенизированных компонентов на чистый уголь (ΣOK); 31 тип – по максимальной влагоемкости на беззолное состояние (W_{max}^{daf}) для бурых углей, выходу летучих веществ на сухое беззолное состояние (V^{daf}) для каменных углей и объемному выходу летучих веществ на сухое беззолное состояние (V_v^{daf}) для антрацитов; 33 подтипа – по выходу смолы полукоксования на сухое беззолное состояние (T_{sK}^{daf}) для бурых углей, толщине пластического слоя (ν) и индексу РОГА (RI) для каменных углей, анизотропии отражения витринита (AR) для антрацитов.
- по технологическим параметрам на марки, группы и подгруппы. Выделено 17 марок углей: бурые угли и антрациты – по одной марке (Б и А), каменных углей – 15 марок: (длиннопламенные (Д), длиннопламенные газовые (ДГ), газовые (Г), газовые жирные отощенные (ГЖО), газовые жирные (ГЖ), жирные (Ж), коксовые жирные (КЖ), коксовые (К), коксовые отощенные (КО), коксовые слабоспекающиеся низкометаморфизованные (КСН), коксовые слабоспекающиеся (КС), отощенные спекающиеся (ОС), тощие спекающиеся (ТС), слабоспекающиеся (СС), тощие (Т). Угли (исключая угли марок Д, ДГ, КЖ, КСН и ТС) подразделяются на группы: угли марки Б по максимальной влагоемкости; угли марок Г и Ж – по различиям в спекаемости изометаморфизованных углей; угли марок ГЖО, ГЖ, К, КО, КС, ОС, СС, Т и А – по величине R_o и в меньшей мере по принадлежности изометаморфизованных углей к различным типам (по V^{daf} для каменных углей и антрацитов). Цифровое обозначение группы (1, 2 или 3) предшествует названию марки. По петрографическому составу группы углей по маркам делятся на подгруппы витринитовых или фюзенитовых. Буквенное обозначение подгруппы (В и Ф соответственно) следует после названия марки. Для углей 1Б, 2Г, ГЖ, Ж, КЖ, СС – подгруппы не выделяют. Марку, группу и подгруппу углей устанавливают в соответствии с их классом и подтипом для каждого пласта на месторождении.

1.4. Основным направлением промышленного использования углей является энергетическое – сжигание в слоевых и факельных топках. В значительных масштабах спекающиеся каменные угли перерабатываются в металлургический кокс, в более ограниченном объеме угли поступают на полукоксование. При коксовании и полукоксовании углей получают также жидкие и газообразные продукты, являющиеся ценным химическим сырьем. Перспективно использование углей для получения синтетического газообразного и жидкого топлива, пластических масс, буроугольного воска,

высокоуглеродистых конструкционных и углеграфитовых материалов, гуминовых удобрений, а также для других целей. Зола и шлак от сжигания углей, отходы их добычи и обогащения используют в производстве строительных материалов. Перспективным является получение из отходов коксования и полукоксования глинозема, раскислителей, керамических, огнеупорных и абразивных материалов и другой продукции.

1.5. Промышленному использованию углей предшествуют добыча горной массы, разделение угля на классы крупности (грохочение), обогащение с целью повышения содержания органического вещества, брикетирование – окускование мелких фракций и мягких углей, подсушка для удаления избыточной влаги. Запасы углей можно классифицировать по степени технологичности добычи (открытый или подземный способ, валовая или селективная добыча, разные системы разработки и т.п.), обогатимости, зольности, сернистости, фосфористости и т.д.

В зонах аэрации и активного воздействия подземных вод вблизи дневной поверхности угли подвергаются окислению. В результате окисления угли утрачивают прочностные свойства (вплоть до превращения в сажистое вещество), изменяются их химические и технологические свойства: возрастает содержание кислорода, влаги, зольность, снижаются содержание углерода и теплота сгорания, в каменных углях появляются гуминовые кислоты, спекающиеся угли утрачивают способность спекаться.

Мощность зоны окисления углей колеблется от 0 до 100 м в зависимости от характера современного и древнего рельефа, длительности процесса окисления, уровня грунтовых вод, климатических условий, петрографического состава и степени углефикации.

Параметры качества окисленных углей ряда бассейнов и месторождений указаны в государственных стандартах 2111–75, 14834–86, Р 50904–96. Метод установления границы зоны окисленных углей для условий Кузбасса приведен в ГОСТ 2111–75.

Параметры качества углей для различных направлений промышленного использования определены в государственных стандартах 7241–88, 7429–89, 8010–87, 8011–74, 8163–87, 8166–87, 8167–87, 9744–87, 10355–86, 10658–87, 19339–88, Р 50904–96, Р 51586–2000, Р 51587–2000, Р 51588–2000, Р 51591–2000, Р 51971–2002, Р 51972–2002, 288991–91, 288992–91, 288993–91.

Номенклатура основных показателей качества угля приведена в табл. 1.

1.6. Угли залегают в виде пластов, пластообразных и линзовидных залежей. Площади непрерывного распространения угленосных толщ составляют от единиц до десятков тысяч квадратных километров. Мощности пластов и залежей достигают 200 м и более.

Углевмещающие толщи перекрываются или содержат самостоятельные пласты торфа, глиен (нередко огнеупорных), песков, аргиллитов, алевролитов, песчаников, карбонатных, изверженных и горелых горных пород, которые могут иметь промышленное значение.

Угленосные отложения обычно газоносны; среди газов преобладает метан. Метан газозольных месторождений является объектом самостоятельной эксплуатации.

В практике разведки угольные пласты (залежи) подразделяются по мощности на весьма тонкие (менее 0,7 м), тонкие (0,71–1,2 м), средней мощности (1,21–3,5 м), мощные (3,51–15,0 м) и весьма мощные (более 15 м). Для подземной разработки угля пласты разделяются на тонкие (до 1,2 м), средней мощности (1,2–4,5 м) и мощные (более 4,5 м). Для открытой разработки к тонким относят пласты мощностью до 2 м, к средним – от 2 м до 15–20 м (в зависимости от угла падения), к мощным – свыше 15–20 м.

Выделяют пласты (залежи) простого строения – без породных прослоев, сложного строения – при наличии одного-двух породных прослоев и очень сложного строения, когда пласты (залежи) представлены частым переслаиванием угольных слоев (пачек) и породных прослоев. Пласты (залежи) сложного и очень сложного строения, содержащие породные прослои, выдержанность и мощность которых позволяют вести селективную слоевую отработку, разделяются прослоями на части, рассматриваемые как самостоятельные объекты для подсчета запасов.

Основные показатели качества угля

Показатель	Условное обозначение	Номера государственных стандартов, рекомендующих методы испытаний
Петрографический состав углей: каменных, бурых	Vt, Sv, L, I, ΣОК	9414–74, 9414.1–94, 9414.2–93, 9414.3–93, 12112–78
Марка угля	Б, Д, ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС, ТС, СС, Т, А	25543–88
Технологическая группа	1Б, 2Б, 3Б, 1Г, 2Г, 1ГЖО, 2ГЖО, 1ГЖ, 2ГЖ, 1Ж, 2Ж, 1К, 2К, 1КО, 2КО, 1КС, 2КС, 1ОС, 2ОС, 1СС, 2СС, 3СС, 1Т, 2Т, 1А, 2А и 3А	25543–88
Массовая доля общей рабочей влаги, %	W_t^r	9516–92, 11014–2001, 11056–77, 26898–86, 27314–91, 29085–91, 30100–93
Зольность сухого топлива, %	A^d	11022–95, 11055–78
Высшая теплота сгорания, МДж/кг	Q_s^{daf}	147–95
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Q_i^r	147–95
Выход летучих веществ, %	V^{daf}	6382–91
Объемный выход летучих веществ, см ³ /г	V_v^{daf}	7303–90
Массовая доля общей серы,	S_t^d	8606–93, 2059–95
Массовая доля фосфора, %	P^d	1932–82
Показатели пластометрические: – пластометрическая усадка, мм – толщина пластического слоя, мм	x y	1186–87 1186–87
Показатель РОГА	RI	9318–91
Показатели дилатометрические	$a, b, П_{нб}, П_{в}, И_{в}$	13324–94, 14056–77
Показатель ГРЕЙ-КИНГА	GK	16 126–91
Показатель отражения витринита в иммерсии	R_o	12113–94
Температура плавления золы, °С	t_3	2057–94
Химический состав золы	–	10538–87
Выход гуминовых кислот, %	$(HA)_t$	9517–94
Выход смолы полукоксования, %	T_{sK}^{daf}	3168–93
Выход битума (бензольного экстракта) из бурых углей, %	B^d	10969–91
Термическая стойкость, %	ПТС	7714–75
Механическая прочность, %	X_1, X_2	15490–70
Коэффициент размолоспособности	$Gr_{ВП}$	15489.1–93, 15489.2–93
Действительная плотность, г/см ³	d_r	2160–92
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	ρ	4668–75

Угольные пласты в зависимости от их мощности и зольности разделяются на рабочие и нерабочие. Рабочим считается пласт, имеющий средневзвешенную зольность не больше, а мощность не меньше установленной кондициями для балансовых запасов угля данной марки конкретного месторождения.

1.7. Горючие сланцы – осадочная (глинистая, известковистая, реже кремнистая) порода, содержащая равномерно распределенное органическое вещество (от 20 до 70%), представленное сапропелевым или гумусово-сапропелевым материалом (керогеном).

Цвет горючих сланцев коричневато-бурый, реже черный, текстура тонкослоистая (при выветривании листоватая) или массивная. Плотность (при содержании керогена 30–50%) 1,5–1,8.

Химический состав органической части горючих сланцев (в%): углерод 56–82, водород 5–10, кислород 10–40, азот 0,2–2,8, сера 0,2–11. При нагревании до 1000 °С с доступом

воздуха (до 500 °С без доступа воздуха) органическая часть сланца генерирует нефтеподобную смолу (сланцевое масло) и горючий газ.

1.8. Горючие сланцы – комплексное сырье. Используются как энергетическое и энерго-технологическое топливо, а также могут перерабатываться для получения бытового газа и разнообразных химических продуктов. Сланцевая зола может найти применение в цементном производстве, для каменного литья, получения легких заполнителей типа аглопорита, известкования почв и других целей.

1.9. Основными показателями качества горючих сланцев являются теплота сгорания (Q_s^d) и выход смолы (T_{SK}^d). Для Ленинградского месторождения горючих сланцев государственным стандартом 7754–89 установлены параметры качества сланцев применительно к направлениям их промышленного использования. Сланец перед поставкой потребителю подвергается грохочению и обогащению.

1.10. Горючие сланцы залегают в виде пластов и линз сложного строения. Общая мощность сланцевых пластов (линз), как правило, не превышает 5 м, чаще до 3 м; полезная мощность пласта обычно колеблется в пределах 0,7–2,0 м. Площади непрерывного сланценакопления достигают тысяч квадратных километров, рабочая мощность пластов в крупных бассейнах выдерживается на сотнях квадратных километров.

1.11. Месторождения углей (горючих сланцев) различаются числом пластов, их мощностью и строением, качеством угля (сланца), изменчивостью этих параметров, а также особенностями залегания.

В связи со значительными размерами площадей непрерывного угле- или сланцеобразования разведка и освоение большинства бассейнов и крупных месторождений производятся последовательно на отдельных участках с запасами угля (сланца), в совокупности обеспечивающими работу нескольких горнодобывающих предприятий в геологически и технико-экономически обоснованных границах в течение расчетного срока эксплуатации. Ограниченные по площади и запасам месторождения разведываются и осваиваются как целостные объекты.

1.12. В практике разведки и промышленной оценки угольных (сланцевых) месторождений пласты тонкие и средней мощности подразделяются на три группы:

- выдержанные; на оцениваемой площади отклонения от среднего значения общей мощности для тонких пластов, как правило, не превышают 20%, для пластов средней мощности 25%, при этом для тонких пластов наименьшее значение должно превышать установленную кондициями минимальную мощность на величину возможной ошибки определения; участки с нерабочим значением мощности отсутствуют, строение пласта однородно, показатели качества угля (сланца) не имеют существенных отклонений от средних величин;
- относительно выдержанные; на оцениваемой площади отклонения от среднего значения общей мощности для тонких пластов, как правило, не превышают 35%, а для пластов средней мощности 50%; установлены закономерности пространственного изменения морфологии пласта и качества угля (сланца);
- невыдержанные, когда на площади оценки вследствие резкой изменчивости мощности или строения пластов и показателей качества угля (сланца), а для тонких пластов также вследствие близости их мощности к установленным кондициями пределам, пласт на многих локальных участках является нерабочим.

Степень выдержанности мощных и сверхмощных пластов (залежей) оценивается в каждом конкретном случае с учетом геологической изменчивости их мощности, морфологии и качества угля (сланца), а также намеченного способа отработки (валового или слоевого)*.

1.13. По величине углов падения выделяют пласты с горизонтальным (до 3°), пологим (до 18°), наклонным (19–35°), крутонаклонным (36–55°) и крутым (56–90°) залеганием.

* В практике разведки угольных месторождений (участков) степень выдержанности пластов обычно устанавливается для площади размером не менее 4 км².

Зоны резкого изменения углов падения пластов и крупные разрывные нарушения с амплитудами в десятки и более метров служат границами полей шахт (разрезов) и отдельных эксплуатационных блоков. По степени пораженности средними и мелкими разрывными нарушениями выделяются ненарушенные, слабонарушенные, нарушенные и сильно нарушенные месторождения (участки).

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По геологическим особенностям: выдержанности мощности, строения угольных (сланцевых) пластов, сложности условий их залегания и горно-геологическим условиям разработки – угольные (сланцевые) месторождения (участки) соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) с мощными и пластами с пологим ненарушенным или слабонарушенным залеганием (месторождения Канско-Ачинского, Нижне-Зейского, Иркутского, Южно-Уральского и других бассейнов), а также месторождения (участки), приуроченные к простым складчатым или крупноблоковым структурам с выдержанными элементами залегания продуктивных отложений и преобладанием в их разрезе выдержанных и относительно выдержанных угольных (сланцевых) пластов с простыми горно-геологическими условиями разработки (Усинская мегасинклиналь, Ленинский, Беловский, Ускатский, Ерунаковский угленосные районы Кузнецкого бассейна, Ургальский угленосный район Буреинского бассейна, Минусинский бассейн и некоторые крупные месторождения Забайкалья и других районов);

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) с относительно простыми горно-геологическими условиями разработки:

- а) с мощными и средней мощности относительно выдержанными и невыдержанными пластами с пологим ненарушенным или слабонарушенным залеганием Подмосковский бассейн, Чульмаканское месторождение Южно-Якутского бассейна, месторождения Серовского угленосного района и другие);
- б) с преобладанием в разрезе выдержанных рабочих пластов, приуроченных к простым складчатым или крупноблоковым;
- в) с преобладанием мощных и средней мощности выдержанных и относительно выдержанных пластов в разрезе продуктивных толщ, слагающих сложно-складчатые и осложненные разрывными нарушениями структуры (Алмазно-Марьевский район и северная зона мелкой складчатости Донецкого бассейна, Коротайхинская мегасинклиналь Печорского бассейна, Кемеровский, Анжерский, Присалаирские и Пригорношорские районы Кузнецкого бассейна, Коркинский и Еманжелинский районы Челябинского бассейна).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) с невыдержанных пластов, а также с преобладанием выдержанных и относительно выдержанных пластов, но при очень сложных условиях их залегания вследствие интенсивного проявления мелкой складчатости или разрывных нарушений, создающих мелкоблоковые структуры, и при сложных горно-геологических условиях разработки (Партизанский, Угловский бассейны, западные районы о-ва Сахалина, отдельные участки крупных бассейнов и месторождений).

Перечисленные бассейны и районы являются характерными примерами месторождений (участков) соответствующих групп Классификации, что, однако, не исключает возможности выявления в их пределах месторождений (участков) другой группы сложности.

Один из важнейших критериев отнесения месторождения (участка) к той или иной группе Классификации – сложность горно-геологических и горнотехнических условий разработки. Горно-геологические условия разработки определяются морфологией, размерами, положением в пространстве, составом, строением, свойствами и состоянием

пластов (залелей) угля (сланца) и вмещающих их пород. Горнотехнические условия разработки определяются конкретными инженерными решениями при проектировании и эксплуатации месторождений. Так, шахтные поля, выделяемые на глубоких (более 1000 м от дневной поверхности) горизонтах крупных структур Донецкого бассейна, которые по выдержанности мощности угольных пластов и качеству угля, а также по характеру тектоники соответствуют 1-й группе, относятся ко 2-й группе Классификации вследствие исключительной сложности горно-геологических условий отработки, детальное изучение которых не обеспечивается техническими средствами геологоразведочных работ. В ряде случаев (например, в Кузнецком, Челябинском, Иркутском и других бассейнах) принадлежность месторождения (участка) к определенной группе зависит от намечаемого способа вскрытия и разработки запасов.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе обосновывается в каждом конкретном случае исходя из степени выдержанности, условий залегания (степени нарушенности) и сложности горно-геологических условий разработки основных угольных (сланцевых) пластов, содержащих не менее 70% запасов месторождения (участка).

2.3. На крупных месторождениях (участках, полях шахт, разрезах), отличающихся неоднородностью геологического строения, отнесение отдельных их частей к группам сложности может производиться дифференцированно, с учетом определяющих различий в тектонике, горно-геологических условий, угле- или сланценоности.

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава углей (сланцев)

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу в масштабе, соответствующем особенностям его геологического строения и рельефу поверхности. Топографические карты и планы на угольных и сланцевых месторождениях обычно составляются в масштабе 1:2 000–1:10 000*.

На топографическую основу должны быть нанесены по данным инструментальной привязки все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, траншеи, шахты, штольни, скважины и др.), а также местоположение пунктов (линий, точек замеров) геофизических и геохимических исследований. Ситуационный план поверхности должен быть пополнен по состоянию на дату завершения геологоразведочных работ.

3.2. Геологическое строение месторождения (участка) должно быть отображено на плане масштаба 1:2 000–1:10 000 и детальных геологических разрезах, а при необходимости – на погоризонтных планах и разрезах специального назначения (геокриологических, гидрогеологических, геофизических и др.).

Графические материалы по месторождению должны давать представление о морфологии, условиях залегания, строении угольных (сланцевых) пластов и закономерностях их изменчивости, особенностях тектоники месторождения и горно-геологических условий в соответствии с «Техническими требованиями угольной промышленности к геологоразведочным работам и исходным геологическим материалам, представляемым для проектирования шахт и разрезов», утвержденными Первым зам. министра угольной промышленности 26.11.86.

3.3. Приповерхностные части месторождения (участка) должны быть изучены с особой тщательностью. В открытых бассейнах и месторождениях и при неглубоком наклонном залегании угленосной толщи должны быть прослежены выходы основных рабочих пластов под покровные отложения, на закрытых месторождениях (участках) – получены данные, необходимые для построения гипсометрического плана поверхности погребенных

* По району разведанного месторождения необходимо иметь также геологическую карту масштаба 1:25 000–1:50 000 с отображением на ней данных об угленосности (сланценоности), наличии других полезных ископаемых с приложением соответствующих разрезов, геофизических и сопряженных материалов.

угленосных отложений. Должны быть изучены состав и свойства покровных отложений, наличие в них полезных ископаемых, определено положение нижних границ физического выветривания пород и окисления углей.

3.4. Разведка угольных (сланцевых) месторождений (участков) на глубину проводится скважинами при подчиненной роли горных выработок. Необходимость проходки подземных горных разведочных выработок на разрабатываемых подземным способом месторождениях, их объемы, назначение и соотношение со скважинами определяются в каждом конкретном случае исходя из геологических особенностей месторождения, глубины залегания угольных (сланцевых) пластов, рельефа, наличия на поверхности ряда геолого-экономических факторов. При необходимости осуществляется бурение подземных разведочных скважин.

3.5. Размещение разведочных скважин и горных выработок, их глубина (протяженность) и плотность, геометрия разведочной сети определяются с учетом особенностей геологического строения месторождения (участка), сложности условий залегания и степени выдержанности морфологии угольных (сланцевых) пластов и качества углей (сланцев). В каждом конкретном случае устанавливается преимущественное влияние того или другого фактора на геометрию и плотность разведочной сети с учетом предполагаемого способа разработки месторождения (участка).

При горизонтальном и пологом залегании угольных (сланцевых) пластов разведочные скважины располагаются по квадратной или прямоугольной сети.

При наклонном, крутом и сложно-скалчатом залегании пластов разведочные профили задаются вкрест простирания продуктивной толщи. Расстояния между скважинами в профилях должны быть меньше расстояний между профилями; эти расстояния и глубины скважин определяются необходимостью получения перекрытого разреза и однозначной увязки данных между смежными скважинами.

Кроме того, задаются опорные (детализационные) профили для уточнения закономерностей в изменении морфологии пластов, их мощности, строения, гипсометрии и степени нарушенности с установлением типов, простираний и амплитуд разрывных нарушений и флексур. Детализационные профили задают по направлению максимальной изменчивости изучаемого фактора.

3.6. Приведенные в табл. 2 обобщенные данные о плотности сетей, применявшихся в странах СНГ при разведке угольных (сланцевых) месторождений для оценки по различным категориям запасов углей (сланцев), заключенных в пластах с различной степенью выдержанности их морфологии и зольности угля, могут быть использованы при проектировании геологоразведочных работ, но не являются универсальными. Для конкретного месторождения по данным изучения участков детализации, специфических особенностей его геологического строения и характера угле- или сланценосности обосновывается рациональная геометрия и плотность разведочной.

Таблица 2

**Ориентировочные расстояния между скважинами в плоскости
пласта в тектонически однородных блоках, м**

Выдержанность морфологии пластов	Расстояния между скважинами по категориям запасов					
	А		В		С ₁	
	между линиями	между скважинами на линиях	между линиями	между скважинами на линиях	между линиями	между скважинами на линиях
Выдержанные	600–800	200–400	800–1200	400–600	до 2000	до 1000
Относительно выдержанные	300–400	150–250	400–600	200–300	до 1000	до 500
Невыдержанные	–	–	250–300	150–250	до 500	до 300

Примечание. На месторождениях 2-й группы сложности с невыдержанным качеством угля (сланца) расстояния между линиями и скважинами на линиях для категории В принимаются аналогичными указанным для категории А. На месторождениях 3-й группы сложности с невыдержанным качеством угля (сланца) расстояния между линиями и скважинами на линиях для категории С₁ принимаются аналогичными указанным для категории В.

На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.6.1. В пределах участков детализации контуры размывов, замещений, выгорания угля, расщепления пласта, карста, окисленных углей, площади распространения ложной кровли, слабой углистой, сползающей или пучащей почвы, площади распространения и распределение конкреций должны устанавливаться при расстояниях между скважинами в профилях не более 150 м. При большой частоте указанных осложнений и в пределах полей угольных разрезов расстояния между скважинами сокращаются до 100 м.

Плотность разведочной сети должна обеспечить однозначную оценку степени сложности геологического строения месторождения (участка) и достоверную количественную характеристику показателей кондиций.

Для пластов сложного и очень сложного строения определяются мощности: общая, чистых угольных пачек, углистых (керогеновых) пород в кровле и почве, внутрипластовых породных прослоев. Расхождения в определении мощностей по данным разведочного бурения и эксплуатационной разведки для пересечений пластов с предельной кондиционной мощностью не должны превышать 0,05 м, для пластов средней мощности составлять $\pm 0,1$ –0,2 м, для мощных пластов $\pm 0,2$ –0,4 м.

Ошибка в определении абсолютных отметок почвы (кровли) пластов угля (сланца) в точках пересечения разведочными скважинами не должна превышать: для месторождений 1-й группы при горизонтальном залегании пластов 0,5 м; для месторождений 2-й и 3-й групп при горизонтальном залегании пластов и для месторождений всех групп при пологом залегании пластов 1 м; для месторождений всех групп при наклонном падении 2 м и при крутонаклонном падении 3 м на каждые 500 м глубины скважины.

3.6.2. Для ненарушенных и слабонарушенных крупноблочных месторождений, промышленная ценность которых связана с одним пластом (залежью), расстояния между разведочными скважинами определяются в основном выдержанностью мощности и строения пласта, а для углей с высокой зольностью – изменчивостью этого показателя.

На многопластовых месторождениях выбор расстояний между скважинами, как правило, должен основываться на той группе пластов (по степени выдержанности), которая включает основные запасы углей (сланцев). Вопрос о необходимой степени разведанности невыдержанных пластов, содержащих ограниченные запасы углей (сланцев), должен решаться в зависимости от их положения в разрезе, относительного промышленного значения и сроков вовлечения в отработку.

Мощные и весьма мощные пласты сложного строения при разведке участков, намечаемых к разработке открытым способом, могут рассматриваться в целом как относительно выдержанные пласты. На участках, предназначенных для разработки подземным способом, должна быть обеспечена надежная геометризация частей пластов (слоев), предназначенных для раздельной выемки, а расстояния между выработками при разведке таких слоев должны приниматься с учетом степени их выдержанности.

3.6.3. На тектонически сложных месторождениях 2-й и 3-й групп, особенно отличающихся повышенной газоносностью и потенциальной выбросоопасностью, при размещении разведочных скважин и выработок учитывается необходимость количественной оценки газоносности углей и пород, геометризации мелкой складчатости и разрывных нарушений.

3.6.4. На разрабатываемых месторождениях для обоснования принимаемой плотности разведочной сети при разведке на глубину и на участках, смежных с разрабатываемыми площадями, следует как можно полнее использовать данные разработки о выявленных закономерностях в изменении мощности, строения, условий залегания пластов и качества углей (сланцев), а также о тектонике, газоносности углей и вмещающих пород, гидро- и горно-геологических условиях.

3.7. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения (участки детализации) должны быть разведаны наиболее детально. Запасы угля (сланца) на таких участках месторождений 1-й и 2-й групп должны быть разведаны соответственно по категориям А + В и В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных скважин на

участках детализации целесообразно сгустить не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для оценки запасов категории C_1 . Участки детализации должны отражать особенности условий залегания, выдержанность по мощности основных пластов месторождения. По возможности они располагаются в контуре, намеченном к первоочередной обработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения пластов и качеству угля, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число, положение и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем. В качестве участков детализации могут быть приняты горные отводы шахт и разрезов, расположенные в пределах освоенной части месторождения с близкими горно-геологическими условиями.

Полученная по участкам детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики разведки, геометрии и плотности разведочной, изменчивости и достоверности параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

При детализационных работах положение границ зон размывов, замещений и расслоения пласта необходимо определять при расстояниях между скважинами не более 150–200 м. При разведке месторождений 1-й и 2-й групп по сложности геологического строения на участках детализации должны быть выявлены разрывные нарушения с вертикальной амплитудой более 10 м, а на месторождениях 3-й группы – нарушения с вертикальной амплитудой более 20 м. Крупные и средние разрывные нарушения считаются выявленными, если установлены типы, элементы залегания, протяженность и амплитуды этих нарушений, а также охарактеризована возможная малоамплитудной нарушенности.

Детализация условий залегания пластов на сильно нарушенных месторождениях (участках) 2-й и 3-й групп с мелкоблоковой структурой, а также контуров рабочих пластов при положительном решении вопроса о целесообразности их промышленного освоения производится в основном горными выработками в процессе эксплуатации. На разрабатываемых месторождениях при особенно большой частоте мелких размывов и замещений, выявляемых горными выработками, но не улавливаемых разведочными скважинами, следует прогнозировать возможное извлечение запасов по опыту разработки.

3.8. Разведочные горные выработки должны проходиться, как правило, по угольным (сланцевым) пластам. Их основное назначение – получение данных о морфологии, конкреционности, условиях залегания пластов в приповерхностных и сильно нарушенных частях месторождения, изучение характера изменения физических свойств и состава углей (сланцев) и пород в результате процессов физического выветривания и окисления, отбор технологических проб, контроль качества и достоверности буровых и геофизических работ. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные шахтной геологической службы.

3.9. При бурении скважин по интервалам залегания угольных (сланцевых) пластов и вмещающим их породам должен быть получен максимально возможный выход керна с ненарушенной структурой. Оценка выхода керна ненарушенной структуры производится линейным замером, при извлечении керна в виде кусочков и мелочи – объемным методом или взвешиванием. Представительность полученного керна для определения мощности, структуры пластов и качества угля (сланца), а также свойств пород кровли и почвы пластов необходимо доказать материалами сопоставления с результатами замеров и опробования в горных выработках (при их наличии), исследованиями керна, извлеченного по полноценным пересечениям скважинами разведываемого пласта, и результатами геофизических исследований.

3.10. В вертикальных разведочных скважинах глубиной более 200 м и во всех наклонных скважинах независимо их от глубины должны производиться замеры

азимутальных и зенитных углов стволов скважин не реже, чем через каждые 20 м. Результаты измерений следует использовать при определении пространственных координат плаstopодсечений, построении геологических разрезов, пластовых планов и при расчетах истинных мощностей угольных (сланцевых) пластов и междупластий.

При разведке крутопадающих пластов для получения их пересечений под менее острыми углами целесообразно бурение наклонных скважин или искусственное искривление их стволов, бурение многозабойных скважин, а при наличии горных выработок – подземных скважин.

3.11. При изучении месторождения следует использовать наземные, межскважинные и окологлавиные геофизические методы исследований, рациональный комплекс которых определяется эффективностью решения поставленных задач в конкретных геолого-геофизических условиях.

Из наземных геофизических методов применяются электроразведка (вертикальное электроразведывание и электропрофилеирование), гравиразведка, сейморазведка, магниторазведка и эманационная съемка. Эти методы привлекаются для определения мощности покровных образований, глубины залегания и мощности угле- или сланценосных отложений, картирования рельефа их поверхности и поверхности подстилающих образований, выявления и прослеживания складчатых и разрывных нарушений, трещиноватых, закарстованных и обводненных зон, тел изверженных пород, выходов угольных (сланцевых) пластов и маркирующих горизонтов под покровные отложения, оконтуривания участков развития горелых и многолетнемерзлых пород, таликов.

Во всех разведочных скважинах проводятся геофизические исследования; при этом учитываются «Условия использования данных геофизических исследований скважин при подсчете разведанных запасов углей» (см. приложение).

3.12. Все разведочные выработки и естественные обнажения угольных (сланцевых) пластов должны быть задокументированы, а результаты опробования вынесены на первичную графическую основу и увязаны с геологическим описанием.

Полнота и достоверность первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, проверка правильности определения пространственного положения структурных элементов (сместителей, слоистости, контактов и др.), составления зарисовок, описания горных выработок и керна путем сличения с натурой и с результатами опробования подлежат систематическому контролю на представительном по объему и качеству материале компетентными комиссиями в установленном порядке. Результаты проверки оформляются актом.

3.13. Во всех разведочных выработках и скважинах угольные (сланцевые) пласты должны быть опробованы.

3.13.1. Опробование производится по пробам, отбираемым из керна скважин (ГОСТ 11223–88), а в горных выработках – бороздовым способом. Отбор пластовых проб и их обработка осуществляются по ГОСТ 9815–75, отдельно для угля (сланца) и породных прослоев, не включаемых в пачку угля (сланца). К породным прослоям относятся все породы, включая углистые с величиной A^d выше и керогеновые с величиной Q_i^r ниже установленных кондициями для подсчета забалансовых запасов данного вида топлива.

3.13.2. Отбор рядовых проб из угольных (сланцевых) пачек пласта производится по макроскопически выделяемым слоям.

Минимальная мощность интервалов опробования при визуальном неоднородном строении угольных (сланцевых) пачек принимается 0,2–0,3 м, для мощных и весьма мощных пластов, предназначенных для отработки открытым способом, соответственно 1 и 1,5 м.

При визуальном однородном составе слоев (пласта в целом), а также при наличии керна, не позволяющем выделить макроскопически различимые слои, опробование осуществляется равномерными секциями. Мощность интервалов опробования (длина секций) в этом случае, как правило, не должна превышать: в пластах тонких и средней мощности 0,5–0,7 м для условий подземной разработки и 1,3–1,5 м для условий открытой разработки, а в мощных и

весьма мощных пластах соответственно 1–1,5 и 2–5 м. На площадях распространения пластов, где однородность их строения и отсутствие некондиционных оценок качества угля (сланца) для отдельных слоев (пласта в целом) доказаны предыдущими работами, мощность интервалов опробования может быть увеличена до мощности слоя (пласта в целом), на весьма мощных пластах – до намечаемой выемочной мощности слоев (высоты уступов разреза). При наличии некондиционных оценок качества угля (сланца) мощность интервала опробования в краевых частях слоя (пласта) должна быть снижена до 0,2–0,3 м (для весьма мощных пластов, намечаемых к отработке открытым способом, до 1,0–1,5 м). Весьма тонкие пласты опробуются на полную мощность.

3.13.3. При разведке участков разрабатываемых месторождений пласты должны быть опробованы по падению и по простиранию с учетом изменчивости строения и мощности пластов, качества угля (сланца), установленной в ближайших горных выработках шахты (разреза), при обоснованной геологической аналогии площадей оценки и отработки.

3.13.4. Принятые способ и методика опробования систематически контролируются: бороздовое опробование в горных выработках – сопряженными бороздами одного сечения, керновое опробование при различном выходе и сохранности структуры керна – данными опробования горных выработок, подработавших скважины, и достоверных пересечений данного пласта в смежных скважинах, а при необходимости контрольным бурением и материалами геофизических исследований в скважинах.

3.14. Состав и свойства углей (сланцев) должны быть изучены с полнотой, обеспечивающей установление всех возможных направлений их промышленного использования, а также оценку промышленного значения всех содержащихся в углях (сланцах) полезных компонентов.

3.14.1. Для каждого рабочего пласта и его частей, подлежащих самостоятельной отработке, определяются марка и технологическая группа угля, основные показатели качества, нормируемые стандартами, техническими условиями и условиями, а также влияние на них процессов окисления. На площадях, намеченных к первоочередной отработке, положение выходов основных пластов под покровные отложения, границ зон физического и химического выветривания, а также выгорания углей необходимо определять при их пологом залегании с точностью не менее 50 м в плоскости пласта, а при наклонном и крутом падении с точностью до 10 м по вертикали. Расстояние между разведочными скважинами при геометризации по пласту контуров различных марок (технологических групп) углей не должно превышать 300–500 м.

Средние (преобладающие) и экстремальные значения основных показателей качества угля (сланца) определяются отдельно для окисленных и неокисленных разностей, каждой марки и технологической группы угля.

3.14.2. Характер и объем исследований качества углей (сланцев) должны быть определены в соответствии с государственными стандартами к различным видам возможного их использования. Зольность угля, массовая доля серы, выход летучих веществ и пластометрические показатели для спекающихся каменных углей, выход битумов из битумсодержащих углей и теплота сгорания горючих сланцев определяются по всем пластопересечениям. Определение этих показателей производится по рядовым пробам, отбираемым в порядке, указанном в п. 3.13. Средние значения зольности, массовой доли серы углей, выхода битумов, теплоты сгорания горючих сланцев для пласта или его частей, подлежащих отдельной отработке, определяются расчетом. Для показателей, среднее значение которых при определении расчетом может быть существенно искажено (выход летучих веществ из спекающихся углей и пластометрические показатели), параллельно с дифференциальным (последовательным) опробованием производятся анализы объединенных проб, составляемых для пласта (самостоятельной его части) из рядовых проб. Объединенные пробы подвергаются анализам для определения массовой доли рабочей влаги, относительного содержания разновидностей серы в повышенно-сернистых углях, выхода смол, гуминовых кислот, химического состава углей, химического состава и свойств золы и

других показателей. Количество определений этих показателей устанавливается с учетом степени пространственной и статистической изменчивости, необходимости получения достоверных средних (средневзвешенных) значений для каждого рабочего пласта по площади, а также в разрезе сверхмощных пластов.

Изучение качества угля (сланца) в пластах некондиционной мощности проводится по ограниченному числу проб и сокращенным программам.

Для характеристики некоторых показателей качества угля могут быть использованы результаты геофизических исследований в скважинах по апробированным методам, а также анализы проб, отобранных грунтоносами (см. приложение).

3.14.3. Содержания германия при величинах: более 2,5 г/т (в пересчете на сухое состояние) в углях, предназначенных для коксования, и более 10 г/т – для энергетического использования, а также пирита (марказита) фракции +6 мм определяются по рядовым пробам для пласта в целом или для частей пластов, подлежащих селективной выемке (ГОСТ 10175–75).

Необходимо выявить в углях (сланцах) наличие и концентрации высокотоксичных элементов: ртути, мышьяка, бериллия, фтора и др. (ГОСТ 10175–75, 10478–93, 12711–77, 28974–91, 1932–93), щелочных металлов (ГОСТ 28974–91, ГОСТ 10478–93), а также радионуклидов. При определении перечня токсичных элементов рекомендуется использовать «Инструкцию по изучению токсичных элементов при разведке угольных и сланцевых месторождений», утвержденную Зам. МинГео СССР 17.09.82, а также результаты изучения объекта-аналога. Изучение радионуклидов проводится согласно «Нормам радиационной безопасности» (НРБ-99), утвержденными Минздравом России 2 июля 1999, в основном гамма-спектрометрическим методом, с последующей сертификацией угля в органах Роспотребнадзора. При содержании в углях водорастворимых солей натрия в количестве более 0,3%, вызывающих прогрессивное шлакование поверхностей нагрева в топочном процессе, необходимо проводить дополнительные исследования возможности сжигания этих углей по обычной технологии.

3.15. Анализы и испытания проб угля (сланца) должны производиться в соответствии с действующими стандартами. Массовая доля влаги определяется в аналитической массе проб и рабочем топливе; при невозможности определения влаги угля в рабочем топливе производится определение его максимальной влагоемкости. Оценки других показателей рассчитываются: зольность, массовая доля серы, фосфора (в углях, предназначенных для коксования) – на сухое состояние, выход летучих веществ и элементный состав – на сухое беззольное, высшая теплота сгорания углей – на сухое беззольное, сланцев – на сухое, низшая теплота сгорания – на рабочее состояние топлива.

3.16. В процессе разведки необходимо систематически осуществлять меры по обеспечению достоверности определения показателей качества угля (сланца).

3.16.1. При обработке результатов анализов должна учитываться представительность проб (выход керна при колонковом бурении, возможность избирательного истирания керна, вскрытие пласта не на полную мощность, окисленность угля или сланца в интервале отбора, длительность и условия хранения проб и т. п.).

Для учета возможного искажения результатов анализов за счет продуктов разложения минеральных компонентов необходимо исследовать зависимость значений массовой доли рабочей влаги, выхода летучих веществ, содержания углерода и водорода, а также теплоты сгорания угля от зольности проб.

3.16.2. Для выявления погрешностей в изучении качества угля (сланца) используются различные методы контроля: повторное и параллельное опробование, сопоставление данных разведки и разработки, внутренний и внешний лабораторный и геологический контроль анализов, статистический анализ данных. Порядок и объем контроля осуществляется в установленном порядке. Данные опробования пластов угля в горных выработках и по керну скважин не должны различаться более чем на ± 5 –10% по зольности, ± 10 –15% по выходу

летучих, ± 15 – 20% по толщине пластического слоя, $\pm 40\%$ по массовой доле общей серы, $\pm 15\%$ по выходу концентрата, на $0,25$ – $0,42$ МДж/кг по высшей теплоте сгорания.

3.17. Для основных направлений промышленного использования угля (сланца) при разведке подлежат изучению следующие их технологические свойства.

3.17.1. Для пылевидного сжигания – размолоспособность, химический состав, плавкость, абразивность, дисперсность золы, вязкость ее в жидко-плавком состоянии; для слоевого сжигания – ситовый состав, термическая стойкость и плавкость золы.

3.17.2. Для коксования угля – спекаемость и коксуемость, физико-механические свойства кокса, получаемого из угля оцениваемого пласта и в смеси с другими углями.

3.17.3. Для газификации угля – его ситовый состав, термическая стойкость и механическая прочность, плавкость и шлакуемость золы.

3.17.4. Для полукоксования – ситовый состав, термическая стойкость угля, выход смол, полукокса, газа и пирогенетической воды.

3.17.5. Для горючих сланцев, предназначенных для переработки на газ и смолу, – ситовый состав, выход продуктов полукоксования, состав и свойства смол и газа.

3.17.6. Для антрацитов, предназначенных для производства термоантрацитов, – ситовый состав, термическая стойкость и механическая прочность.

3.17.7. Для бурых углей как сырья для получения буроугольного воска – выход битумов, их групповой состав, выход смол.

3.17.8. Для мягких бурых, а также окисленных и выветрелых углей, используемых в производстве углещелочных реагентов, – выход гуминовых кислот.

3.17.9. Для всех углей и сланцев – обогатимость, а для мягких бурых углей и мелких фракций каменных углей и антрацитов, предназначенных для коммунально-бытового использования – брикетированность; для специальных видов промышленного использования угля (сланца) – технологические свойства в соответствии со стандартами (техническими условиями).

3.18. Изучение технологических свойств углей (сланцев) при разведке производится, как правило, в лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных условиях, с учетом опыта их разработки и промышленного использования. Аналогия качества углей (сланцев) разведываемых и разрабатываемых месторождений (участков) должна быть подтверждена сопоставлением петрографического и химического состава, а также результатами лабораторно-технологических исследований.

Изучение месторождений битумоносных углей производится по специальным программам.

Для неосвоенных промышленностью типов и для новых процессов промышленного использования углей (сланцев) технологические исследования проводятся по программам, согласованным с заказчиком (потребителем) и организацией, производящей эти исследования.

3.18.1. Технологические пробы должны быть представительными – отвечать по составу, физическим и другим свойствам средним показателям качества угля (сланца) оцениваемого пласта или групп однородных по свойствам пластов. При отборе технологических проб необходимо учитывать изменчивость качества углей (сланцев) по простиранию и на глубину, с тем чтобы обеспечить полноту характеристики их технологических свойств на всей площади распространения с учетом такой изменчивости.

Для оценки технологических свойств углей (сланцев) глубоких горизонтов месторождений, недоступных для отбора представительных по массе проб, следует использовать выявленные закономерности в изменении качества, привлекать данные технологического изучения проб малой массы и петрографические методы определения обогатимости и коксуемости углей (ГОСТ 10100–84, 18384–73, 9521–74).

3.18.2. В результате исследований технологические свойства углей (сланцев) должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для установления возможных направлений промышленного использования и соответственно

проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением попутных компонентов, имеющих промышленное значение. Для попутных компонентов (радиоактивные элементы, германий, галлий, молибден, свинец и др.), имеющих промышленное значение, выясняются их формы нахождения и баланс распределения в пластах углей (сланцев) и продуктах обогащения.

Следует также изучить возможность промышленного использования зол и отходов обогащения углей (сланцев) как сырья для получения строительных материалов, керамических и огнеупорных изделий и других целей.

3.19. Определение объемной массы угля (сланца) для подсчета запасов может производиться экспериментально или расчетным путем.

Экспериментальное определение осуществляется в основном методами пробной вырубki и гидростатического взвешивания проб, отобранных в горных выработках или из керна скважин с ненарушенной структурой. По исследуемым образцам одновременно определяются массовая доля рабочей влаги, зольность угля (сланца), а для многосернистых углей – массовая доля серы. Достоверность определения кажущейся плотности должна систематически контролироваться по всем операциям (отбору, измерению, взвешиванию, расчетам).

Для каждого пласта по данным частных определений аналитически или графически определяется зависимость кажущейся плотности от зольности угля (а в необходимых случаях – от массовой доли серы), которая используется для оценки значения кажущейся плотности при подсчете запасов в блоках. При отсутствии такой зависимости рассчитывается среднее значение кажущейся плотности по пласту, которое принимается единым для всех подсчетных блоков. При существенном изменении кажущейся плотности по падению или простиранию пласта, ее значения следует дифференцировать для соответствующих участков площади (блоков) подсчета запасов.

Расчетные методы определения кажущейся плотности угля могут применяться в хорошо изученных районах в соответствии с установленными зависимостями ее от зольности, массовой доли влаги, серы и степени углефикации.

4. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождений углей (сланцев)

4.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса шахтных и карьерных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, тип коллектора, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, пьезометрические уровни подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритoki в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных и поверхностных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, агрессивность вод по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям-аналогам привести химический состав шахтных и карьерных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на подземные водозаборы, действующие в районе месторождения;

- оценить влияние сброса шахтных и карьерных вод на окружающую среду, в том числе оценить ущерб запасам и качеству подземных вод. В случае сброса дренажных и карьерных вод в гидрографическую сеть оценить их влияние на затопление, заболачивание, засоление и иссушение территории, режим, ресурсы и качество поверхностных водных объектов, а также рыбохозяйственные ресурсы и рекреационные функции водоемов;
- дать рекомендации по организации сети мониторинга за состоянием подземных вод, обеспечивающего достоверные оценки прямого и косвенного воздействия горных и сопутствующих работ на гидрогеологические условия, на водоснабжение населения и хозяйственных объектов в зоне влияния осушаемого горного отвода, а также контроль безопасного ведения горных работ;
- дать рекомендации по проведению дальнейших специальных работ;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность шахты (разреза) и обогатительных фабрик.

Утилизация дренажных вод предполагает оценку их эксплуатационных запасов и прогноз гидрогеологических условий эксплуатации угольных (сланцевых) месторождений при геологоразведочных работах в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г. и согласовано с ГКЗ и «Инструкцией по изучению и прогнозированию гидрогеологических условий угольных (сланцевых) месторождений при геологоразведочных работах» утвержденной Первым зам. министра угольной промышленности 03.12.84, Зам. министра МинГео СССР 27.11.84.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проекту шахты (разреза): по способам осушения горного отвода; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

4.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки.

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены физико-механические свойства угля (сланца) и вмещающих пород в различных состояниях, их трещиноватость, охарактеризованы современные эндогенные и экзогенные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. Плотность сети опробования свойств вмещающих пород определяется степенью их изменчивости и может быть ниже плотности опробования угольных пластов.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ криогенной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических и механических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы для прогноза обрушаемости и устойчивости пород кровли, устойчивости и пучинистости почвы подземных горных выработок, устойчивости бортов на угольных разрезах.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или разрезов, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и разрезов, а также о применяемых мероприятиях по осушению и предупреждению осложнений при вскрытии и разработке месторождений.

При изучении свойств как самих углей (сланцев), так и вмещающих пород, следуя действующим методическим и инструктивным документам, определяют только те

механические свойства, от которых существенно зависит технология, промышленная безопасность и экономическая эффективность горных работ. Например, для целей подземной отработки необходимо оценить: упругость и сопротивляемость растяжению и сжатию пород кровли; для угля (сланца) важнейшим параметром является прочность на сжатие и длительная прочность; пучинистость почвы выработок зависит от показателя пластичности пород. Показатели прочности оцениваются с учетом возможной анизотропии, структурной ослабленности и различной влагонасыщенности массива горных пород. Методы испытаний механических свойств углей и вмещающих пород определены в государственных стандартах 15490–70, 21153.0–75, 21153.1–75, 21153.2–84, 21153.3–85, 21153.5–88, 21153.6–75, 21153.7–75, 21153.8–88, 24941–81, 25493–82, 25499–82, 26447–85, 26450.0–85, 26450.1–85, 26450.2–85, 28985–91.

4.3. На угольных месторождениях по площади и глубине должна быть изучены геотермический градиент, газовая зональность и газоносность перекрывающей и продуктивной толщи. Объем и методики этих исследований определяются конкретными геологическими и горно-геологическими особенностями месторождения в соответствии с методическими и инструктивными документами. При изучении природной газоносности месторождения следует руководствоваться «Руководством по определению и прогнозу газоносности вмещающих пород угольных месторождений при геологоразведочных работах», утвержденным Первым зам. Министра угольной промышленности 29 декабря 1986 г. и зам. Министра геологии СССР 8 августа 1986 г. Оценка выбросоопасности угольных пластов и пород должна производиться в соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа», утвержденной ГГТН РФ 04.04.2000 №14. Склонность углей к пылеобразованию и взрываемости угольной пыли, самовозгоранию и обогатимости оцениваются по рекомендациям ВостНИИ и ИГД им. Скочинского, а удароопасности – по рекомендациям ВНИМИ.

В освоенных промышленностью районах результаты разведки необходимо увязать с данными, полученными в процессе разработки месторождений; провести сбор и анализ данных о характере газовыделений, глубине залегания метановой зоны, изменении метанообильности по годам и в зависимости от глубины разработки и нарушенности, местах и продолжительности суффлярных выделений, внезапных выбросах угля и газа, местоположении очагов подземных пожаров, причинах их возникновения и т. п.

4.4. Следует выявить и оценить факторы, влияющие на здоровье человека (пневмокониизоопасность, радиоактивность, геотермические условия и др.).

4.5. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов, выделить площади, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

4.6. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые характеристики состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, почв, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия проектируемой шахты (разреза) на окружающую природную среду (запыление территории; сейсмическое воздействие взрывных работ; загрязнение поверхностных и подземных вод, почв шахтными промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т.д.), типы и местоположение геохимических барьеров, объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов; воды; земель и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для проектирования рекультивации земель следует определить типы и мощности почв, выяснить степень токсичности вскрышных и вмещающих пород, их агробиологический потенциал.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

4.7. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, климатические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения (участка). При особо сложных гидрогеологических и прочих условиях разработки выполняются специальные исследования, цели, задачи, объемы, сроки и порядок проведения которых согласовываются с проектными организациями.

4.8. Попутные полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, и ценные компоненты, содержащиеся в углях и сланцах, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную значимость и области возможного использования. При оценке следует руководствоваться «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» и «Временными методическими требованиями к геолого-экономической оценке и подсчету запасов метана в угольных пластах», утвержденных Председателем ГКЗ СССР 15 января 1987 г.

5. Подсчет запасов

5.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений углей и горючих сланцев производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

5.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы угля (сланца) в которых не должны превышать, как правило, проектную годовую производственную мощность шахты (разреза). Участки пласта, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- близкой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество угля (сланца);
- однородностью геологического строения, незначительной (не влияющей на технологию и эффективность горных работ) изменчивостью мощности, внутреннего строения пластов, их состава и состояния, основных показателей качества и технологических свойств угля (сланца);
- выдержанностью элементов залегания пластов, приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку);
- выдержанностью горно-геологических условий ведения горных работ;
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению пластов, при наличии соответствующих данных, подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ с учетом последовательности отработки запасов.

5.3. При подсчете балансовых запасов необходимо учитывать следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений углей и сланцев.

5.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются на месторождениях 1-й группы сложности в блоках, для которых:

- разведочная сеть обеспечивает правомерность интерполяции между скважинами высотных отметок почвы пласта, мощностей и основных показателей качества, определяющих марочный состав угля;
- установлены выдержанность или закономерность изменчивости мощности, строения пласта и основных показателей качества угля (сланца) (количественные оценки – в

пределах двух стандартных отклонений). В пластах сложного строения параллелизация слоев, предусмотренных к отдельной разработке, должна быть однозначной;

- основные параметры подсчета – строение пласта, предусмотренные условиями показатели качества угля (сланца) – определены по достаточному объему представительных данных; возможные изменения мощности пласта и качества угля (сланца) по пластопересечениям не должны выходить за пределы соответствующих параметров условий;
- тектоника изучена в мере, исключающей возможность других вариантов геолого-структурных построений; достоверно определены элементы залегания пластов и разрывных нарушений с вертикальной амплитудой более 10 м; закономерности проявления малоамплитудных нарушений установлены в степени, позволяющей оценить их влияние на отработку запасов;
- горно-геологические условия оценены с полнотой и достоверностью, обеспечивающей составление геологической части паспорта горных работ;
- общий контур подсчета запасов определен по скважинам или горным выработкам в соответствии с требованиями условий. В качестве границы блока не могут использоваться изолинии мощности пласта и показателей качества угля, численно совпадающие с предельными условными значениями.

Для разрабатываемых выдержанных пластов на месторождениях 1-й группы с крутым залеганием толщи при условии выдержанности геологического строения и качества угля (сланца) допускается экстраполяция запасов категории А по падению от фронта горных работ на глубину, соответствующую одному эксплуатационному горизонту. При ненарушенном залегании выдержанных пластов допускается совмещение границ подсчетных блоков с изогипсами почвы (кровли) пласта или эксплуатационными горизонтами.

Запасы в мелких изолированных, а также остроугольных блоках по категории А не оцениваются. Непосредственно под покровными отложениями запасы категории А выделяются только при надежно установленном положении выхода пласта, а также границ зоны окисления углей (сланцев).

5.3.2. Запасы категории В подсчитываются на месторождениях 1-й и 2-й групп сложности в блоках, для которых:

- разведочная сеть обеспечивает правомерность интерполяции абсолютных отметок почвы пласта, установлены выдержанность мощности, строения пласта, основные закономерности пространственного размещения внутриконтурных участков с экстремальными значениями мощности пласта и показателей качества угля (сланца);
- расчет средних значений подсчетных параметров – мощности пласта и установленных условиями показателей качества угля (сланца) – основан на достаточном объеме представительных данных. Для отдельных частей подсчетного блока строение пласта, его мощности и качество угля (сланца) вследствие локальных раздувов, размывов, замещения угля (сланца) породой, малоамплитудной нарушенности и недостаточной плотности разведочной сети могут отличаться от средних параметров по блоку (количественные оценки до трех стандартных отклонений) и должны быть уточнены при ведении дальнейших разведочных работ или в процессе разработки;
- изучены основные особенности условий залегания пластов, определена возможная степень развития мелкой складчатости и малоамплитудных разрывных нарушений; детали тектонического строения подлежат дополнительному изучению;
- горно-геологические условия ведения горных работ оценены в степени, позволяющей конкретизировать задачи опережающей эксплуатационной разведки блока;
- общий контур подсчета запасов определен в соответствии с требованиями условий по скважинам или горным выработкам с включением по выдержанным и относительно выдержанным пластам ограниченной зоны экстраполяции, обоснованной в каждом конкретном случае геологическими критериями и данными геофизических исследований по имеющимся фактическим материалам. Не допускается экстраполяция в направлении

зон тектонических нарушений, расщепления и выклинивания пластов, ухудшения качества углей (сланца) и горно-геологических условий ведения горных работ.

5.3.3. К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений 1-, 2- и 3-й групп сложности, в пределах которых выдержана принятая для этой категории запасов сеть скважин, а полученная при этом информация подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации.

Контуры запасов категории C_1 определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей и мощностей пластов и качества угля (сланца).

5.3.4. Запасы категории C_2 . К этой категории относятся предварительно оцененные запасы, подсчитываемые путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных пластопересечений, подтверждающих эту экстраполяцию. При определении контуров подсчета запасов категории C_2 следует учитывать условия залегания пластов и установленные на месторождении закономерности изменения морфологии и мощности пластов, качества угля (сланца).

5.4. При подсчете запасов и отнесении их к той или иной категории на разрабатываемых месторождениях должны учитываться фактические данные об изменчивости морфологии, условиях залегания, внутреннем строении, мощности и качестве углей (сланцев), горно-геологических условиях горных работ, полученные в результате эксплуатационной разведки. При разделении запасов углей (сланцев) по категориям разведанности в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

5.5. Запасы подсчитываются отдельно по степени разведанности, возможным способам отработки (открытые, подземные горные работы), технологическим группам и сортам углей (сланцев) и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). Запасы углей (сланцев), содержащих токсичные и экологически опасные компоненты сверх предельно допустимых концентраций, подсчитываются отдельно. Запасы попутных полезных ископаемых и компонентов оцениваются одновременно с подсчетами запасов углей (сланцев).

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, горно-геологических, экологических и др.).

Соотношение различных технологических групп и сортов углей в подсчетных блоках, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически. Запасы углей подсчитываются с учетом общей влаги.

5.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках капитальных и подготовительных выработок запасы угля подсчитываются отдельно с подразделением по категориям разведанности.

5.7. Запасы угля, заключенные в охранных целиках под крупными водными объектами, населенными пунктами, сооружениями, коммуникациями и землями сельскохозяйственного назначения, памятниками природы, истории и культуры, относятся к забалансовым по экологической или экономической причине в соответствии с утвержденными кондициями.

5.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов производится сопоставление данных разведки и эксплуатации по величине запасов, условиям залегания и отработки пластов, подсчетным параметрам и качеству углей (сланцев)

в соответствии с «Методические рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры утвержденных и погашенных запасов, площадей прироста, данные об утвержденных ГКЗ (ТКЗ), погашенных и числящихся на государственном балансе запасах (в том числе об остатках запасов, утвержденных ГКЗ) и представлены таблицы движения запасов по отдельным пластам и месторождению в целом. Результаты сопоставления следует иллюстрировать соответствующей графикой, отражающей изменения представлений об условиях залегания, строения пластов углей (сланцев), горно-геологических условиях ведения горных работ.

По результатам сопоставления устанавливается: изменение отдельных параметров оценки запасов (площадей подсчета, мощностей пластов, качественных показателей, марочного состава, плотности угля (сланца) и т.д.); соответствие принятой методики разведки особенностям строения месторождения и изменчивости качества углей (сланцев); достоверность геолого-экономической оценки.

По месторождению (горному отводу), на котором, по мнению недропользователя, запасы, утвержденные ГКЗ (ТКЗ), существенно не подтвердились, выполняется пересчет запасов с учетом данных эксплуатационной разведки, достоверность которых подтверждена внешней экспертизой.

5.9. При подсчете запасов угля (сланца) могут быть применены как традиционные способы (геологических блоков, вертикальных разрезов), так и нетрадиционные методы (например, кригинга, блуждающего окна в сочетании с методом объемной палетки и т.д.).

Эффективность регулярных (интерполяционных) методов подсчета запасов определяется количеством и достоверностью исходной разведочной информации, а также соответствием методик выделения подсчетных блоков, анализа и обобщения первичных данных и моделирования блоков геологическим особенностям. При регулярном двухмерном моделировании отдельных подсчетных блоков число разведочных пересечений пласта в блоке должно составлять десятки, а для трехмерного – сотни разведочных пересечений. Определение статистических характеристик подсчетных параметров (симметрирующих преобразований, законов распределений, тренда, анизотропии, вариограмм и др.) рекомендуется производить на участках детализации.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью разведочной сети (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $\frac{1}{4}$ среднего расстояния между скважинами).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены при расчете по регулярной блочной модели в виде таблиц подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии интерполяции; при расчете геологическими блоками индивидуальной геометрии границы блоков и пластопересечений должны быть координированы.

Данные опробования, координаты проб или пересечений, используемые ограничения, аналитические выражения структурных вариограмм и др. представляются в ГКЗ (ТКЗ) в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных средств, или с приложением программных продуктов, обеспечивающих доступ к ним. Параметры, определяющие особенности нетрадиционной технологии подсчета запасов, представляются в аналитическом и описательном виде.

Результаты подсчета запасов нетрадиционными методами должны сравниваться с результатами традиционных методов на участках, характеризующихся наибольшей сложностью определения подсчетных параметров (с неравномерной сетью разведочных пересечений, наличием локальных аномалий параметров и т.д.). При наличии на месторождении отработанных участков сравнение методов подсчета запасов должно быть

обязательно произведено и по представительной части отработанного контура, при условии доказанной аналогии в геолого-структурном строении.

5.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (данные инклинометрии, координаты разведочных выработок и контактов, результаты опробования и др.), проверки промежуточных результатов (каталог пластопересечений, выделенных в соответствии с условиями; геологические разрезы или планы; проекции пластов на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам и разрезам) и сводных результатов подсчета запасов.

5.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Подсчет запасов невыдержанных пластов угля (сланца) или пластов, имеющих подсчетные параметры, близкие к предельно кондиционным, осуществляют в нескольких вариантах. Предпочтительный вариант должен обеспечивать максимальный прирост запасов, отработка которых технически возможна, безопасна и экономически целесообразна с учетом передовых технологий и перспектив сбыта угля (сланца).

5.12. Материалы подсчета запасов по составу, структуре и форме должны отвечать «Требованиям к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

6. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группам оцененных или разведанных, требования к которым указаны в разделе 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

6.1. Геологоразведочные работы, выполненные на **оцененных месторождениях** углей (сланцев) должны принципиально решить вопрос о его возможной промышленной ценности и целесообразности проведения разведочной стадии работ. Должны быть определены общие масштабы месторождения и выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономических обоснований временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для всех открытых новых месторождений как в целом, так и по отдельным их частям в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются недропользователем укрупнено на основе аналогии; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможном выходе и качестве товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство предприятия, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на основе аналогии.

Для детального изучения морфологии пластов (залежей), вещественного состава и разработки технологических схем обогащения угля (сланца) на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по результатам государственной экспертизы в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения пласты. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

ОПР обязательно применяется при освоении крупных и очень крупных месторождений, а также при внедрении новых методов добычи угля и сланца.

6.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, направления использования и технологические свойства угля (сланца), гидрогеологические и горно-геологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе шахты (разреза).

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации большей части запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- марки угля установлены и технологические свойства угля (сланца) изучены с детальностью, обеспечивающей оценку направления рационального их использования, выбора технологии переработки и определения направления использования отходов производства, оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей проектирование разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии пластов, технологичности добычи запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей месторождения;
- подсчетные параметры постоянных разведочных кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние отработки запасов месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимой степени предпринимательского риска и принятых обязательствах по выполнению государственных требований в области освоения и охраны недр и обеспечения промышленной и экологической безопасности горных работ. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождения определяется в каждом конкретном случае и оформляется в виде рекомендаций по результатам государственной геологической экспертизы подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности

строения месторождений (участков), строения и мощности пластов, характер изменчивости показателей качества угля (сланца), оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки аналогичных месторождений (участков).

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке ГКЗ.

В случае если по результатам статистического наблюдения за движением запасов будет установлен недопустимо высокий уровень списаний и неподтверждения запасов, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с недостаточной детальностью (достоверностью) геологического изучения эксплуатируемого участка недр, по итогам специального рассмотрения материалов в ГКЗ заключение о подготовленности участка недр к промышленному освоению и решение недропользователя о рациональном соотношении категорий разведанности запасов может быть аннулировано, а последнее заменено соотношением запасов по категориям, предложенным ГКЗ.

7. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в ГКЗ (ТКЗ) производится в установленном порядке по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения общих представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительного геологического изучения при разведке и эксплуатации.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены угля (сланца), увеличении транспортных издержек при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству угля (сланца);
- при общем количестве балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившиеся (в процессе доразведки и эксплуатационной разведки), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, и горно-геологическим условиям, превышающем нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса шахт (разрезов) (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на уголь (сланец) (более 50% от заложенных в обоснование кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно повышающих эффективность производства;
- выявлении в углях (сланцах) или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (горно-геологические, гидрогеологические, технологические осложнения, временное падение мировых цен на уголь (сланец)), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение: **Условия использования данных геофизических исследований скважин при подсчете разведанных запасов углей**

1. Общие положения

1.1. Настоящие условия устанавливают единые требования к данным геофизических исследований скважин, используемых при подсчете разведанных запасов углей.

1.2. Данные геофизических исследований скважин, включающие каротаж, инклинометрические, кавернометрические, геотермические измерения, а также отбор и анализ образцов, извлеченных с помощью боковых стреляющих грунтоносков (ГБС), могут быть использованы при соблюдении приведенных ниже условий для литологического расчленения геологического разреза скважины, выявления в нем угольных пластов и маркирующих горизонтов, установления синонимии, мощности, строения и глубины залегания угольных пластов, определения отдельных показателей качества углей, элементов залегания пластов, выявления и характеристики разрывных нарушений, а также для оценки физико-механических свойств углей и вмещающих пород, геотермических условий месторождения, пространственного положения (угол наклона и азимут) стволов скважин.

1.3. Эффективность геофизических исследований скважин при решении перечисленных в п. 1.2 Приложения задач определяется соответствием применяемого комплекса методов особенностям геологического строения месторождения, физических свойств углей и вмещающих пород. Эти исследования должны проводиться в строгом соответствии с рекомендациями, утвержденными в установленном порядке.

1.4. Возможность и обязательность использования геофизических данных как основного источника информации для решения перечисленных в п. 1.2 Приложения задач устанавливается путем определения достоверности этих данных и сопоставления с достоверностью данных, полученных при бурении и исследованиях керна.

1.5. Сравнительная достоверность результатов геофизических исследований и бурения для решения конкретных задач определяется на основе сопоставления с полноценными материалами:

- полученными при вскрытии и обработке месторождения;
- геологической документации керна в сопряженных интервалах скважин;
- результатами исследования образцов, отобранных ГБС.

Дополнительно для подтверждения достоверности результатов геофизических исследований анализируется сходимость данных, полученных различными методами.

1.6. При подсчете запасов и интерпретации геологических материалов принимаются данные с наиболее высокой степенью точности и достоверности. Оценка точности и достоверности использованных данных бурения, геофизических и других исследований по скважинам должна выполняться совместно исполнителями геологоразведочных работ – геологами и геофизиками, а принятые решения – оформляться документально.

При переинтерпретации ранее полученных данных вновь принятые оценки и обоснования причин и методики переинтерпретации оформляются актом, подписанным геологом и геофизиком – исполнителями работ.

2. Условия использования данных каротажа для литологического расчленения разреза скважин

2.1. Основные литологические разности пород, выделяемые по макроскопическому описанию керна: уголь, углистый аргиллит, аргиллит, алевролит, мелко-, средне-, крупнозернистый песчаник, гравелит, конгломерат, известняк, четко и однозначно выделяются характерными для данной литологической разности значениями каротажных кривых не менее чем двумя различными методами.

2.2. Выделение литологической разновидности каротажем и ее характеристика подтверждены керном или образцами, отобранными ГБС, по исследуемой или соседним скважинам.

2.3. Масштаб записи каротажных кривых в продуктивной части разреза должен быть не менее 1:200, в интервалах непосредственной кровли и почвы рабочих угольных пластов (2–3 м) укрупнен до 1:50–1:20.

2.4. При сличении с данными бурения установленная по каротажу мощность слоя не должна превышать суммы длин поднятого и недостающего керна по данному слою в пределах соответствующих рейсов.

Несоответствие между данными каротажа о мощности слоя и поднятым керном должно иметь надлежащее объяснение (неправильное размещение керна, ошибочное определение глубин при бурении и т. п.).

3. Условия для использования данных каротажа о мощности и строении пластов угля и глубинах их залегания

3.1. Регистрация каротажных кривых в интервалах залегания угольных пластов весьма тонких и тонких, а также средней мощности, но очень сложного строения, выполнена в масштабе 1:20, угольных пластов средней мощности и мощных сложного строения – в масштабе 1:50. Для пластов средней мощности простого строения и мощных пластов, в которых породные прослои имеют мощность более 0,50 м, а также для весьма мощных пластов допустима регистрация каротажных кривых в масштабе 1:200. Для мощных и весьма мощных пластов, имеющих сложное строение лишь в отдельных интервалах, допустима регистрация каротажных кривых в масштабе 1:200 по всему пласту с дополнительной регистрацией их в более крупном масштабе в интервалах сложного строения.

3.2. Данные каротажа о мощности, строении и глубине залегания угольных пластов при соблюдении требований п. 3.1 Приложения могут быть приняты без подтверждения отбором образцов ГБС при соблюдении следующих условий.

3.2.1. Мощность и строение угольных пластов четко и согласно устанавливаются по каротажным значениям не менее чем по двум различным методам. Как исключение, мощность и строение угольных пластов могут быть приняты по каротажной кривой одного метода, достоверность результатов использования которого подтверждена полным комплексом исследований в смежных скважинах.

3.2.2. В разрезе скважин отсутствуют углистые породы и угольные прослои с зольностью, превышающей кондиционную, выделяющиеся при каротаже признаками, характерными для углей. Если такие породы на месторождении имеются, должно быть доказано их отсутствие в выделенном угольном пласте или непосредственно в его почве и кровле по исследованной скважине, а местоположение пласта в разрезе должно хорошо увязываться по смежным скважинам.

3.2.3. Наличие выделенного каротажем угольного пласта подтверждено угольным керном. В тех случаях, когда по данным бурения эти интервалы представлены другими разностями пород, доказано, что имеющееся несоответствие объясняется ошибочным определением глубин при бурении. В случаях полного отсутствия угольного керна в интервале, где каротажем отмечен угольный пласт, местоположение пласта в разрезе скважины должно хорошо увязываться с разрезами и каротажными значениями в соседних скважинах, где наличие угля подтверждено керном или опробованием ГБС.

3.3. Данные каротажа о мощности, строении и глубине залегания угольных пластов должны быть подтверждены опробованием ГБС в следующих случаях.

3.3.1. При наличии в интервале, выделенном каротажем как угольный пласт, керна породы и отсутствии убедительного доказательства того, что указанное несоответствие объясняется ошибкой в определении глубин при бурении.

3.3.2. При недостаточно четком определении мощности и строения угольного пласта или расхождении данных, полученных по каротажным кривым двух методов, которые используются как основные для определения мощности и строения пласта.

3.3.3. При выходе керна, превышающем мощность пласта, определенную по основным каротажным кривым.

3.4. В случае, предусмотренном в п. 3.3.1 Приложения, должен быть произведен отбор не менее чем двух образцов ГБС с определением в спорных случаях зольности. При наличии в угольном пласте или непосредственно в его кровле или почве пород (включая и углистые породы), выделяющихся на каротажных кривых такими же признаками, как и уголь, отбор образцов ГБС должен быть произведен по сомнительным интервалам не реже чем через 5 см. Положение кровли и почвы угольного пласта или пачек угля пластов сложного строения в этом случае должно быть подтверждено способом «вилки» – контакт угля с породами должен располагаться между двумя точками отбора образцов угля и породы, удаленными для весьма тонких и тонких пластов не более чем на 5 см, а для остальных пластов – не более чем на 10 см. Каждый из отобранных образцов углей и углистых пород подвергается анализу на зольность.

3.5. Определение контактов пласта с породами кровли и почвы методом «вилки» обязательно также в случаях, предусмотренных п. 3.3.2 и 3.3.3 Приложения.

4. Условия использования данных каротажа для определения показателей качества угля

4.1. Данные каротажа о показателях качества угля по пластопересечению (слою) могут быть приняты при соблюдении следующих условий.

4.1.1. Установлена и достоверно доказана взаимосвязь между показателями качества угля и каротажными значениями тех методов каротажа, которые обладают наиболее высокой разрешающей способностью в части определения того или иного показателя качества угля.

4.1.2. Методика определения показателей качества угля по данным каротажа утверждена в установленном порядке.

4.1.3. Точность определения показателей качества угля по каротажу не ниже точности определения аналогичных показателей по керну.

4.2. При использовании образцов ГБС для определения зольности и других показателей качества угля отбор образцов следует производить равномерно по пласту через 0,05–0,2 м в зависимости от его мощности и сложности строения, а также с учетом необходимости выяснения природы аномалий на каротажных кривых. Отобранные образцы могут быть объединены в пробы с учетом особенностей строения пласта и в соответствии с требованиями, предъявляемыми к пластоводифференциальному опробованию. Данные анализов должны систематически подвергаться внешнему и внутреннему контролю в соответствии с действующими инструкциями.

5. Условия использования данных каротажа для выявления и характеристики разрывных нарушений

5.1. В разрезе продуктивной толщи или покрывающих пород месторождения (участка) содержатся выдержанные маркирующие горизонты, уверенно коррелируемые по данным каротажа.

5.2. Установлены закономерности изменения мощностей и литологического состава интервалов между маркирующими горизонтами.

5.2.1. Приведенный к нормали интервал между маркирующими горизонтами по скважине отличается от того же интервала по соседним скважинам (по которым в этом интервале отсутствуют нарушения) на величину, превышающую возможные отклонения вследствие природной изменчивости мощности пород при данных расстояниях между скважинами. В пределах рассматриваемого интервала имеются характерные непосредственные признаки нарушения по керну (нарушенное состояние, изменение углов

падения пород, пониженный выход керна) или аномалии на кривых ГГК, кавернометрии и др., не обусловленные литологией пород.

5.2.2. В разрезе скважины повторяются (сдвигаются) или из разреза выпадают маркирующие горизонты или коррелируемые по соседним скважинам части угольного пласта и стратиграфического разреза, а в соответствующем интервале скважины имеются характерные непосредственные признаки нарушения по керну или по каротажным интервалам, приведенные в п. 5.2.1. Для выделения малоамплитудных нарушений при отсутствии их признаков в кернах требуются специальные обоснования.

6. Условия использования данных каротажа для определения элементов залегания горных пород

6.1. Примененные геофизические методы обеспечивают определение угла и азимута падения пород с абсолютной погрешностью соответственно $\pm 3^\circ$ и $\pm 5^\circ$. Достоверность определения подтверждена замерами, произведенными по керну в объеме 10% измерений. Измерения произведены дважды, и расхождения между ними не превышают 50% указанных значений абсолютных погрешностей.

7. Условия использования данных каротажа для определения пространственного положения (углов наклона и азимутов) стволов скважин

7.1. Пространственное положение (угол наклона и азимут) оси скважины определяется по данным инклинометрических измерений, которые должны осуществляться во всех разведочных скважинах: вертикальных – на глубинах свыше 200 м, а в наклонных – независимо от глубин, не реже чем через 20 м.

7.2. Примененные геофизические методы обеспечивают определение углов и азимутов осей стволов скважин с точностью соответственно 1° и 5° . Достоверность 10% замеров подтверждена повторными определениями.

8. Условия использования данных каротажа для определения естественной температуры горных пород

8.1. Данные о геотермических условиях месторождения базируются на геотермических измерениях, проводимых при геофизических исследованиях скважин.

8.2. Определение естественной температуры пород в скважине произведено после ее пребывания в покое в течение времени, обеспечивающего восстановление температуры пород, отличающейся от естественной температуры на исследуемой глубине не более чем на $\pm 1^\circ\text{C}$. Необходимое время пребывания скважины в покое определяется для каждого месторождения опытными работами.

8.3. Применяемые приборы должны обеспечивать определение абсолютной величины температуры пород с погрешностью $\pm 2^\circ\text{C}$; расхождения с повторным замером не должны превышать $\pm 1^\circ\text{C}$.

9. Условия использования данных каротажа для определения физико-механических свойств пород и углей

9.1. Каротажные значения пределов прочности на сжатие и растяжение, модуля упругости, плотности, пористости и пластичности пород и углей могут быть использованы при следующих условиях.

9.1.1. Установлена и доказана надежная корреляционная связь (коэффициент корреляции более 0,8) между значениями параметров по каротажу и физико-механическими свойствами исследуемых литотипов пород и углей месторождения. Достоверность определения по данным каротажа оценок физико-механических свойств пород подтверждена исследованиями, проведенными по керну или другими специальными исследованиями.

9.1.2. Методика определения по данным каротажа показателей, характеризующих физико-механические свойства пород, утверждена в установленном порядке.

УДК 553.04:553.31

ББК 26.341.2

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям железных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 43 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений железа. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче железа и его переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям железных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 6 октября 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям железных руд

1. Общие сведения

1.1. Железо в химически чистом виде – блестящий серебристо-белый вязкий и ковкий металл, имеющий плотность 7,8 г/см³ и температуру плавления 1539±1 °С. Образует сплавы со многими элементами. Наиболее распространенными являются железоуглеродистые сплавы (чугун, стали), сплавы железа с марганцем (ферромарганец), кремнием (феррокремний), хромом (феррохром), вольфрамом, ванадием, титаном, ниобием, кобальтом, никелем, молибденом и др., играющие ведущую роль в современной технике.

1.2. Уровень производства железа и его сплавов – один из определяющих показателей состояния промышленного развития страны.

В 2003 г. в России произведено 91,8 млн. т товарных железных руд. По выпуску стали в 2003 г. – 62,7 млн. т – Россия занимала четвертое место в мире после Китая, Японии и США. Высоким уровнем развития черной металлургии обладают Китай, Япония, США, Южная Корея, Германия, Украина.

1.3. Среднее содержание железа в земной коре – 5,0%, оно является одним из наиболее распространенных элементов и входит в состав большого числа минералов (более 300). Главные промышленно-ценные минералы железа – оксиды и гидроксиды, в меньшей степени – карбонаты; это магнетит, титаномагнетит и гематит, а также мартит (псевдоморфоза гематита по магнетиту), гётит, гидрогётит (лимонит) и сидерит (табл. 1).

1.4. По количеству общих (на 01.01.2003 г. – 100 млрд. т – 16,1% мировых) и разведанных (56,1 млрд. т – 18,6% мировых) запасов железных руд Россия устойчиво занимает первое место в мире, полностью удовлетворяет свои потребности в железорудном сырье и значительные объемы товарных железных руд, концентратов, окатышей, горячбрикетированного железа ежегодно поставляет на экспорт.

1.5. Железорудные месторождения промышленного значения весьма разнообразны. Они известны в эндогенных, экзогенных и метаморфогенных комплексах пород. С учетом генезиса принято выделять следующие основные промышленные типы.

Главнейшие минералы железных руд

Минерал	Химическая формула	Содержание железа, %
Магнетит	Fe_3O_4	72,4
Магномагнетит	$(Mg, Fe)O \cdot Fe_2O_3$	65–68
Титаномагнетит*	–	55–67
Гематит	Fe_2O_3	70,0
Гётит	$HFeO_2$	62,9
Гидрогётит (лимонит)	$FeO_2 \cdot H_2O$	52,0–62,9
Сидерит	$FeCO_3$	48,3

* Магнетит с изоморфной примесью титана или гомогенный твердый раствор магнетита и ульвошпинели. К титаномагнетиту часто относят и ильменомангнетит – магнетит с ильменитовыми продуктами распада твердого раствора.

1.5.1. Магматические месторождения:

- а) титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые, представляющие собой зоны концентрированной вкрапленности (с шлировыми и жило-линзообразными обособлениями) ванадий- и титансодержащих магнетитов в интрузивах габбро-пироксенит-дунитовой, габбровой, габбро-диабазовой и габбро-анортозитовой формаций (Качканарское, Копанское, Первоуральское на Урале, Пудожгорское в Карелии, Чинейское в Читинской области, месторождения Бушвельдского комплекса в ЮАР, Роутивара, Таберг в Швеции, Аллард-Лейк (Лак-Тио) в Канаде и др.);
- б) бадделеит-апатит-магнетитовые, образующие серии линзо- и жилообразных тел в ультраосновных щелочных интрузивах с карбонатами (Ковдорское на Кольском полуострове, Палабора в Южной Африке).

На долю титаномагнетитовых и бадделеит-апатит-магнетитовых руд приходится 6,6% мировых разведанных запасов и 5,6% производства товарных руд. В России они составляют 12,9% в запасах и 18,2% в производстве товарных руд.

1.5.2. Метасоматические месторождения (месторождения скарново-магнетитовых руд) представлены в разной степени оруденелыми скарнами и скарноидами, образующими сложные пласто- и линзообразные залежи магнетитовых руд в осадочных, вулканогенно-осадочных и метаморфических породах (Соколовское, Сарбайское, Качарское в Казахстане; Высокогорское, Гороблагодатское и другие на Урале; Абаканское, Тейское в Красноярском крае; Шерегешевское, Таштагольское и другие в Горной Шории; Таежное, Десовское в Якутии; Маркона в Перу, месторождения Чилийского железорудного пояса; Чогарт, Чадор-Малю в Иране; Мааншань в Китае). На долю скарново-магнетитовых руд приходится 9,5% мировых разведанных запасов и 8,3% производства товарных руд. Руды данного типа в России составляют соответственно 12,2 и 12,9%.

1.5.3. Гидротермальные месторождения:

- а) генетически связанные с траппами и представленными жило-столбообразными и различной сложной формы залежами магномагнетитовых руд в осадочных, пирокластических породах и траппах (Коршуновское, Рудногорское, Нерюндинское, Капаевское, Тагарское в Восточной Сибири);
- б) гидротермально-осадочные сидеритовые, гематит-сидеритовые, представленные пласто-, жило- и линзообразными согласными и секущими залежами сидеритовых, гематит-сидеритовых (в верхних горизонтах окисленных) руд в осадочных породах (Бакальское рудное поле на Урале, Березовское в Читинской области, Уэнза, Бу-Кафра, Заккар-Бени-Саф в Алжире, Бильбао в Испании).

Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна и не превышает 1%, в России в запасах она составляет – 5,4%, в производстве товарных руд – 2,9%.

1.5.4. Вулканогенно-осадочные месторождения – согласные пласты и линзы гематитовых, магнетит-гематитовых и гематит-магнетитовых руд в вулканогенно-осадочных породах (Западно-Каражальское в Казахстане, Холзунское на Алтае). Доля руд данного типа

в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна. В России такие месторождения пока не разрабатываются.

1.5.5. Осадочные морские месторождения, образовавшиеся в морских бассейнах и представленные слабо дислоцированными пластовыми залежами лептохлоритовых и гидрогётитовых оолитовых руд в морских терригенно-карбонатных мезокайнозойских отложениях (Керченский железорудный бассейн на Украине, Аятское в Казахстане, месторождения бурых железняков Лотарингского железорудного бассейна (на территории Франции, Бельгии, Люксембурга), Великобритании, Германии, провинции Ньюфаундленд Канады и Бирмингемского района в США). Доля руд данного типа в разведанных запасах в мире составляет 10,6%, в производстве товарных руд – 8,9%. В России такие месторождения не разведаны и не обрабатываются.

1.5.6. Осадочные континентальные месторождения, образовавшиеся в речных или озерных бассейнах и представленные пластовыми и линзообразными залежами лептохлоритовых и гидрогётитовых оолитовых руд в ископаемых речных отложениях (Лисаковское в Казахстане). Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна. В России такие месторождения не разведаны и не обрабатываются.

1.5.7. Метаморфизованные железистые кварциты широко распространены на древних щитах, платформах и на некоторых срединных массивах фанерозойских складчатых областей. Большинство их имеет раннепротерозойский и архейский возраст; значительно меньше распространены позднепротерозойские и раннепалеозойские месторождения. Железистые кварциты образуют огромных размеров железорудные бассейны. Рудные залежи кварцитов в пределах месторождений обычно имеют крупные размеры: километры по простиранию, первые сотни или десятки метров по мощности. Характерна пластообразная форма рудных тел, тонкополосчатые текстуры и сходный минеральный состав руд на различных месторождениях (Криворожский бассейн на Украине, в России – месторождения Курской магнитной аномалии, Оленегорское на Кольском полуострове, Костомукшское в Карелии, Тарыннахское и Горкитское в Якутии, в Австралии – бассейн Хамерсли, в Бразилии – район Каражас и «Железного четырехугольника», в США – район оз. Верхнего, в Канаде – Лабрадорский прогиб, в Китае – бассейн Аньшань-Бенси и др.). Крупные и уникальные по запасам месторождения, легкая обогатимость руд, возможность разработки открытым способом большими карьерами с применением мощной горнодобывающей и транспортной техники позволяют считать их благоприятными объектами добычи железных руд во всех бассейнах мира. Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире превышает 60%, в России в запасах она составляет – 55,9%, в производстве товарных руд – 64,5%.

1.5.8. Месторождения кор выветривания, представленные богатыми гидрогематит- и сидерит-магнетитовыми, мартит-магнетитовыми рудами, формируются при преобразовании железистых кварцитов в результате гипергенных процессов. В соответствии с этим в своем распространении они связаны с районами и площадями развития железистых кварцитов, приурочены к развивающимся по ним площадным и линейным корам выветривания (Михайловское, Яковлевское, Гостищевское, Висловское, Разуменское в России, месторождения богатых руд Кривого Рога на Украине, железорудные районы Австралии, Бразилии, Индии, США). На долю месторождений данного типа приходится 12,5% разведанных запасов России и 1,3% производства товарных руд. В сумме доля месторождений двух последних типов – железистых кварцитов и развивающихся по ним полигенных богатых железных руд – составляет в мире 70,9% разведанных запасов и 74,4% производства товарных руд, т.е. это наиболее важные промышленные типы месторождений. Доля руд двух последних типов месторождений в России составляет в запасах 68,4%, в производстве товарных руд – 65,8%.

1.5.9. Прочие гипергенные железные руды:

- а) бурые железняки, связанные с корами выветривания сидеритов (Бакальская и Зигазино-Комаровская группы месторождений на Урале, Березовское в Читинской области);
- б) прерывистые плащеобразные залежи хром-никелевых гётит-гидрогётитовых руд, распространенные в коре выветривания ультраосновных пород (латеритные руды Кубы, Филиппин, Индонезии, Гвинеи, Мали, на Урале – Серовское и месторождения Орско-Халиловского района). Такие руды, как правило, легированы никелем и кобальтом.

Доля прочих гипергенных железных руд в разведанных запасах в мире составляет 2,4%, в производстве товарных руд – 2,0%, в России соответственно 1,1 и 0,2%.

1.6. В зависимости от условий образования чрезвычайно разнообразен и минеральный состав железных руд, определяющий в значительной степени их промышленную ценность. Железные руды подразделяются на 11 основных промышленных типов (табл. 2).

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и качества руд месторождения железных руд (участки крупных месторождений для разработки самостоятельными предприятиями) соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными горизонтально или полого залегающими пластовыми залежами с устойчивыми мощностью и качеством руд (Камыш-Бурунское, Эльтиген-Ортельское, Кыз-Аульское, Катерлезское и другие месторождения Керченского бассейна, Лисаковское, Аятское и другие осадочные месторождения).

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными:

- крупными сложноскладчатыми или нарушенными разрывами пластовыми, пласто-, линзообразными залежами относительно сложного строения с выдержанным качеством руд (Скелеватско-Магнетитовое, Ингулецкое, Анновское, Коробковское, Михайловское, Стойленское, Лебединское, Горишне-Плавнинское, Оленегорское месторождения железистых кварцитов, крупные залежи богатых руд КМА и Кривого Рога);
- крупными и средними по размерам линзо-, штоко-, столбо- и трубообразными телами сложного строения или с невыдержанным качеством руд (Гусевогорское и Качканарское месторождения титаномагнетитовых руд, Ковдорское месторождение апатит-магнетитовых руд, Соколовское, Сарбайское, Гороблагодатское, Высокогорское, Естюнинское метасоматические месторождения, Коршуновское, Рудногорское, Бакальское гидротермальные месторождения; Западно-Каражальское вулканогенно-осадочное месторождение).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными мелкими и средними по размерам линзовидными залежами, жило-столбообразными телами сложной формы с резко меняющимися мощностью и качеством руд (Кодинская, Сухаринская, Орско-Халиловская и Тейская группы месторождений, Куржункульское, Ирбинское, Изыгское, Сорское и Казское месторождения различных генетических групп; мелкие залежи богатых руд Кривого Рога).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, в которых заключена преобладающая часть запасов месторождения (не менее 70%).

Промышленные типы железных руд, их минеральный состав и элементы-примеси

Тип руд	Главные и характерные рудные минералы	Главные и характерные элементы-примеси в рудах	Типичные месторождения
Титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые руды в ультраосновных и основных породах	Титаномагнетит, ильменит, магнетит, самородная платина и платиноиды	Ti, V, Sc, Cu, Co, Ni, S, Pt, Os и др.	Качканарское, Копанское, Первоуральское, Пудожгорское, Чинейское, Бушвельдский комплекс, Роутивара, Таберг, Аллард-Лейк (Лак-Тио)
Бадделеит-апатит-магнетитовые руды в ультраосновных щелочных породах	Магнетит, апатит, бадделеит	P, Zr, Nb, Ta	Ковдорское, Палабора
Магнетитовые руды в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, мартит, пирротин, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенипирит, висмутин, молибденит, кобальтин, линнеит, самородные золото и серебро, людовигит, ашарит	S, As, Co, Mn, Cu, Se, Te, Pb, Zn, Cd, In, Bi, Mo, Ag, Au, Ge, F, B, Pt, Pd	Соколовское, Сарбайское, Качарское, Высокогорское, Гороблагодатское, Абаканское, Шерегешевское, Таштагольское, Таежное, Десовское, Маркона, Чогарт, Чадор-Малю, Гольгохар, Мааншань
Магномагнетитовые руды в осадочных и пирокластических породах и траппах	Магномагнетит, магнетит, гематит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит	S, Cu, Zn, V, Au, Hg, B, Na	Коршуновское, Рудногорское, Тагарское, Нерюндинское, Капаевское
Магнетит-гематитовые и гематит-магнетитовые руды в вулканогенно-осадочных породах	Гематит, магнетит, псиломелан сидерит, пирит, сфалерит, галенит, браунит, гаусманит	Ge, Mn, Mo, Zn, Pb, Au, S, P, B, V	Западно-Каражальское, Холзунское
Железистые кварциты в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, сидерит, пирит, сфалерит, галенит	Ge, Au, Mn	Оленегорское, Костомукшское, Криворожский бассейн, КМА, Тарыннахское, Горкитское
Мартитовые, мартит-гидрогематитовые, гидрогематит-мартитовые и гидрогематитовые руды, образованные по железистым кварцитам	Мартит, гидрогематит, гётит, магнетит, гематит, сидерит, пирит	U	Криворожский бассейн, Белозерское, Висловское, Яковлевское, Михайловское, Гостищевское
Сидеритовые и гематит-сидеритовые руды в осадочных породах	Сидерит, гематит, сидероплезит	Mn	Бакальское, Березовское
Бурые железняки, образованные по сидеритам	Гидрогётит, гётит, сидерит	–	Бакальское, Березовское, Зигазино-Комаровская группа
Лептохлоритовые и гидрогётитовые оолитовые руды в осадочных породах	Гидрогётит, лептохлориты, псиломелан, пиролюзит, вивианит, вернадит, пирит	P, Mn, As, V, Bi	Лисаковское, Аятское, Керченский, Лотарингский железорудные бассейны
Хром-никелевые гётит-гидрогётитовые руды кор выветривания ультраосновных пород	Гётит, гидрогётит, сидерит, нонтронит, пирит, хромшпинелиды, полианит, пиролюзит, псиломелан	Cr, Co, Ni, V, Mn, Sc, Ga	Серовское, месторождения Орско-Халиловского района, латеритные руды Кубы, Филиппин, Индонезии, Гвинеи, Мали

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях железных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:500–1:1 000, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, размещении разных типов руд, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка железорудных месторождений на глубину проводится в основном скважинами с максимальным использованием наземных и скважинных геофизических методов исследований, а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками. На месторождениях очень сложного геологического строения, не поддающегося однозначной расшифровке по данным бурения, для выяснения условий залегания, формы, внутреннего строения, вещественного состава, особенностей размещения типов и сортов руд, а также для контроля качества буровых и геофизических работ и отбора технологических проб при необходимости следует проходить подземные горные выработки на представительных участках рудных тел.

Методика разведки – виды и объемы геофизических исследований, их назначение и соотношение с буровыми работами, необходимость проходки горных выработок, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать

* По району месторождения представляется геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений железа и рудопоявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы железных руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Методика разведки определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей буровых, горных и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения (а по рыхлым сыпучим рудам – по рудному пересечению с обязательной заверкой геофизическими методами).

Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Представительность керна для определения мощностей рудных интервалов и качества руд должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Степень избирательного истирания изучается применительно к различным типам руд и классам выхода керна. Для этой цели необходимо использовать данные изучения физико-механических свойств руд, опробования горных выработок, результаты каротажа, материалы эксплуатационно-разведочных и добычных работ, а также результаты статистической обработки данных по интервалам с различным выходом керна.

При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд, следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и др.).

Для повышения достоверности и информативности бурения и количественной оценки запасов необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов.

Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении. Для магнетитовых руд необходимо проведение каротажа магнитной восприимчивости (КМВ), немагнитных руд – ядерно-геофизических методов, слабомагнитных – комплекса электромагнитных и ядерно-геофизических методов.

В вертикальных скважинах глубиной более 200 м и во всех наклонных через каждые 50 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углом не менее 30°. Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. Для повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозбойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования наземных и скважинных геофизических методов исследований для оконтуривания рудных тел и подтверждения их увязки (на месторождениях магнетитовых руд целесообразно

использовать методы скважинной магниторазведки, а при достаточно четкой дифференциации разреза по электрическим свойствам и при неоднозначности результатов скважинной магниторазведки наиболее эффективны методы скважинной электроразведки).

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке железорудных месторождений в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок – скважин, применявшихся при разведке железорудных месторождений стран СНГ

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м					
		А		В		С ₁	
		по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению
1-я	Крупные горизонтально или полого залегающие пластовые залежи с устойчивыми мощностью и качеством руд	200	200	400	400	800	800
2-я	Крупные сложноскладчатые или нарушенные разрывами пласто-, линзообразные залежи относительно сложного строения с выдержанным качеством руд	–	–	100–300	100–200	400–600	200–400
	Крупные и средние по размерам линзо-, штоко-, столбо-, трубообразные тела сложного строения или с невыдержанным качеством руд	–	–	75–150	50–100	150–300	100–200
3-я	Средние и мелкие по размерам линзовидные залежи, жило-, столбообразные тела сложной формы с резко меняющимися мощностью и качеством руд	–	–	–	–	50–100	50–100

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.4.3. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны наиболее детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны преимущественно по категориям А+В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгустить, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании для подсчета запасов методов геостатистического моделирования, метода обратных расстояний и других на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество

руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной обработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной обработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом конкретном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов геофизических методов исследований, опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценить качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования на ранних стадиях оценочных и разведочных работ производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, а также применяемых технических средств разведки.

В качестве рядового опробования могут использоваться при соответствующем обосновании данные, полученные геофизическими методами (магнитными, ядерно-геофизическими)*.

Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов опробования их необходимо сопоставить по точности и достоверности результатов в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г.

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел скважинами под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными сопоставлениями должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур; в разведочных выработках, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а также длиной рейса; при этом интервалы с резко различным выходом керна опробуются отдельно.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения и надежность оконтуривания рудных тел по мощности, соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность определения содержаний по каротажу подтверждается сопоставлением его данных по основным типам руд с результатами опробования по опорным скважинам с высоким выходом керна (выше 90%). Достоверность кернового опробования по рядовым скважинам должна быть подтверждена данными геофизического опробования отдельно для разных классов выхода керна. При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, достоверность кернового опробования по возможности заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Для действующих предприятий достоверность принятых методов опробования заверяется путем сопоставления в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных отдельно по горным выработкам и колонковому бурению.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии

систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей достоверную оценку их качества, выявление вредных примесей и полезных попутных компонентов. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, магнитными, ядерно-физическими, иными геофизическими, спектральными и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Рядовые пробы руд, не требующих обогащения, должны анализироваться на железо общее, а также на компоненты, определение которых предусматривается техническими условиями на товарные руды. Вредные примеси и шлакообразующие компоненты, а также попутные полезные компоненты могут быть определены по групповым пробам.

В рядовых пробах обогащаемых руд, как правило, определяются: Fe общее, а для руд магнетитового состава также Fe, связанное с магнетитом; полезные попутные компоненты, имеющие самостоятельное промышленное значение (P_2O_5 и ZrO_2 в апатит-магнетитовых рудах, V_2O_5 в титаномагнетитовых, Cu, Co и др.). Вредные примеси, связанные с минералами, попадающими в железорудный концентрат при заданном способе обогащения (S общая и сульфидная, изоморфная примесь Zn в магнетите, TiO_2 в титаномагнетитах и др.), а также FeO и Fe_2O_3 для установления границ окисленных и первичных магнетитовых и сидеритовых руд, потери при прокаливании для выделения карбонатизированных и лимонитизированных разностей могут быть определены по данным анализов групповых проб. Содержание шлакообразующих компонентов устанавливается анализами концентратов.

В групповых пробах должны быть определены содержания Fe общего, Fe, связанного с промышленно ценными минералами, а также других компонентов, определяемых в рядовых пробах, и всех попутных полезных компонентов (Zn, Pb, Au, Pt, Ge, и др.). Групповые пробы должны характеризовать все природные разновидности руд или их технологические типы и сорта.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ (1982) и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные и шлакообразующие компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из

дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых попутных компонентов, в том числе «ураганные».

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечивать представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год) отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических отклонений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются, и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента.

Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, % (Ge, г/т)	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	
Fe общее	>45	1,5	Mn	3–6	3,5	
	30–45	2,0		0,5–3,0	6	
	20–30	2,5		0,2–0,5	10	
	10–20	3,0		0,1–0,2	13	
FeO	>17	3,5	CaO	0,05–0,1	20	
	12–17	4,0		7–20	6	
	5–12	5,5		1–7	11	
	3,5–5	10		0,5–1	15	
Fe магнетита	<3,5	20	S	0,2–0,5	20	
	>45	1,5		<0,2	30	
	30–45	2,0		1–2	9	
	20–30	3,0		0,5–1	12	
SiO ₂	10–20	4,0	P ₂ O ₅	0,3–0,5	15	
	5–20	5,5		0,1–0,3	17	
MgO	1,5–5	11		0,05–0,1	20	
	1–10	9		0,01–0,05	30	
	0,5–1,0	16	0,001–0,01	30		
	0,05–0,5	30	>1,0	2,5		
Cr ₂ O ₃	<0,05	30	As	0,3–1,0	5,5	
	10–20	2,5		0,1–0,3	8,5	
	5–10	3		0,05–0,1	12	
	1–5	5		0,01–0,05	22	
Ni	0,1–1,0	8,5	B ₂ O ₃	0,001–0,01	30	
	0,5–1,0	7,0		>2	3	
	0,2–0,5	10		0,5–2,0	6	
Co	0,02–0,2	20		Ge	0,05–0,5	16
	0,05–0,1	10	0,01–0,05		25	
TiO ₂	0,01–0,05	25	ZrO ₂		<0,01	30
	>15	2,5			3–10	7
	4–15	6		1–3	10	
	1–4	8,5		0,1–1,0	22	
V ₂ O ₅	<1	17	Cu	<0,1	30	
	0,5–1,0	12		>50	18	
	0,2–0,5	15		10–50	26	
	0,1–0,2	20		<10	30	
	0,01–0,1	25		>3	3,5	
Cu	<0,01	30		1–3	6	
	1–3	5,5		0,1–1,0	15	
	0,5–1,0	8,5		<0,1	30	
	0,2–0,5	13				
	0,1–0,2	17				

*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). Особое внимание уделяется минералам железа, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания). Для руд, требующих обогащения, кроме того, должны быть определены размеры зерен и соотношение различных по крупности классов, количество железа,

связанного с магнетитом, гематитом, пиритом, пирротином и с минералами силикатов (гранатом, пироксеном, эпидотом, хлоритом и др.), уходящими в «хвосты». Для оолитовых руд – детально изучается форма, размеры, количество, минеральный состав, строение оолитов и конкреций, характер их распределения по слоям, тип, минеральный состав, количество цемента. Необходимо также изучить сульфатосодержащие минералы (барит, гипс и др.), выяснить их количество и распределение.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение железа, попутных компонентов и вредных примесей и составлен баланс их распределения по формам минеральных соединений.

3.12. Определение объемной массы и влажности руд необходимо производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г. Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках.

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется путем выемки целиков. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.13. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Исследованиям технологических свойств подвергаются все природные (минеральные) разновидности и предварительно установленные при изучении геологического строения и вещественного состава месторождения промышленные (технологические) типы и сорта руд. Базовой для изучения обогатимости магнетитовых руд является многостадийная схема магнитной сепарации.

4.2. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии с известными месторождениями, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует проводить в соответствии со стандартом СТО РосГео 09-001-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.3. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные (минеральные) разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с окончательным выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов. Для руд, требующих обогащения, следует проводить геолого-технологическое картирование с составлением геолого-технологических карт, планов и разрезов в соответствии с СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения или передела.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

4.4. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недروльзователем и согласованной с проектной организацией.

4.5. Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.6. При изучении технологических параметров богатых руд должен быть определен комплекс свойств сырья, которые обуславливают его металлургическую ценность: восстановимость, минеральный состав, химический состав по вредным и полезным примесям и шлакообразующим компонентам, основность и кремниевый модуль, физические свойства, а также целесообразность повышения их качества и рациональная схема обогащения.

4.7. Технологические испытания способов переработки бедных руд традиционными методами глубокого обогащения – магнитная сепарация, гравитация и флотация – проводятся в соответствии с СТО РосГео «Твердые негорючие полезные ископаемые. Технологические методы исследования минерального сырья»: 08-008–98 (Магнитное обогащение), 08-007–98 (Гравитационные методы обогащения) и 08-006–98 (Флотационные методы обогащения), утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Российского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6). Для изучения свойств руд, которые определяют их обогатимость – минеральный состав, текстурные и структурные особенности, физические параметры минералов и их комплексов, степень окисления руд, количество железа, не связанного с основными минералами и др. – используются современные методы и приемы технологической минералогии.

Для каждого природного (минерального) типа с учетом комплекса работ по технологическому картированию должны быть:

- определены минеральный состав, соотношение извлекаемых минеральных форм железа и химический состав исходной руды и всех конечных продуктов каждой стадии обогащения, представлены сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения, параметры дробимости и измельчаемости руд;
- охарактеризованы гранулярный состав руды после крупного и мелкого дробления, тонкого измельчения (питание стадий глубокого обогащения), обоснованы необходимость стадийного обогащения руды, оптимальная крупность подготовки

материала в каждой из них (т.е. раскрытие рудных минералов) с учетом минимизации потерь со шламами, крупность товарных и отвальных продуктов;

- проведен выбор методов и процессов (или сочетание их) с характеристикой их параметров и определены показатели схемы обогащения, направленной на получение кондиционных железных концентратов и извлечение попутных ценных компонентов (в том числе в самостоятельные продукты);
- обосновано выделение промышленных (технологических) типов руд, необходимость, целесообразность и возможность их совместной или отдельной эффективной переработки.

4.8. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение достоверных исходных данных, достаточных для проведения объективного технико-экономического анализа, разработки технологического регламента и проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Для выделенных промышленных (технологических) типов и сортов руд должны быть разработаны и определены:

- оптимальный вариант технологической схемы всего цикла обогащения, параметры обогатительных процессов, схема цепи аппаратов и качественно-количественная схема комплексной переработки с пооперационными показателями;
- сквозные технологические показатели обогащения – выход продуктов, содержание и извлечение в них железа и попутных компонентов;
- полный химический состав концентратов, определяющий их металлургические свойства;
- характер металлургического передела богатых руд (доменный, мартеновский, бескоксый) и необходимость в предварительном окусковании товарных по качеству продуктов (агломерация, окомкование).

4.9. Товарной продукцией горно-обогатительных предприятий черной металлургии являются богатые руды, концентраты, агломерат, окатыши, горячбрикетированное железо, сортность которых определена соответствующими техническими условиями для каждого предприятия. Качество продуктов обогащения в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должна соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в качестве ориентировочных могут использоваться общие требования промышленности к богатым рудам и концентратам обогащения, приведенные в табл. 5 и 6.

По содержанию железа выделяют природно богатые и бедные (требующие обогащения) руды.

Богатые руды классифицируются на доменные и мартеновские.

Доменные руды, используемые для непосредственного введения в доменную шихту, должны быть представлены не менее чем на 80% крупнокусковыми классами (10–100 мм), содержание железа в магнетитовых и гематитовых рудах должно быть более 50%, гидротитовых – более 45%, вредных примесей не более: серы – 0,3%, фосфора – 0,3%, меди – 0,2%, мышьяка – 0,07%, цинка и свинца – 0,1% каждого, олова – 0,08%. Никель, кобальт, марганец, хром, молибден, вольфрам, ванадий и другие легирующие компоненты могут присутствовать в количествах, не ухудшающих основных свойств продуктов передела железных руд.

Мартеновские руды, пригодные для непосредственного мартеновского передела, должны быть представлены не менее чем на 75% классами 10–250 мм, содержание железа в магнетитовых, гематитовых, гидротитовых и смешанных рудах – свыше 57%, вредных примесей не более: кремнезема – 5%, серы и фосфора – 0,15%, меди, мышьяка, цинка, свинца, никеля, хрома – 0,04% каждого, марганца – 0,5%.

Руды, содержащие 80–92% класса –10 мм и не более 8–20% класса 10–20 мм, нуждаются в предварительном окусковании.

Таблица 5

Требования промышленности к качеству богатых руд

Сорт и минеральный состав руды	Минимальное содержание Fe _{общ}	Максимально допустимые содержания, %.											Гранулометрический состав		
		SiO ₂	S	P (P ₂ O ₅)	Cu	As	Zn	Pb	Sn	Ni	Cr	Mn	крупность, мм	содержание класса, %	
Агломерационные															
Магнетитовые	45,0	–	–	–	0,15	–	–	–	–	–	–	–	}	–20+0	≤ 15
Мартит-гематитовые	45,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–10+0	≥ 85
Бурожелезняковые	44,0	18,0	–	(0,8)	–	–	–	–	–	–	–	–		–10+0	≤ 9
Сидеритовые	32,5	12,0	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–60+10	≥ 85
														+60	≤ 6
Доменные															
Магнетитовые	50,0	–	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–	}	–10+0	≤ 20
Мартит-гематитовые	50,0	–	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–		–100+10	≥ 80
Бурожелезняковые	45,0	18,0	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–			
Мартеновские															
Магнетитовые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5	}	–10+0	≤ 25
Мартит-гематитовые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5		–250+10	≥ 75
Бурожелезняковые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5			

Таблица 6

Требования промышленности к качеству железных концентратов

Назначение и название концентрата	Минимальное содержание Fe _{общ}	Максимально допустимые содержания, %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	P (P ₂ O ₅)	K ₂ O	TiO ₂	V (V ₂ O ₅)
<u>Электрометаллургия</u>											
Магнетитовый	69,5	3,0	–	–	–	0,05	0,06	0,04	0,08	–	–
Мартит-гематитовый	68,0	3,0	–	–	–	0,05	0,06	0,04	0,08	–	–
<u>Аккумуляторное производство</u>											
Магнетитовый	71,0	1,0	0,13	0,04	0,04	0,04	–	–	–	0,03	0,02
Мартит-гематитовый	69,0	1,0	0,13	0,04	0,04	0,04	–	–	–	0,03	0,02
<u>Порошковая металлургия</u>											
Низший сорт	71,4	0,4	0,20	0,10	0,10	0,50	0,05	0,03	–	0,08	–
Средний сорт	71,8	0,3	0,10	–	0,04	0,30	0,02	0,02	–	0,04	–
Высший сорт	72,0	0,15	0,10	–	0,02	0,02	0,015	0,015	–	0,015	–
<u>Доменное производство</u>											
Магнетитовый	62,0	10,0	–	–	–	–	0,45	–	–	–	–
Мартит-гематитовый	60,0	10,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бурожелезняковый	44,0	18,0	5,0	–	–	–	–	(0,8)	–	–	–
Сидеритовый	37,0	10,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Концентрат обожженного сидерита (КОС)	47,0	–	–	–	13,5	–	–	–	–	–	–
Железованадиевый	59,3	6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	(≥0,54)
<u>Утяжелители для бурения скважин</u>											
Магнетитовый	60,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Мартит-гематитовый	58,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бурожелезняковый	45,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Для качественной характеристики богатых руд важное значение имеют содержание и соотношение нерудных примесей – шлакообразующих компонентов, выражающиеся коэффициентом основности и кремневым модулем. Коэффициент основности (КО) представляет собой отношение суммы содержаний оксидов щелочных земель (кальция и магния) к сумме оксидов кислых компонентов (кремния и алюминия). По величине этого коэффициента железные руды и их концентраты подразделяются на кислые, наиболее часто встречающиеся (КО менее 0,7), самофлюсующиеся (КО 0,7–1,1) и основные (КО более 1,1). Лучшими являются самофлюсующиеся руды.

По кремневому модулю (отношению содержаний оксида кремния к оксиду алюминия) ограничивается использование железных руд с модулем ниже 2.

Железные руды, требующие обогащения, в настоящее время обеспечивают в России 89% товарного производства. Они подразделяются на легко- и труднообогатимые, что зависит от их минерального состава и текстурно-структурных особенностей. К легкообогатимым относятся железные руды магнетитового состава, и прежде всего магнетитовые кварциты.

Труднообогатимыми являются тонкозернистые полиминеральные железные руды, в которых железо входит в состав нескольких немагнитных минералов (гематит, мартит, сидерит) или рудные минералы (гётит, гидрогётит) образуют порошковатые, оолитовые скрытокристаллические и коллоидальные массы. При измельчении этих руд не удается раскрыть рудные минералы из-за их крайне малых размеров и тонкого прораствания с нерудными минералами. Наиболее характерные примеры труднообогатимых руд – окисленные железистые кварциты Кривого Рога и КМА, бурожелезняковые руды всех типов.

Выбор способов обогащения определяется минеральным составом руд, их текстурно-структурными особенностями, а также характером нерудных минералов и физико-механическими свойствами руд.

Магнетитовые руды обогащаются магнитным способом. Применение сухой и мокрой магнитной сепарации для магнетитовых руд обеспечивает получение кондиционных концентратов даже при сравнительно низком содержании железа в исходной руде. При наличии в рудах в промышленном количестве гематита наряду с магнетитом может применяться магнитно-флотационный (для тонковкрапленных руд) или магнитно-гравитационный (для крупновкрапленных руд) способ обогащения. Схемы обогащения магнетитовых кварцитов месторождений Кривого Рога, Курской магнитной аномалии и Кольского полуострова включают дробление, измельчение и магнитное обогащение в слабом поле.

Обогащение окисленных железистых кварцитов может производиться магнитным в сильном поле, обжиг-магнитным и флотационным способами.

Если в магнетитовых рудах содержатся в промышленных количествах апатит или сульфиды кобальта, меди и цинка, минералы бора и др., то для их извлечения применяется флотация отходов магнитной сепарации. Такие схемы применены на Ковдорском, Высокогорском и Соколовско-Сарбайском ГОКах.

Принципиальные схемы обогащения титаномагнетитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд включают в себя многостадийную мокрую магнитную сепарацию. С целью выделения ильменита в титановый концентрат проводится обогащение хвостов мокрой магнитной сепарации флотацией или гравитационным способом с последующей магнитной сепарацией в поле высокой интенсивности.

Низкотитанистые железованадиевые руды (месторождения Качканарское, Гусевогорское, Пудожгорское и др.) могут использоваться при получении чугуна по отработанной технологии доменный процесс – двойное конвертирование с извлечением ванадия из шлаков. Другой может быть технология предварительного обогащения руд с получением ильменитового и титаномагнетитового концентратов. Если содержание TiO_2 в последнем не выше 4%, он непосредственно направляется в доменный процесс, а при более высоких содержаниях требуется шихтовка этого концентрата с беститановыми железными

рудами. Вместе с тем уже разработаны пирогидрометаллургические технологии, позволяющие экономически выгодно извлекать титан из данных руд (доменный процесс – электроплавка, гидрометаллургия, глубокая металлизация титаномагнетитовых окатышей с селективной коагуляцией железного королька и переводом сопутствующих элементов в шлаковую оболочку).

Серьезные технологические трудности возникают у металлургов при переработке высокотитанистых ($\text{TiO}_2 > 3,0\%$) ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд и концентратов, так как титан и ванадий не могут извлекаться в отдельные продукты по традиционной технологии и затрудняют ведение металлургического процесса. Институт металлургии Уральского отделения АН России разработал пирометаллургический метод обогащения коллективных концентратов с выделением попутных компонентов в отдельные кондиционные по содержанию продукты, которые могут использоваться по традиционной технологии. По этой технологии тонкоизмельченный коллективный концентрат окомковывается с твердым восстановителем, сырые окатыши подвергаются восстановительному обжигу, при этом окатыши приобретают структуру «ореха» – в ядре концентрируется металлическое железо и ванадий – легированная ванадием сталь, а оксид титана образует шлаковую оболочку. Последующим дроблением и измельчением окатышей обеспечивается вскрытие железного королька, который методом сухой или мокрой магнитной сепарации выделяется в отдельный продукт. Шлаковая составляющая, состоящая преимущественно из оксида титана, подвергается дальнейшей переработке. Извлечение железа в королек и титана в шлаковую оболочку составляет не менее 92%.

Для обогащения гидрогётит-лептохлоритовых оолитовых бурых железняков используются либо гравитационный, либо гравитационно-магнитный (в сильных полях) способ. Глинистые гидрогётитовые и мартитовые (валунчатые) руды обогащаются промывкой. Обогащение сидеритовых руд обычно достигается сепарацией в тяжелых средах с последующим обжигом.

При переработке железистых кварцитов и скарново-магнетитовых руд обычно получают концентраты с содержанием железа 62–66%; для электрометаллургического передела и производства горячебрикетированного железа выпускаются концентраты с содержанием железа не ниже 69,5% и кремнезема не выше 3,0%, серы не более 0,06%; в кондиционных концентратах мокрой магнитной сепарации из апатит-магнетитовых и магномагнетитовых руд содержание железа составляет 62–64%.

Концентраты гравитационного и гравитационно-магнитного обогащения оолитовых бурых железняков в настоящее время считаются кондиционными при содержании железа 44–49%, кремнезема – 18–11%, глинозема – 4–5%, пентоксида фосфора – 0,6–0,8%, однако по мере совершенствования методов обогащения требования к концентратам из этих руд будут повышены.

Перспективными направлениями и процессами совершенствования технологии переработки различных типов железных руд являются:

- крупнопорционная радиометрическая сортировка по результатам экспресс-анализа транспортных емкостей на рудоконтролирующих станциях (РКС) как один из элементов системы управления качеством добываемого сырья для рационального использования запасов месторождения и создания эффективной технологии обогащения руд;
- радиометрическая сепарация кускового материала после крупного дробления (–200 мм) для некоторых типов комплексных руд, например, титаномагнетитовых (удаление отвальных хвостов, упрощение технологической схемы за счет исключения гравитационного цикла) и апатит-магнетитовых (удаление отвальных хвостов, выделение кальцитового продукта, улучшение карбонатного модуля). Эти исследования проводятся в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

- обогащение измельченной руды гравитационным методом на основе тяжелых суспензий в гидроциклонах.

4.10. Железные руды в ряде случаев содержат попутные ценные компоненты, использование которых улучшает технико-экономические показатели работы предприятий по добыче полезных ископаемых и позволяет получать дефицитную товарную продукцию.

Из руд, подвергающихся обогащению, титан, медь, кобальт, золото, платина, апатит, редкие металлы и другие компоненты, находящиеся в самостоятельных минеральных формах, как правило, могут быть извлечены в самостоятельные концентраты. Промышленностью освоена технология получения из хвостов магнитного обогащения комплексных руд апатитового, бадделеитового, ильменитового, медного концентратов, удовлетворяющих требованиям промышленности; кобальт-пиритного концентрата, пригодного для дальнейшей гидрометаллургической переработки при содержании кобальта не ниже 0,12%. Флотацией хвостов мокрой магнитной сепарации комплексных руд могут быть получены золото-сульфидный и боратовый концентраты. Извлечение самородного золота возможно из хвостов обогащения железистых кварцитов.

Попутные ценные компоненты железных руд и концентратов переходят в чугун и сталь или уходят в шлаки, откуда могут быть частично извлечены. Такие полезные примеси, как никель, кобальт, марганец, являющиеся легирующими компонентами, частично переходя из чугуна в сталь, дают возможность получения специальных сталей с заданными свойствами. Из шлаков металлургического передела титаномагнетитовых концентратов извлекается ванадий; фосфорсодержащие шлаки используются в качестве удобрений. Из пироксеновых хвостов обогащения титаномагнетитовых руд может извлекаться скандий.

Перспективными являются предложенные технологии извлечения из железных руд и продуктов их переработки германия и других редких элементов.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах переработки руд, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования этих вод для водоснабжения или извлечения из них полезных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения,

обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов, который необходимо производить в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации для проектирования горного предприятия: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение **инженерно-геологических исследований** на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных горных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, газоносность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Месторождения железных руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (шахтные комплексы) способами. Выбор способа отработки зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи и обосновывается в ТЭО кондиций.

К подземному способу добычи относится и новый перспективный метод скважинной гидродобычи (СГД) железных руд. Скважинная гидродобыча может использоваться для добычи рыхлых разновидностей железных руд. Опытная и опытно-промышленная добыча

этих руд показала высокую экономическую эффективность этого способа, который требует меньше времени и капитальных вложений и является наиболее экологичным.

5.4. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.5. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.6. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.7. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.8. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Должна быть определена технология хранения хвостов производства с учетом их воздействия на окружающую среду, изучена возможность использования оборотных вод, оценены направления использования отходов предложенной схемы обогащения руд, даны рекомендации по очистке промстоков и объему потребления технической воды.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений железных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений железных руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками, без экстраполяции. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории. Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным доразведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях результатами, полученными на участках детализации, а на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации.

Контур запасов категории С₁ определяются по скважинам и данным геофизических исследований, а для наиболее выраженных и крупных тел – геологически обоснованной экстраполяцией, учитывающей изменения морфоструктурных особенностей, размеров, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по рудным телам, вскрытым редкой сетью скважин, а также путем экстраполяции по простиранию и падению к разведанным

рудным телам и в пределах выявленных геофизических аномалий, рудный характер которых подтвержден отдельными скважинами.

При определении контуров подсчета запасов категории C_2 следует учитывать генетический тип месторождения, его место в геологической структуре района, условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения размеров, формы, мощностей рудных тел и состава руд.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневными горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При разделении запасов железных руд по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. При невозможности оконтуривания количественные соотношения различных промышленных (технологических) типов и сортов определяются статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранения в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.6. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.7. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели

горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы и (или) качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.8. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, линейных содержаний) и их оценки с определением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность определения оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания

рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.9. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.10. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.11. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** железных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых

предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;

- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении требований настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (ℓ_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – ℓ_o):

$$K_p = \frac{\ell_p}{\ell_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

ДК 553.04:553.32

ББК 26.341.2

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям марганцевых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 42 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений марганцевых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче марганцевых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям марганцевых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 14 марта 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям марганцевых руд

1. Общие сведения

1.1. Марганец – серебристо-белый хрупкий металл, имеющий плотность 7,2–7,46 г/см³, температуру плавления 1244 °С. Основным потребителем марганцевых продуктов в России в настоящее время является черная металлургия (около 90%), где он используется преимущественно в виде сплавов с железом (ферромарганца) и кремнием (силикомарганца), а также металлического марганца, применяемых для раскисления и легирования стали. В сравнительно небольшом количестве марганец используется в производстве сплавов с цветными металлами (медью, алюминием, никелем и др.). Только 5–10% металла потребляется в электротехнической (для производства сухих батарей), химической промышленности, керамическом и стекольном производстве, в сельском хозяйстве (добавки в минеральные удобрения и в корма для животноводства).

1.2. Среднее содержание марганца в земной коре около 0,1%, в различных горных породах оно колеблется от 0,06 до 0,2%. Марганец встречается в природе главным образом в виде оксидов, гидроксидов, карбонатов и силикатов. Известно более 150 минералов, содержащих марганец, но промышленное значение имеет лишь небольшая их часть (табл.1).

1.3. На территории России крупных разрабатываемых месторождений марганца нет, потребности металлургической и химической промышленности удовлетворяются в основном за счет импорта товарных марганцевых руд Украины, Грузии, Казахстана.

Разведанные и учтенные государственным балансом запасы представлены бедными и труднообогатимыми рудами. В связи с этим проблема создания собственной марганцеворудной базы может быть решена за счет разработки более совершенных технологий обогащения карбонатных руд, а также поиска и разведки новых месторождений, в том числе нетрадиционных типов.

1.4. Промышленные типы месторождений марганцевых руд представлены: морскими осадочными и вулканогенно(гидротермально)-осадочными, метаморфизованными и

гипергенными, а также месторождениями железомарганцевых образований (конкреции, корки) дна морей и океанов (табл. 2).

Таблица 1

Главные минералы марганцевых руд

Минералы	Химическая формула	Содержание Mn, %
Пирролюзит	MnO ₂	60–63,2
Гаусманит	Mn ₃ O ₄	72,0
Браунит	3Mn ₂ O ₃ MnSiO ₃	60–69,5
Псиломелан	(Ba,Mn ²⁺) ₃ Mn ⁴⁺ ₈ O ₁₆ (OH) ₆ •nH ₂ O	45–60
Якобсит	MnFe ₂ O ₄	50–55
Манганит	MnOOH	62,5
Вернадит	MnO ₂ •nH ₂ O	44–52
Тодорокит	(K,Ca,Mn ²⁺)(Mn ⁴⁺ ,Mn ²⁺ ,Mg) ₆ O ₁₂ •3H ₂ O	47–54
Родохрозит	MnCO ₃	47,8
Алабандин	MnS	60,4
Галоксит	MnAl ₂ O ₄	50,5–52,3
Родонит	CaMnSi ₃ O ₁₈	32–43
Рансьеит	(Ca,Mn ²⁺)Mn ⁴⁺ ₄ O ₉ •3H ₂ O	43–50
Бустамит	(Ca,Mn) ₃ (Si ₃ O ₉)Fe,Mg,Zn	12–20

Таблица 2

Промышленные типы месторождений марганца и основные типы руд

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание Mn, % (попутные полезные компоненты)	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений (проявлений)
Осадочные морские	Пластовый в осадочных (терригенных) породах	Родохрозитовый	16–48	Металлургический марганцевый карбонатный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Ново-березовское
		Пирролюзит-псиломелановый	26–50	Химический марганцевый пероксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Чиатурское (Грузия)
Вулканогенно (гидротермально)-осадочные	Пласто- и линзообразный в вулканогенно-осадочных породах	Родохрозитовый с мангано-кальцитом	16–32	Металлургический марганцевый карбонатный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Усинское, Порожинское
		Гематит-гаусманит-браунитовый	16–35	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Дурновское
		Браунит-гаусманит-магнетитовый с родохрозитом	20–35	То же	Южно-Хинганское
Метаморфогенные	Пласто- и линзообразный в метаморфических породах	Гаусманит-пирролюзит-родохрозитовый	12–28	Металлургический марганцевый оксидно-карбонатный (гравитационно-магнитный)	Парнокское
Выветривания (гипергенные)	Плаще- и линзообразный в корях выветривания месторождений и марганцево-содержащих пород	Пирролюзит-псиломелан-криптомелановый с гётитом и гидрогётитом	15–45	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-(магнитный))	Николаевское

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание Mn, % (попутные полезные компоненты)	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений (проявлений)
Выветривания (гипергенные)	Плаще- и линзообразный в корях выветривания месторождений и марганцево-содержащих пород	Гётит-вернадит-псиломелановый	16–28	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-(магнитный))	Шунгулешское (проявление)
		Пирролюзит-псиломелановый	26–37	”	Кипчакское (проявление)
		Псиломелан-вернадитовый	25–30	”	Усинское
		Вернадит-псиломелан-пирролюзитовый	15–28	Металлургический марганцевый оксидный (промывочный, сортировочный, гравитационно-магнитный)	Порожинское
		Пирролюзит-псиломелановый	10–19	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Громовское
Диagenетически-седиментационные в современных осадках	Плаще-образный	Кобальт-железо-марганцевые конкреции и корки	20–30 (Fe, Co, Ni, Cu)	Металлургический, химический кобальт-марганцевый оксидный (гидрометаллургический)	Абиссальные равнины дна океанов (ЖМК) и подводные горы и поднятия (КМК)
		Железомарганцевые конкреции и корки	5–30 (Fe)	Металлургический, железомарганцевый оксидный (гидрометаллургический)	Шельф Финского залива

Осадочные морские месторождения имеют наибольшее промышленное значение, в них сосредоточено более 80% мировых запасов марганцевых руд. Типичными представителями этого типа месторождений являются Никопольское, Большетокмакское (Украина), Чиатурское (Грузия), Варненское (Болгария), локализованные в песчано-глинистых отложениях нижнего олигоцена и образующие крупнейшую Причерноморскую провинцию. В России к данному типу относится Северо-Уральская группа месторождений (Марсятское, Тыньинское, Березовское и др.).

Месторождения представляют собой полого залегающие пластовые залежи, состоящие из одного или нескольких (до 25) пластово-линзовидных тел, переслаивающихся со слоями безрудных пород. Мощность рудных прослоев колеблется от 0,1 до 4 м, а рудных залежей – до 11 м (Чиатурское). Общая латеральная протяженность рудных районов достигает 200–250 км (Южная Украина, Зауралье). В составе руд широкое развитие имеют оксидные, оксидно-карбонатные и карбонатные разновидности, последовательно сменяющие друг друга в направлении выклинивания.

Вулканогенно(гидротермально)-осадочные месторождения локализуются в составе вулканогенно-осадочных формаций, которые отвечают различным стадиям геосинклинального развития складчатых зон и отличаются друг от друга вещественным составом рудовмещающих пород, соотношением вулканической и осадочной составляющих парагенезисов. На территории СНГ наиболее важное промышленное значение имеет вулканическая формация. Рудные залежи имеют форму линз, пластовых тел различной мощности и протяженности, которые залегают согласно с вмещающими породами. Руды месторождений в разной степени изменены под влиянием регионального метаморфизма, в связи с чем нередко имеют сложный минеральный состав. Главными минералами руд

являются оксиды марганца (гаусманит и браунит). В ряде месторождений присутствуют силикаты марганца (родонит, бустамит, спессартин). Марганцевые руды нередко ассоциируют с рудами других металлов: железными – Магнитогорская группа месторождений (Россия), железными и полиметаллическими – Атасуйская группа месторождений (Казахстан).

Метаморфогенные месторождения связаны с марганецсодержащими силикатными породами – гондитами и итабиритами, заключающими в себе прослой и линзы марганцевых руд, характеризующихся большим разнообразием марганецсодержащих минералов, среди которых преобладают оксиды (браунит, гаусманит), карбонаты (родохрозит, манганокальцит) и силикаты (родонит, бустамит). Рудные толщи имеют значительную суммарную мощность и протяженность (десятки километров). Наиболее крупные марганцеворудные объекты такого типа известны в ЮАР, Индии и Бразилии. В России с гондитовой формацией связано Утхумское проявление в Саянах.

Месторождения выветривания (гипергенные) образуются в зоне гипергенеза первичных марганцевых руд и марганценосных пород, содержащих минералы марганца низших валентностей – карбонаты, силикаты, оксиды (браунит, гаусманит). Значительные по запасам месторождения этого типа известны в Западной Африке, Южной Америке, Индии. Месторождения представляют собой серии пластов и линз пиролюзит-псиломелановых высококачественных руд. На территории России собственно гипергенных месторождений нет, а руды зоны гипергенеза проявлены на всех месторождениях марганца и связаны преимущественно с мезозойско-кайнозойскими корами выветривания (Усинское, Парнокское, Дурновское, Николаевское, Мазульское и др.) и, порой, определяют промышленную ценность месторождения (Порожинское).

Скопления железомарганцевых образований на дне морей и океанов относятся к перспективным комплексным месторождениям, образующимся в процессе седиментации и диагенеза современных осадков. По условиям образования среди них выделяются глубоководные и мелководные.

Железомарганцевые конкреции (ЖМК) и кобальтомарганцевые корки* (КМК) встречаются во всех океанах.

ЖМК сосредоточены на абиссальных долинах океанов преимущественно на глубинах 4800–5500 м. Подавляющее число рудных полей расположено в Тихом океане, особенно в зоне Кларион – Клиппертон. (1500x2000 км). Плотность залегания конкреций (их масса приходящаяся на 1 м² дна) варьируется в широких пределах, редко превышая 30 кг/м².

Залежи конкреций являются комплексными месторождениями Mn, Ni, Co и Cu. Диаметр конкреций составляет 0,1–n · 10 см., преимущественно – 3–7 см. Конкреции содержат (%): Mn 25–30; Fe 6–12; Ni 1–2; Co 0,2–1,5; Cu 1–1,5; P 0,5–1; в качестве примесей в них обнаружены Mo, PЗЭ, V, платиноиды, Au и другие компоненты.

Потенциальный интерес представляют кобальтомарганцевые конкреционно-корковые образования Мирового океана, известные на подводных горах и океанических поднятиях на глубинах от 300 до 4000 м, где они нередко образуют покрытия мощностью от нескольких миллиметров до 10 см на коренных породах или уплотненных осадках. Корки сложены гидроксидами Fe и содержат Mn, Co, Ni, Cu и P.

Железомарганцевые конкреции* (ЖМК) на дне Финского залива Балтийского моря являются новым видом минерального сырья, использование которого обусловлено острым

* Требования к изучению железомарганцевых конкреций и кобальтомарганцевых корок Мирового океана регламентируются «Основными положениями по подсчету и учету запасов и прогнозных ресурсов железомарганцевых конкреций Мирового океана» (ГКЗ,1989) и другими нормативными и методическими документами, содержащимися в сборниках «Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана» (М., 1997) и «Кобальтомарганцевые корки Мирового океана» (М.,1996)

* Требования к изучению железомарганцевых конкреций шельфа Финского залива Балтийского моря в настоящее время регламентируются «Временными методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных компонентов к месторождениям шельфовых железомарганцевых

дефицитом в России марганецсодержащих руд. Целенаправленно руды начали изучаться только с 1999 г.

ЖМК залегают непосредственно на поверхности морского дна и образуют залежи относительно небольших (3–15 км) размеров на глубине 10–90 м. В составе конкреций гидроксиды и оксиды марганца составляют 65–70% общей массы рудного вещества, гидроксиды железа 30–35%. Содержания Mn в ЖМК колеблется от 5 до 30%, Fe 5–30%, P 1–5%, органического вещества 7,5–24% при среднем 11,5%.

Залежи шельфовых ЖМК Финского залива значительно отличаются от известных залежей глубоководных океанических ЖМК по морфологии пластов, условиям формирования и залегания, минеральному и химическому составу конкреций, технологии их добычи и переработки. Шельфовые ЖМК в отличие от глубоководных могут рассматриваться исключительно как марганцевая руда.

1.5. По минеральному составу марганцевые руды разделяются на *оксидные, карбонатные и смешанные*.

Наибольшее промышленное значение имеют *оксидные руды*, в которых главными рудными минералами являются оксиды и гидроксиды марганца (пиролюзит, псиломелан, якобсит, манганит, браунит, гаусманит и др.). Оксидные руды включают окисные (первичные пиролюзит, псиломелан, манганит, браунит, якобсит и др.) и окисленные – развивающиеся в коре выветривания главным образом карбонатных руд (пиролюзит, псиломелан, вернадит, тодорокит, криптомелан). За рубежом наибольшее промышленное значение имеют окисные (пероксидные – пиролюзитовые, нсутитовые) руды (Mn 50±8%) низкофосфористые (P 0,04–0,08%), как правило используемые без обогащения. Окисные руды интенсивно используются промышленностью, так как отличаются высоким содержанием марганца, легко обогащаются путем простого грохочения и служат высококачественным сырьем, пригодным для химической промышленности и производства стандартных марок ферромарганца. В России крупные и среднего масштаба месторождения окисных руд отсутствуют. Руды мелких месторождений бедные и среднего качества (15–37% Mn), хрупкие, при дроблении склонные к переизмельчению и, как следствие, – к потерям наиболее ценных минералов со шламами.

Среди руд этого типа выделяют пероксидные, отличающиеся преимущественно пиролюзитовым минеральным составом. В качестве критерия для отнесения марганцевых руд к пероксидным используют коэффициент пероксидности – отношение содержания диоксида марганца к содержанию общего марганца ($K = \text{MnO}_2/\text{Mn}$): руды относятся к пероксидным, если коэффициент пероксидности $\geq 1,3$ при содержании $\text{MnO}_2 \geq 41,8\%$. Пероксидные руды Грузии (Чиатурское месторождение) бедные (26% Mn) – единственные в СНГ, из которых обогащением получают высококачественные пиролюзитовые концентраты.

В России основное промышленное значение имеют окисленные руды кор выветривания – марганцевые и железомарганцевые, от низкофосфористых (P $\leq 0,1\%$) до высокофосфористых (P $> 0,3\%$) – Усинское, Порожинское, Николаевское, Парнокское, Дурновское и другие месторождения.

Несколько особняком стоят оксидные руды ЖМК и КМК дна морей и океанов. Руды являются природно-легированными и могут широко использоваться в черной металлургии: при содержании Mn 10–35% – для получения зеркального чугуна, при 5–10% – для производства марганцевистого чугуна. Это процесс прямого легирования, который медленно, но внедряется на заводах России. Считается, что при содержании Mn в железной руде больше 15% расходы энергоносителей превышают необходимый экономический эффект (руды трудно плавятся), но процесс прямого легирования приводит к значительной экономии дорогих марганцевых сплавов.

Карбонатные руды сложены преимущественно карбонатами марганца: родохрозитом, манганокальцитом, марганцовистым кальцитом. Руды при относительно низких содержаниях марганца (не превышает 20–25%) и относительно высоком содержании

фосфора характеризуются трудной обогатимостью и высокой себестоимостью концентратов, однако в связи с сокращением запасов оксидных руд и поиском прогрессивных технологий переработки доля их в производстве марганца будет неуклонно возрастать.

В результате использования новых схем обогащения и скважинного подземного и кучного (чанового) выщелачивания на первое место по промышленной значимости выходят карбонатные руды с родохрозитом, манганокальцитом и др. Руды от бедных (15–25% Mn) до богатых (37–48% Mn). В России запасы и прогнозные ресурсы бедных руд и руд среднего качества исчисляются десятками-сотнями миллионов до миллиарда тонн (Новая Земля, Архангельская, Свердловская, Кемеровская обл., Республика Хакасия, Иркутская обл., Хабаровский край, Магаданская обл. и др.).

Большое потенциальное значение для черной металлургии имеют марганцевистые известняки (5–10% Mn, 46–52% CaO), которые можно использовать в качестве флюса и раскислителя: 1 млн т легированных марганцевых флюсовых известняков (Улутелякское месторождение в Республике Башкирия, Усинское – в Кемеровской обл. и др.) позволят экономить около 20 тыс. т марганцевых сплавов.

Смешанные руды являются переходным типом между оксидными и карбонатными. Их химический состав зависит от количественного соотношения оксидов (манганита, пиролюзита, псиломелана) и карбонатов марганца (манганокальцита, родохрозита), в соответствии с которым выделяются железомарганцевые, карбонатно-силикатные, оксидно-силикатные, оксидно-силикатно-карбонатные и др. Наиболее ярко они проявлены на Большетокмакском месторождении Украины, где обогащением выделяют селективные продукты – оксидных и карбонатных минеральных типов, которые в дальнейшем подвергаются глубокому обогащению с получением товарных продуктов.

Карбонатно-силикатные, оксидно-силикатные, оксидно-силикатно-карбонатные смешанные руды могут представлять промышленный интерес при условии небольшого количества силикатов марганца и пониженного содержания фосфора. Промышленная технология обогащения карбонатно-силикатных руд с получением товарных ликвидных продуктов разработана только в Австралии: для реализации Ca-Si-Mn промпродукт (32–37% Mn) облагораживается подшихтовкой родохрозитовыми или пиролюзит-псиломелановыми богатыми концентратами.

Кроме марганца в рудах может присутствовать железо, количество которого иногда значительно. По соотношению этих элементов выделяются:

- а) *железомарганцевые руды*, в которых оба металла находятся в существенных количествах, часто при преобладании железа ($Mn/Fe \leq 1$);
- б) *марганцовистые железные руды* (с содержанием марганца 5–10%). Из-за тесного сростания этих минералов руды относятся к труднообогатимым.

Браунит-гаусманитовые руды образуются при слабом метаморфизме осадочных месторождений. Они представляют значительный промышленный интерес, но не образуют крупных месторождений и добываются в небольшом количестве. В качестве примеси в рудах присутствуют оксиды железа, карбонаты марганца. Руды характеризуются вкрапленными, массивными, слоистыми текстурами, при обогащении переизмельчаются, концентраты требуют брикетирования.

В марганцевых рудах нередко присутствуют вольфрам, никель, кобальт, золото, серебро, цинк, свинец, таллий, барий, бор, фосфор. Последний является вредной примесью, к содержанию его в концентрате предъявляются жесткие требования. Золото мелкое и тонкое, находится в свободном состоянии и может быть выделено механическими способами. Анализ геологических материалов показал, что в окисленных рудах марганца всех месторождений России и СНГ содержится значимое количество золота (до 300 мг/т); при содержании более 80 мг/т извлекаемого золота процесс становится экономически рентабельным.

Фосфор связан с минералами марганца, железа и апатитом: в последнем случае при обогащении выделяется промпродукт с содержанием до 30% P_2O_5 , из минералов марганца и железа фосфор извлекается выщелачиванием.

Вольфрам представлен собственными минералами (вольфрамит, гюбнерит, шеелит) и выделяется в собственный промпродукт. Никель, кобальт и другие цветные металлы могут быть выделены выщелачиванием.

В США (цинковое месторождение Франклин, штат Нью-Джерси) марганец и железо выделяют из франклинитовых руд (франклинит – $(Fe, Mn, Zn)O(Fe, Mn)_2O_3$). Из руды цинк выделяется дисцилляцией, осадок содержит до 15% Mn и около 40% Fe, используемого для производства зеркального чугуна.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения минерализации месторождения марганца соответствуют 1-, 2- и 3-й группам сложности, установленным «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся осадочные месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными горизонтальными или слабонаклонными залежами простого строения, с выдержанной мощностью, равномерным распределением марганца и закономерной сменой различных типов руд (Никопольское и Большетокмакское месторождения в Украине).

Ко **2-й группе** относятся осадочные месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными пологопадающими пластообразными залежами сложного строения с невыдержанной мощностью, неравномерным распределением марганца, сложным и незакономерным сочетанием различных типов руд. Это Чиатурское месторождение (Грузия), Северо-Уральская группа месторождений (Россия), а также вулканогенно(гидротермально)-осадочные и метаморфогенные месторождения с крупными и средними пластообразными залежами сложного строения, невыдержанной мощности, с неравномерным распределением марганца и незакономерной сменой различных типов руд (Западный Кара-Джал, залежи ЖМК Финского залива).

К **3-й группе** относятся месторождения выветривания с мелкими линзообразными и гнездообразными залежами, весьма неравномерным оруденением и сложной морфологией, а также месторождения других промышленных типов с мелкими пластообразными и линзообразными залежами сложного строения, невыдержанной мощностью, неравномерным распределением марганца, незакономерной сменой различных типов руд (Южно-Хинганское месторождение, Россия).

2.2. Принадлежность месторождения к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% балансовых запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведываемому месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях марганца

составляются в масштабе 1:2 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2 000. Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и строятся проложения их стволов на планах и разрезах.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологических картах масштаба 1:2 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, распределении марганцевой минерализации, особенностях взаимоотношения рудных тел с литолого-петрографическими комплексами вмещающих пород, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Эти материалы должны отражать также размещение различных типов руд, строение кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощности, содержания марганца и вредных примесей. Следует обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков*.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или рудовмещающих горизонтов должны быть тщательно изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы. Детальность изучения должна позволить установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности первичных руд, особенности изменения вещественного состава, качества и технологических свойств руд и провести подсчет запасов окисленных, смешанных и первичных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений марганца на глубину осуществляется в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и в скважинах), а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками. Горные выработки являются средством контроля данных бурения, отбора бороздовых и технологических проб, их целесообразно проходить на участках детализации, намеченных к первоочередной отработке.

Методика разведки определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей буровых, горных и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа. Она должна обеспечить возможность квалификации запасов при их подсчете по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощность, внутреннее строение рудных тел, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность

* По району месторождения и рудному полю представляются геологические карты, карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 (иногда 1:10 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород месторождений марганца и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы марганца. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна по рудному телу должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами.

Представительность керна для определения содержаний марганца, попутных компонентов и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд, следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т.п.)

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно производить искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки бурением рекомендуется применять многозабойные скважины и веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности и особенностей геологического строения.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся в отечественной практике при разведке месторождений марганцевых руд, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.3. Участки и горизонты месторождения, намеченные к первоочередной отработке, должны быть разведаны наиболее детально. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы – категории С₁. При этом сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок – скважин,
применявшихся при разведке месторождений марганцевых руд в
СНГ**

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов (в м)					
		А		В		С ₁	
		по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Весьма крупная пластообразные залежи простого строения	100–150	100–150	200–300	200–300	600	600
2-я	Весьма крупная пластообразные залежи сложного строения	–	–	200	200	400	400
	Крупные и средние пластообразные и линзообразные залежи сложного строения	–	–	50–100	50–100	100–200	100–200
3-я	Мелкие пластообразные и лин-зообразные залежи сложного строения	–	–	50–100	25–50	100	50–100
Примечание. Для оцененных месторождений запасы категории С ₂ устанавливаются по сети разведочных выработок в 2–4 раза реже, чем для категории С ₁ , в зависимости от группы сложности месторождения.							

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождений в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценить качество опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения. Они должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических) и способов (керновый, бороздовый, задииковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур; в разведочных выработках кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения; мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и кернавая проба, обрабатываются и анализируются они отдельно;
- длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м, в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. для изучения неравномерности (порционной контрастности) руд;

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

- результаты ядерно-геофизического опробования (каротажа) должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска для определения контрастности руды в естественном залегании в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов опробования контролируется более представительным методом. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90%). При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, достоверность опробования по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Для действующих предприятий достоверность принятых методов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и колонковому бурению.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности величины коэффициента K в формулах сокращения проб и соблюдения схем обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление всех основных и попутных полезных компонентов, шлакообразующих компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими* и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на марганец и фосфор (в окисленных рудах, кроме того, определяется содержание диоксида марганца), а пробы железомарганцевых руд – на марганец и железо.

Попутные ценные компоненты, вредные примеси и шлакообразующие компоненты, как правило, определяются по групповым пробам. Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты, вредные примеси и шлакообразующие компоненты и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные, шлакообразующие компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализов зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций (бортовое и минимальное промышленное содержание). В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится (в соответствии с методическими указаниями НСАМ №16 от 1982 г.) по периодам, отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются, и все пробы подлежат повторному анализу с

выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Mn	>22	1,2	Al ₂ O ₃	10–15	5,0
	13–22	2,0		5–10	6,5
	5–13	2,5		1–5	12
	3–5	3,5	CaO	20–40	2,5
	0,5–3	6,0		7–20	6,0
	0,2–0,5	10		1–7	11
Fe	30–45	2,0	P ₂ O ₅	0,3–1	5,5
	20–30	2,5		0,1–0,3	8,5
	10–20	3,0		0,05–0,1	12
	5–10	6,0		0,01–0,05	22
	20–50	2,5		0,001–0,01	30
SiO ₂	5–20	3,5	S	1–2	9
	1,5–5	11		0,5–1	12
				0,3–0,5	15

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства (в первую очередь гравитационные и магнитные) должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ).

Особое внимание должно быть уделено изучению марганцевых минералов, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), определению средневзвешенного размера зерен марганцевых минералов, их распределения по крупности,

а также описанию оолитов, конкреций, характера слоистости и т. д. В оолитовых, конкреционных и конгломератовых рудах важно выяснить характер цемента – рыхлый (песчанистый, глинистый), плотный (например, браунитовый), зернистый и др. В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение марганца, попутных и шлакообразующих компонентов, вредных примесей и составлен баланс их распределения по формам минеральных соединений.

3.12. Определение объемной массы и влажности руд необходимо производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках.

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется путем выемки целиков. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.13. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд должны быть установлены природные разновидности руд и предварительно намечены промышленные (технологические) типы и сорта, подлежащие отдельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей в процессе геолого-технологического картирования.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Для всех промышленных (технологических) типов марганцевых руд базовой является радиометрическая и стадияльная гравитационно-магнитная схема обогащения. В ней используется принцип «щадящей» технологии, заключающийся в выделении и сохранении при переработке руды крупнокускового продукта, по качеству и гранулярному составу отвечающего требованиям, предъявляемым к шихте при выплавке марганцевых сплавов.

4.2. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей, физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, оценены показатели радиометрической сортировки для порций разного объема. Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнопорционной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную, некондиционную руду и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должно быть заверено контрольным валовым опробованием.

При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды.

4.3. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.4. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы. При проведении геолого-технологического картирования следует руководствоваться стандартом СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

На лабораторных пробах изучаются технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения.

Укрупненные и полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности, физическим и другим свойствам средним параметрам руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания при добыче и повышения содержания в руде компонентов после крупнопорционной сортировки. По гранулометрическому составу пробы должны соответствовать отбитой горнорудной массе принятой системы отработки.

4.5. Для руд с высоким выходом кусковой фракции –200+10 мм могут использоваться сухие схемы обогащения с радиометрической сепарацией классов –200+10 мм и магнитной сепарацией класса –10 мм.

Исследования радиометрической обогатимости производятся на пробах принятой исходной руды в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и

неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. и включают: определение гранулярного состава руды после крупного дробления с оценкой распределения металла по классам; изучение контрастности и обогатимости с оптимизацией признака разделения; экспериментальную оценку технологических показателей радиометрической сепарации с получением кускового марганцевого концентрата, отвальных хвостов и промпродукта, направляемого вместе с отсевом (класс –10 мм) на переработку традиционными методами обогащения (гравитация, магнитная сепарация); выбор промышленной аппаратуры. Производится изучение вещественного состава продуктов обогащения.

4.6. При исследовании исходной руды или промпродукта радиометрической сепарации и отсева, используя методы и приемы технологической минералогии, изучают степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств. Определяют дробимость, степень раскрытия минеральных фаз, промываемость руды, проводят ситовой и гравитационный анализы узких классов мытой руды и шламов промывки, магнитный анализ мелких классов.

4.7. Специфической особенностью марганцевых руд является многообразие минеральных форм марганца, а также крайне неравномерная вкрапленность рудных минералов размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Вследствие этого традиционные схемы обогащения марганцевых руд, в основу которых положен принцип извлечения ценного компонента по мере его раскрытия, отличаются разветвленностью и многостадийностью. Руды обогащаются по гравитационным, гравитационно-магнитным и гравитационно-магнитно-флотационным схемам.

При разработке схемы предусматривают:

- промывку, грохочение и дробление руды;
- крупнокусковое обогащение классов +10 мм тяжелосредной сепарацией или крупнокусковой отсадкой с получением кусковых концентратов различных сортов и промпродуктов;
- обогащение исходных классов –10+1(0,5) мм и додробленных промпродуктов крупнокускового обогащения магнитной сепарацией в полях высокой интенсивности (~ 750 кА/м) или отсадкой с получением мелкокускового концентрата, промпродуктов и отвальных хвостов (крупность материала уточняется для конкретной руды в зависимости от ее свойств);
- глубокое обогащение мелких классов исходной руды, низкосортных промпродуктов гравитационно-магнитного обогащения, доизмельченных до крупности – 25(16)+1(0,5) мм, и шламов промывки высокоградиентной магнитной сепарацией или флотацией с получением мелкозернистого концентрата и отвальных хвостов.

Флотацию проводят с использованием жирнокислотных собирателей: сырого таллового масла, нефтяных и технических жирных кислот, отходов производства себациновой кислоты и т. д. Подача реагентов в виде эмульсий или мыла совместно с нефтепродуктами (дизельное топливо, солярное масло, эмульсол, мазут и т. д.) повышают их собирательную способность. В качестве реагентов – регуляторов среды применяют соду и едкий натр. Для депрессии минералов пустой породы – жидкое стекло. Флотации предшествует обесшламливание по классу –15 мкм. По коллективной схеме флотации оксиды и карбонаты флотируются вместе. По селективной схеме при небольших расходах собирателя (до 0,05 кг/т) в присутствии жидкого стекла флотируются карбонаты, затем при повышенной подаче собирателя (до 3 кг/т) флотируются оксидные марганцевые минералы. Для обогащения более крупного материала –1(0,5) мм применяется пенная сепарация, которая проводится с теми же реагентами.

Обесфосфоривание проводят гаусманитовым методом по схеме, включающей обжиг при 900°C и выщелачивание огарка разбавленным раствором азотной кислоты при комнатной температуре с получением кондиционного оксидного концентрата.

4.8. Перспективные методы переработки марганцевых руд:

- крупнопорционная сортировка в транспортных емкостях как ключевой элемент системы управления качеством;
- покусковая комбинированная радиометрическая (рентгенорадиометрическая и рентгенолюминесцентная) сепарация, выделяющая крупнокусковой продукт, по качеству и гранулярному составу отвечающий требованиям к шихте при выплавке марганцевых сплавов;
- магнитная сепарация с высокоинтенсивным магнитным полем для переработки материала крупностью –10 мм при использовании электромагнитных роторных сепараторов, позволяющая получать товарный продукт при значительном упрощении технологической схемы за счет исключения операций дробления и классификации руды;
- флотация с предварительной селективной коагуляцией или флокуляцией марганцевых минералов, дающая возможность снизить потери при обесшламливании (эмульсионная или колонная флотация);
- переработка карбонатных марганцевых руд, особенно труднообогатимых, по схеме «обжиг – прямое легирование» при выплавке сталей массового назначения; получаемый комплексный продукт содержит легирующий элемент и эффективный флюс;
- гидрометаллургическая переработка, в том числе:
 - а) сульфатный метод выщелачивания марганца из руд и концентратов раствором серной кислоты при нагревании либо разложение руд дитионатным способом путем насыщения сернистым газом водной суспензии руды или шлама при 80°C с получением сульфата марганца – полупродукта для производства ХДМ, ЭДМ, KMnO_4 ; дитионатный способ не пригоден для переработки смешанных марганцевых руд;
 - б) аммонийный метод выщелачивания марганца карбонатом аммония после предварительного восстановительного обжига при 750–800°C;
 - в) содовый метод извлечения марганца из бедных карбонатных руд обработкой их в водной суспензии диоксидом углерода под давлением с переводом карбонатов марганца в растворимый бикарбонат;
- химическое выщелачивание, в том числе шахтное, скважинное и кучное разбавленными растворами серной и соляной кислот;
- биохимическое выщелачивание, применяемое для обработки низкокачественных руд, отходов обогащения, шламов, переработка которых традиционными методами неэффективна.

В месторождениях полезных ископаемых присутствуют разнообразные группы микроорганизмов, геохимическая деятельность некоторых из них заключается в воздействии на минералы с помощью огромного арсенала синтезируемых ими реакционно-способных метаболитов (продуктов обмена веществ), переводящих металлы в растворимое состояние в виде внутрикомплексных соединений (хелатов). Последние устойчивы к осаждению и обладают подвижностью в широком диапазоне pH.

Биохимическое выщелачивание марганца из смешанных и карбонатных руд осуществляется чановым способом. Выщелачивающим реагентом являются продукты метаболизма ацетобактерий. Из продуктивного раствора марганец выделяется химическим осаждением или электролизом. Извлечение марганца в раствор при биохимическом выщелачивании составляет более 90%.

4.9. В результате проведенных исследований должна быть подтверждена правильность проведения геолого-технологической типизации руд (при необходимости заново интерпретируется геолого-технологическое картирование), определены минеральный и химический состав исходной руды и продуктов обогащения, представлены данные по промывке, дробимости, измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения; установлены

технологические показатели переработки: для радиометрического обогащения – выход концентрата, промпродуктов и хвостов, извлечение и содержание в них марганца и попутных компонентов, коэффициент обогащения; для процессов гравитации, магнитной сепарации и флотации – выход концентрата, его качество (содержание марганца, других полезных компонентов и вредных примесей), метод переработки концентрата, извлечение марганца и других полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное их извлечение, расход реагентов, объем и характеристика (гранулярный состав, остаточная концентрация реагентов) продуктов, направляемых в хвостохранилище, необходимость и способы обезвреживания промстоков.

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и ГМЗ по переработке марганцевых руд.

4.10. Единого государственного стандарта или технических условий на марганцевые руды не установлено. Качество концентратов в каждом конкретном случае определяется договором между поставщиком и потребителем.

В зависимости от назначения к марганцевым концентратам предъявляются различные требования. Концентраты и агломераты, используемые металлургической промышленностью, нормируются по содержанию марганца и вредных примесей (фосфор, кремнезем, железо), а также по содержанию мелочи (8–0 мм) и крупных кусков (+25 мм).

При оценке качества предполагаемой продукции обогатительного передела можно руководствоваться требованиями к концентратам, окускованным и агломерированным продуктам, перечисленными в справочнике «Минеральное сырье. Марганец» (М., 1998).

В сложившейся отечественной практике принято считать, что качество марганцевого сырья должно соответствовать нормам, указанным в табл. 5.

Таблица 5

Качественные характеристики марганцевого сырья

Направление использования	Характеристика марганцевых концентратов, %					Влажность, %	Гранулярный состав, мм
	Mn	MnO ₂	SiO ₂	P	S		
Керамика	45–47	70–75	–	0,15	0,03	–	–
Стеклотара	49–50	70	Не ограничено	–	–	2	–5
Темно-зеленое стекло	50–54	70–73	–	–	–	–	–5
Эмали	–	80–82	–	–	–	–	Тонкий помол
Красители	45	–	10	0,20	0,1–0,3	–	0–25
Перманганат калия	56,2	89	3	–	–	8	0,10
Химические источники тока	–	87	–	–	–	3	–
Зажигательные массы	45	90	7	Не ограничено	–	8	0,10
Сварочные флюсы	49–50	–	–	0,18	–	–	20

4.11. Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела руд и концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых по рекомендуемой технологической схеме: переработки шламов для микроудобрений, использования промпродуктов обогащения марганцекальцитового состава для производства премиксов, применяемых в качестве кормовых добавок в сельском хозяйстве; даны рекомендации по очистке промстоков.

В качестве потребителей отходов горного производства и обогащения могут рассматриваться строительная, керамическая, лакокрасочная отрасли промышленности, сельское хозяйство и др.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопротоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей;
- оценить возможность утилизации дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации для проектирования рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Месторождения марганцевых руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (шахтные комплексы) способами. К подземному способу добычи относятся перспективные скважинные методы – выщелачивание (СПВ) марганца и гидродобыча (СГД) марганцевых руд.

При *традиционных способах разработки* месторождений (открытом и подземном) предпочтение отдается способу и техническим средствам добычи, обеспечивающим минимальное переизмельчение руды, т.е. минимальный выход мелких классов, с которыми обычно связаны богатые руды.

Внедрение прогрессивных методов добычи (СПВ и СГД) позволит вовлечь в отработку запасы бедных руд, а также месторождений со сложными горно-геологическими условиями залегания.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) экономически целесообразно применять при разработке месторождений карбонатных руд марганца и блоков со смешанными рудами. Более благоприятны для СПВ марганцовистые доломиты, чем известняки: при выщелачивании марганца из последних серной кислотой образуется гипс, что приводит к коагуляции трещин и пустот, снижению производительности скважин по раствору. Поднятый на поверхность рабочий раствор может использоваться для получения богатого марганцем (50–53% Mn) карбоната ($MnCO_3$), металлического марганца или диоксида (MnO_2). Опытные работы по СПВ, проведенные в Свердловской области на месторождениях карбонатных руд марганца Полуночной группы (Ивдельское и др.), дали положительные результаты. Строительство рудника СПВ требует меньше времени и меньших капитальных вложений, по сравнению с карьерами и шахтами. СПВ характеризуется безопасностью работ, высоким качеством получаемых продуктов и их низкой себестоимостью.

Скважинная гидродобыча (СГД) может использоваться для добычи рыхлых и хрупких окисленных, окисных и силикатных руд марганца. Опытными и опытно-промышленными работами на месторождениях железных руд, титана и циркония, энергетических углей, фосфоритов, строительных песков, залегающих на глубине 40–1000 м, доказана высокая рентабельность рудников СГД (Россия, Украина, Казахстан, Эстония, Югославия, США). Как и в случае рудников СПВ, для строительства рудников СГД требуется меньше времени и капитальных вложений.

Методы СГД и СПВ можно использовать также для доработки запасов руд за контурами карьеров и шахтных полей, что позволит уменьшить глубину карьеров и шахт и повысить экономическую эффективность предприятий. Способы СГД и СПВ можно применять последовательно на одном и том же месторождении для разработки силикатных и

карбонатных руд марганца, чем достигается повышение полноты добычи руд и снижение себестоимости товарных продуктов.

В процессе разведки месторождения необходимо обосновать:

- выбор способа отработки запасов;
- применяемые системы отработки и методы добычи, оптимальную производительность рудника и средства механизации;
- величины потерь и разубоживания, необходимые условия для их минимизации;
- кондиционные параметры и расчетные величины, необходимые для подсчета запасов (граничный и контурный коэффициенты вскрыши, высота уступа карьера, глубина открытой и подземной отработки, минимальная мощность рудного тела и максимальная мощность пустых прослоев, включаемых в подсчет запасов).

5.4. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействий намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмококкиозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений марганца производится в соответствии с требованиями разделов 2, 4 и 5 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений марганцевых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при детальной разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура – определены по достаточному объему представительных данных; промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин, а полученная при этом информация подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации.

Контуры запасов категории С₁ определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂**. К этой категории относятся предварительно оцененные запасы, подсчитываемые путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию: по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений. При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и

установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы, мощности и качества руд.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически. Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.6. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к забалансовым по экологической или экономической причинам в соответствии с утвержденными кондициями.

6.7. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы и (или) качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержания полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.8. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных

пересечений, линейных содержаний) и их оценки с определением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность определения средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.9. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с условиями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.10. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.11. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На оцененных месторождениях марганцевых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки

месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения

полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (ℓ_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – ℓ_o):

$$K_p = \frac{\ell_p}{\ell_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

К 553.04:553.461

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации – М.: 2005. – 41 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений хромовых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче хромовых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 14 марта 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых руд

1. Общие сведения

1.1. Хром – голубовато-серебристый блестящий металл, устойчивый против коррозии на воздухе и в воде, имеющий плотность 7,19 г/см³ (при температуре 20 °С) и температуру плавления 1890 °С. При обычных температурах хром легко реагирует с разбавленными кислотами – HCl и H₂SO₄, но не растворяется в HNO₃, H₃PO₄ и HClO₄ благодаря образованию защитной пленки. В соединениях валентность хрома изменяется от двух до шести, трехвалентные соединения устойчивые, а шестивалентные являются сильными окислителями. Образует сплавы с рядом элементов. Наиболее распространенными являются сплавы на железной основе (феррохром), с углеродом и кобальтом или никелем (стеллит), двойные хромоникелевые сплавы (нихром). Хромоникелевые стали и сплавы используются в конструкциях ядерных реакторов. Основные области потребления – ферросплавное производство, огнеупорная и химическая отрасли промышленности.

На применении хрома в железных сплавах основано современное производство высокопрочных конструкционных, кислотоупорных, нержавеющей, жаропрочных, шарикоподшипниковых сталей, сплавов сопротивления и чугунов с заданными свойствами. Металлический хром применяется главным образом для хромирования стальных изделий.

В огнеупорной промышленности хромовые руды употребляются для изготовления хроммагнезитовых и других хромсодержащих огнеупоров и хромбетона, используемых для футеровки мартеновских и индукционных печей, конверторов, вращающихся печей в цементной промышленности.

Химическая промышленность потребляет хромовые руды преимущественно для производства хромпиков (двуххромовоокислых солей натрия и калия) и других соединений хрома, применяемых в качестве красителей, дубителей, катализаторов, протрав и др. Радиоактивный изотоп хрома нашел применение в медицине.

1.2. Кларк хрома (по А. П. Виноградову) составляет 0,0083%. Из более 20 хромсодержащих минералов в промышленном отношении важны только хромшпинелиды,

которые служат в настоящее время единственным источником получения металлического хрома и продуктов его химических соединений.

В группе хромшпинелидов с общей формулой $(Mg, Fe)^{2+}(Cr, Al, Fe)_2^{3+}O_4$ наибольший интерес представляют следующие минеральные виды: магнохромит $(Mg, Fe)Cr_2O_4$, хромпикотит $(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$, алюмохромит $(Fe, Mg)(Cr, Al)_2O_4$, субферрихромит $(Mg, Fe)(Cr, Fe)_2O_4$ и в меньшей степени субферриалюмохромит $(Mg, Fe)(Cr, Fe, Al)_2O_4$. Содержание оксидов в разновидностях хромшпинелидов колеблется в широких пределах: Cr_2O_3 2–67%, Al_2O_3 2–65%, Fe_2O_3 0–41%, FeO 10–30%, MgO 1–20%.

1.3. По условиям образования выделяются *эндогенные, экзогенные и техногенные* месторождения хромовых руд.

1.3.1. Эндогенные месторождения хромовых руд относятся к группе магматических образований, пространственно и генетически связаны с гипербазитовыми интрузиями двух формаций: перидотит-пироксенит-габброноритовой расслоенных (стратиформных) массивов и дунит-гарцбургитовой альпинотипных массивов.

1.3.1.1. Раннемагматические сегрегационные месторождения хромовых руд образовались на ранней стадии формирования интрузивов ультраосновных пород и связаны с дифференцированными (стратиформными) расслоенными массивами платформ. Хромовые руды залегают в нижних горизонтах массивов, сложенных дунитами, перидотитами, пироксенитами. Рудоносный горизонт имеет мощность от первых метров до нескольких сотен метров, в его пределах возможно наличие ряда рудных зон. Рудные тела пластообразной формы обычно развиты по всей площади интрузива. Мощность рудных тел выдержана и, как правило, мала (первые метры), однако протяженность достигает многих десятков километров, поэтому даже маломощные тела могут иметь значительные запасы. Руды преимущественно сплошные и густовкрапленные, среднехромистые, повышенной железистости, обычно относятся к огнеупорным сортам и лишь наиболее богатые отвечают требованиям металлургии. К этому типу принадлежат месторождения Бушвельд (ЮАР), Великая Дайка (Зимбабве), Кеми (Финляндия), Стиллуотер (США), месторождения Индии.

1.3.1.2. Позднемагматические месторождения хромовых руд образуются в позднюю стадию формирования интрузивов ультраосновных пород дунит-гарцбургитовой формации эвгеосинклиналей. Рудные тела залегают среди дунитов, имеют форму линз, столбов, жил. Мощность крупных тел достигает 250 м, протяженность 1550 м, ширина 330 м. Месторождения состоят обычно из серии сближенных тел, число которых может достигать нескольких десятков.

Хромшпинелиды относятся к высокомагнезиальным разновидностям с переменным содержанием хрома и алюминия. Месторождения этого типа служат главным источником высокохромистых металлургических, а также высокоглиноземистых огнеупорных руд. Сюда относятся месторождения Южно-Кемпирсайской группы (Казахстан), Гулемен (Турция) и др.

С позднемагматическими месторождениями хромита ассоциируют проявления попутных полезных ископаемых:

- высококачественных (несерпентинизированных) дунитов, являющихся редким и дефицитным видом сырья для производства безобжиговых литейно-формовочных смесей, форстеритовых огнеупоров и теплоизоляционных вкладышей;
- благородного корунда и рубина;
- металлов платиновой группы в виде микровключений самостоятельных минералов в зернах хромшпинелидов.

Месторождения хромовых руд России подразделяются на промышленные типы, приведенные в табл. 1.

1.3.2. Экзогенные (россыпные) месторождения (элювиальные, делювиальные, прибрежно-морские) возникают в результате разрушения при процессах выветривания эндогенных хромитовых рудных тел и залежей. Промышленное значение их ограничено. Примером служат рыхлые и порошковатые руды коры выветривания Кемпирсайских

месторождений, делювиальные россыпи и валунчатые руды Сарановского месторождения, Великой Дайки, морские россыпи Японии, Югославии.

Таблица 1

Промышленные типы эндогенных месторождений хромовых руд

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Содержание Cr ₂ O ₃ в рудах, %	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Стратиформный	Пластово-залежный в расслоенных базит-ультрабазитовых массивах	Хромитовый (высокохромистый)	23–24	Металлургический хромовый (сортировочный, гравитационный)	Сопчеозерское
		Хромитовый (повышенной железистости)	22–24	Химический, огнеупорный хромовый (гравитационно-магнитный, гравитационный)	Аганозерское, Большая Варака, Сарановское
		Хромитовый (повышенной железистости и глиноземистости)	37	Огнеупорный хромовый (гравитационный)	Сарановское
Альпинотипный	Линзо- и жиллообразный в массивах ультрабазитов	Хромитовый (высокохромистый)	28–37	Металлургический хромовый (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Рай-Из (Центральное, Западное, Юго-западное)
		Хромитовый (глиноземистый)	24–31	Огнеупорный хромовый (сортировочный, гравитационный)	Хойлинское

1.3.3. К техногенным месторождениям относятся спецотвалы забалансовых руд, добытых в результате разработки месторождений хромовых руд, хромитсодержащие хвосты, образовавшиеся в процессе обогащения руд, содержание Cr₂O₃ в которых может достигать 30% и выше. Эти месторождения требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденном Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

1.4. По содержанию хромшпинелидов хромовые руды делятся на сплошные (>90%), густовкрапленные (70–90%), средневкрапленные (50–70%), редковкрапленные (30–50%) и убоговкрапленные. Граница естественных групп – богатые и бедные – соответствует содержанию ценного минерала примерно 50–60%. Текстуры руд массивные (преимущественно у сплошных разновидностей) и полосчато-такситовые, пятнистые или, реже, брекчиевидно-такситовые (у вкрапленных руд); своеобразной разновидностью являются нодулярные текстуры.

Промышленная ценность хромовых руд определяется содержаниями Cr₂O₃, нормируемых компонентов – FeO⁺ = FeO + 0,9Fe₂O₃ и SiO₂, отношением Cr₂O₃ к FeO⁺ и содержанием вредных примесей – CaO, серы и фосфора, а также химическим составом хромшпинелида. В рудах часто присутствуют (как попутные ценные компоненты) минералы

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

группы платиноидов, иногда в промышленных концентрациях. Попутными полезными ископаемыми являются дуниты, перидотиты, серпентиниты (огнеупорное сырье) и перидотиты (облицовочный материал). Товарной продукцией хромоворудного сырья являются богатые сплошные и густовкрапленные руды, используемые в сыром виде, и хромитовые концентраты, получаемые при обогащении. Для данного сырья, спецификой которого является переменный состав полезного минерала, определяющий возможность использования его в конкретной отрасли промышленности, выделяются следующие промышленные типы руд:

- металлургический – высокохромистые руды, используемые также и в других отраслях;
- химический – среднехромистые руды повышенной глиноземистости и железистости, могут быть использованы в огнеупорной промышленности;
- огнеупорный – высокоглиноземистые низкохромистые руды.

До последнего времени промышленность использовала лишь богатые руды, не требующие обогащения.

1.5. Богатое сырье хромовых месторождений, после его подготовки по крупности, используется в сыром виде в металлургической и огнеупорной областях промышленности. Бедные руды, интенсивно вовлекаемые в переработку, требуют обогащения для получения товарной продукции.

Современная технология обогащения хромовых руд основана на реализации наиболее эффективного разделительного признака для данного минерального комплекса – плотности. Учитывая такие особенности сырья, как наличие нескольких типов по густоте вкрапленности хромшпинелида и широкий диапазон крупности его зерен, схемы обогащения обычно трехстадиальные с получением кондиционных концентратов различной крупности. Главными на большинстве обогатительных фабрик являются гравитационные методы обогащения (их сочетание) в тяжелых суспензиях, отсадка, винтовая сепарация и разделение на концентрационных столах. На некоторых предприятиях в зависимости от свойств сырья реализованы комбинированные схемы, в которых на первых стадиях используются гравитационные процессы, а на последней мелкозернистой стадии – процессы магнитной сепарации в поле высокой напряженности для доводки продуктов концентрации руды на столах (фабрики Финляндии, Греции и др.) или флотации для извлечения тонкого хромшпинелида (фабрика Радуш, Югославия).

В последние годы интенсивно осваивается в практике обогащения руд процесс сухой сепарации рентгенометрическим методом. Высокая селективность метода и низкие эксплуатационные затраты позволяют эффективно извлекать ценный компонент в концентрат металлургического сорта на стадии крупного дробления руды и удалять отвальную породу.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения хромшпинелидов месторождения хромовых руд соответствуют 2-й и 3-й группам сложности, установленным «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными линзо-, жилообразными и пластовыми залежами протяженностью по простиранию свыше 300 м, с выдержанной мощностью, разобщенные тектоническими нарушениями на отдельные блоки длиной 50 м и более (Миллионное, Алмаз-Жемчужина, XL лет Казахской ССР в Казахстане; Аганозерское, Главное Сарановское, Сопчезерское в России).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и небольшими по размерам линзо-

и жилообразными, иногда гнездовыми и столбообразными залежами протяженностью от десятков метров до 300 м, разбитыми пострудной тектоникой на мелкие блоки (месторождение Центральное массива Рай-Из, Полярный Урал, Сопчеозерское).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих преобладающую часть общих запасов месторождения (не менее 70%).

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные показатели изменчивости основных характеристик оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождения и вещественного состава руд

3.1. Для разведанного месторождения (участка) необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой должен соответствовать его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях хромовых руд обычно составляются в масштабах 1:2 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе 1:1 000. Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и строятся проложения их стволов на планах и разрезах.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах. Геологические и геофизические материалы должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или рудовмещающих гипербазитов должны быть изучены канавами, шурфами, шурфами с рассечками и неглубокими скважинами с применением геофизических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень выветрелости руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и качества руд и провести подсчет запасов первичных и выветрелых (окисленных) руд отдельно, если они представляют собой самостоятельные промышленные (технологические) типы и сорта. Профили горных и буровых работ должны быть ориентированы вкрест простирания рудных

* По району месторождения и рудному полю рекомендуется иметь геологическую карту, карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 (иногда 1:100 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы хромовых руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

тел. Для увязки отдельных сечений и прослеживания изменений морфологии и хромитонности рекомендуется на участках детализации проходка траншей (расчисток) по простиранию рудных тел.

3.4. Разведка месторождений хромовых руд на глубину проводится в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и скважинных), а при небольшой глубине залегания сложных по форме рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками.

Методика разведки – соотношение объемов бурения и горных работ, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов на разведанных месторождениях по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождений с учетом возможностей горных, буровых, геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

Сплошность рудных тел и характер изменчивости их мощностей и содержаний Cr_2O_3 по простиранию и падения должны быть изучены в достаточном объеме по опорным разрезам со сгущением сети скважин и, в случае необходимости, проходкой отдельных горных выработок на участках со сложной морфологией.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимально возможный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, и в первую очередь по густоте вкрапленности хромшпинелида, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна по рудному телу должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения (для рыхлых и сыпучих руд – по рудному пересечению). Достоверность линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами (весовым, объемным).

Величина представительного выхода керна для определения содержаний Cr_2O_3 должна быть подтверждена исследованиями возможности избирательного истирания минеральных компонентов руды. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок (шурфов), скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми рудами, целесообразно использовать специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода материала (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении, и обеспечивать возможность дифференциальной интерпретации результатов измерений с целью последующего использования их для оценки неравномерности оруденения в недрах.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно производить искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки бурением рекомендуется применять многозабойные скважины, а при наличии горных выработок – веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или рудовмещающих гипербазитов на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями.

3.5. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности, внутреннего строения, текстурных особенностей руд; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 2 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений хромовых руд, могут использоваться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.6. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На разведанных месторождениях 2-й группы запасы на таких участках должны быть разведаны по категории В. На разведанных месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на разведанных месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений хромовых руд

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Вид выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м				
			В		С ₁		
			по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	
<i>В бывшем СССР</i>							
2-я	Крупные пласто- и линзообразные залежи с выдержанной мощностью:						
		протяженностью >1000 м	Скважины	60	80	60–80	80–120
		протяженностью >300 м	Скважины	20–30	40–60	40–60	80–120
3-я	Жило- и линзообразные, иногда гнездовые и столбообразные тела небольших размеров, протяженностью от $n \cdot 10$ до 300 м, разбитые пострудной тектоникой на мелкие блоки	Скважины, горные выработки	–	–	20–30	40–60	
<i>На месторождениях России после 1996 г.</i>							
2-я	Аганозерское – Крупный (Главный) хромитовый горизонт, пласты, пологое падение	Скважины	20–60	100–200	20–60	400	
2-я и 3-я	Сопчеозерское – пологие рудные тела и залежи	Скважины	12	25	25–50	50	
3-я	Центральное – крутопадающие жило- и линзообразные тела протяженностью 10–500 м	Скважины	–	–	20–25	20–50	
		Канавы	–	–	–	10–20	
Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С ₂ по сравнению с сетью для категории С ₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.							

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

3.7. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Принятые на месторождении метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологический, геофизический) и способов (керновый, бороздовый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными

Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.8. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- скважины, намечаемые для пересечения рудных тел, следует ориентировать в направлении, близком к максимальной изменчивости оруденения, для чего необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°;
- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел скважинами под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур. В канавах, шурфах, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и содержащие хромшпинелиды породы в зальбандах рудных тел должны опробоваться отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом зерна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания зерна опробованию подвергаются как зерн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и зерновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок являются основой для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), равной 1 м; увеличение интервалов опробования возможно при выдержанности параметров оруденения, а уменьшение – в случае крайней неравномерности его, но должно оставаться кратным 1 м. Методика дифференциальной интерпретации геофизических данных для прогнозирования показателей радиометрической сепарации должна обеспечивать оценку содержания ценного компонента с достаточной точностью при линейных размерах пробы, соответствующих куску крупностью 100–200 мм.

По данным опробования и результатам документирования каменного материала скважин и горных выработок производится количественная оценка распространенности в рудах различных типов по густоте вкрапленности хромшпинелида и количества пустых (некондиционных) прослоев, включаемых в контур подсчета запасов при конкретных параметрах кондиций.

3.9. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует регулярно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из фактического диаметра и выхода зерна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руд). Точность зернового

опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна. При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудного интервала или повторный каротаж рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90%).

Для действующих предприятий достоверность кернового опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и колонковому бурению.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.10. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента **K** и соблюдения схемы обработки. Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.11. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственным стандартом или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на компоненты, лимитированные техническими условиями на товарные руды. Для руд, используемых для производства ферросплавов, огнеупорных изделий и хромовых соединений в рядовых пробах определяют содержания Cr_2O_3 , $\text{FeO}^+ = (\text{FeO} + 0,9 \text{Fe}_2\text{O}_3)$, SiO_2 , P, CaO. Для руд сарановского типа, пригодных только для производства огнеупоров, в рядовых пробах определяются содержания Cr_2O_3 , SiO_2 , CaO и потери при прокаливании.

Групповые пробы отбираются для определения полного химического состава руд и содержащихся в них попутных ценных компонентов, прежде всего платиноидов. Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления (выветрелости) первичных руд и установления границы зоны окисления (выветривания) должны выполняться фазовые анализы.

3.12. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.13. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализов зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний.

3.14. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов по содержаниям Cr_2O_3 . В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.15. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и каждой лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 3. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 3

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Cr_2O_3	40–60	1,2	MgO	20–40	3
	20–40	1,8		10–20	4,5
	10–20	2,5		1–10	9
	5–10	3,0		0,5–1	16
FeO	12–17	4,0	TiO ₂	0,1–0,2	20
	5–12	5,5		0,02–0,1	28
	3,5–5	10		0,01–0,02	35
CaO	1–7	11	Mn	0,2–0,5	10
	0,5–1,0	15		0,1–0,2	13
	0,2–0,5	20		0,05–0,1	20
P_2O_5	0,05–0,1	15	S	0,05–0,1	20
	0,01–0,05	25		0,01–0,05	30
	0,001–0,01	30		0,001–0,01	30
SiO ₂	5–20	5,5			
	1,5–5	11			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.16. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом наличия систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.17. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.18. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСАМ и НСОММИ). При этом наряду с описанием отдельных минералов, их физических свойств (в первую очередь гравитационных и магнитных) и анализом взаимоотношений между ними производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание должно быть уделено изучению хромшпинелидов, ввиду того что даже в пределах одного месторождения они обладают переменным качеством и широким диапазоном крупности зерен. Следует установить типы хромшпинелидов, взаимоотношения их между собой и с другими минералами. Подлежат определению размеры зерен и соотношения различных их классов по крупности, средневзвешенный размер зерен и крупность агрегатов с оценкой частоты их встречаемости. Важно охарактеризовать вариации химического состава хромшпинелидов в зависимости от крупности их зерен и принадлежности к типу руд по густоте вкрапленности, а также выявить средневзвешенный химический состав ценного минерала и изменения его физических свойств. Должны быть изучены текстуры и структуры руд.

В процессе минералогических исследований следует изучить распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составить их баланс по формам минеральных соединений.

3.19. При определении объемной массы и влажности руд и внутрирудных некондиционных прослоев следует руководствоваться «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом с использованием корреляционных зависимостей по представительным выборкам парафинированных образцов и контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.20. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд при опробовании принятыми на месторождении способами и методами устанавливаются их природные (минеральные) разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы и сорта, различающиеся способом переработки или областью применения, требующие селективной добычи.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Исследованиям технологических свойств подвергаются все природные (минеральные) разновидности и предварительно установленные промышленные (технологические) типы и сорта руд.

4.2. Для рационального использования запасов месторождения и создания эффективной технологии обогащения рядовых и бедных руд целесообразно применение системы управления качеством добываемого сырья, основным элементом которой является крупнопорционная радиометрическая сортировка в транспортных емкостях. Анализ ее возможностей на хромовых рудах – удаление отвальной породы (внешнее и внутреннее разубоживание), выделение богатой товарной продукции и руды для обогащения – осуществляется в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. В результате исследований должна быть оценена контрастность руд по содержанию Cr_2O_3 в естественном залегании для порций различного объема на основе данных опробования (геологического и каротажа) и рассчитаны ожидаемые показатели разделения. Определение технологических показателей и оценка эффективности решаемых задач сортировки, установления физического метода разделения (нейтронно-активационный или рентгенорадиометрический), определения вещественного состава продуктов сортировки, направляемых на обогащение, уточнение оптимального объема сортируемой порции и анализ влияния перемешивания руды при добыче проводятся на крупных полупромышленных пробах или при опытной отработке участков, исходя из намечаемой технологии ведения горных работ.

При положительных результатах применения технологии радиометрической сортировки необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки руд.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии со стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.3. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды в тяжелых суспензиях, с использованием крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200+20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы.

Дальнейшие испытания способов переработки руд традиционными методами глубокого обогащения (гравитация, магнитная сепарация, флотация) проводятся с учетом технологических возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему радиометрической сепарации или обогащения в тяжелых суспензиях в соответствии со СТО РосГео «Твердые негорючие полезные ископаемые. Технологические

методы исследования минерального сырья»: 08-008–98 (Магнитное обогащение), 08-007–98 (Гравитационные методы обогащения) и 08-006(Флотационные методы обогащения), утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Российского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.4. Технологические свойства руд, требующих обогащения, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки руд с аналогичными свойствами допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

4.5. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные (минеральные) разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний в соответствии со СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6) проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с окончательным выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах изучаются технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд, требующих обогащения, в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

4.6. Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности по содержанию ценного компонента, типам по густоте вкрапленности хромшпинелида, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.7. Технологические параметры не нуждающихся в обогащении товарных руд, которые получены непосредственно при добыче или после крупнопорционной радиометрической сортировки, и соответствие их требованиям потребителя определяются на основе изучения их полного химического, минерального и гранулометрического состава и

анализа содержаний Cr_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , фосфора, серы, посторонних примесей (глина, пустая порода, щепа), потерь при прокаливании для каждого класса крупности.

4.8. Базовой для изучения обогатимости средних и бедных по качеству руд (20–40% Cr_2O_3) является технологическая схема многостадийного извлечения ценного компонента по мере его раскрытия, основу которой составляют гравитационные процессы. На первой стадии после крупного дробления сырья из разных классов извлекается кусковой концентрат сплошных и густовкрапленных руд и удаляются отвальные хвосты. Пределы крупности материала обусловлены применяемыми процессами обогащения в тяжелых суспензиях (–100+10 мм) или радиометрической сепарации (–200+15 мм). Второй технологической операцией является отсадка при крупности материала –15(10)+1(0,5) мм. Она предназначена для извлечения богатых по густоте вкрапленности разностей руды из отсева, который не подвергался обогащению на первой стадии, и доизвлечения аналогичных компонентов сырья из дробленого промпродукта кусковой сепарации. Заключительная стадия переработки сырья осуществляется на измельченном до оптимальной крупности раскрытия хромшпинелида промпродукте предыдущей стадии с получением наиболее богатого концентрата. На этом этапе целесообразно применение концентрации материала на столах или в сочетании с винтовыми сепараторами. Данная технологическая схема в зависимости от комплекса природных свойств исходного сырья модифицируется только по составу стадий обогатительного передела.

Эффективным методом обогащения мелкозернистых классов руды и доводки промпродукта концентрации на столах является магнитная сепарация в сильных полях (до 800 кА/м), а для тонких классов – высокоградиентная магнитная сепарация.

Для обогащения хромовых руд возможно применение флотационной технологии, использование которой наиболее целесообразно только при извлечении хромшпинелида из тонких классов, где гравитационные процессы недостаточно эффективны, т. е. из промпродуктов и хвостов. В зависимости от основы породного комплекса (оливин или серпентин) реализуются различные схемы флотации: жирнокислотными собирателями, катионная флотация и др.

4.9. Перспективными направлениями усовершенствования технологии обогащения руд являются:

- широкое освоение процесса радиометрической сепарации, а для некоторых типов руд – крупнокусковая отсадка;
- магнитная сепарация с высокоинтенсивным магнитным полем мелкокускового материала (–10 мм) на электромагнитных роторных сепараторах;
- подготовка руды в измельчительном цикле (например, избирательное диспергирование) для снижения шламообразования хромшпинелида.

Методы химического обогащения хромовых руд находятся в стадии отработки – технология кислотная, обжиг-карбонизационная (с получением белой магнезии высокого качества), автоклавно-щелочная в сочетании с обработкой кека 5%-ной соляной кислотой.

При алюмотермическом производстве малокремнистого феррохрома для снижения содержания в сырье кремнезема и фосфора разработана технология химического обогащения концентратов гравитации при помощи двойной их обработки вначале серной или соляной кислотой, а затем едким натром, позволяющая снизить количество вредных компонентов соответственно до 0,3–0,45 и 0,002%.

Повышение качества богатых руд или концентратов, например для производства металлического хрома, возможно за счет удаления железа. Технология основана на методе селективного хлорирования сырья при температуре 800–900 °С с добавкой в шихту каменного угля (восстановитель) и обеспечивает получение продукта с содержанием железа менее 0,2%.

В хромовых рудах иногда содержится некоторое количество вредного при производстве феррохрома углерода в виде карбонатов или органических веществ.

Прокаливанием руд или концентратов при температуре 800–1000 °С количество углерода снижается до 0,01–0,03%.

Перспективным процессом окускования мелкозернистых концентратов является операция брикетирования.

4.10. В результате проведенных исследований должна быть установлена целесообразность применения процесса крупнопорционной радиометрической сортировки, определен минеральный и химический состав исходной руды и всех конечных продуктов каждой стадии обогащения, представлены сведения по дробимости и измельчаемости руд, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения, данные о гранулометрическом составе руды после крупного и мелкого дробления, тонкого измельчения (питание стадий глубокого обогащения), о крупности товарных и отвальных продуктов, разработаны технологическая схема всего цикла обогащения, параметры обогатительных процессов (в том числе реагентный режим флотации), схема цепи аппаратов и качественно-количественная схема переработки с пооперационными показателями, приведены сквозные технологические показатели обогащения – выход продуктов, содержание и извлечение в них Cr_2O_3 и попутных компонентов, коэффициент обогащения. Качество продуктов обогащения должно соответствовать требованиям заказчика или существующим стандартам и техническим условиям.

4.11. К товарным хромовым рудам и продуктам их обогащения в различных отраслях промышленности предъявляются дифференцированные требования как по химическому составу, количеству посторонних примесей, так и по крупности материала.

В металлургии для производства ферросплавов требуются руды в крупнокусковом виде наиболее высокого качества с содержанием Cr_2O_3 более 45% при отношении Cr_2O_3 к FeO^+ не менее 2,5 и ограниченном количестве SiO_2 , фосфора и серы. Опыт Финляндии, ЮАР и Бразилии показывает, что для легирования сталей возможно применение высокоуглеродистого феррохрома и чардж-хрома, для производства которых пригодны низкосортные хромовые руды и концентраты с содержанием Cr_2O_3 около 40% при отношении Cr_2O_3 к FeO^+ 1,6–2,0. Для производства легированных чугунов в доменных печах применяются руды с содержанием Cr_2O_3 35–40%.

Требования к сырью в огнеупорной промышленности зависят от номенклатуры выпускаемой продукции. Используются хромовые руды и концентраты различной крупности с содержанием Cr_2O_3 не менее 32% с ограничением количества SiO_2 , FeO^+ и CaO . Для особо ответственных огнеупоров производят низкокремнистые концентраты (до 3% SiO_2) и содержанием оксида хрома не менее 50–52%.

Химическая промышленность потребляет руды и концентраты с содержанием Cr_2O_3 не менее 45%, любого физического состояния, но предпочтительнее порошковые, рыхлые и мелкие (до 10 мм).

Качество товарных хромовых руд и концентратов, подготовленных до требуемой крупности (дробление, агломерация, брикетирование и др.) в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и потребителем.

При проведении ГРП можно ориентироваться на технические условия, предъявляемые к качеству товарной продукции Донского ГОКа (Кемпирсайское месторождение) и Сарановского месторождения, приведенные в табл. 4–11.

В зарубежных странах требования к хромовым рудам и концентратам заключаются в следующем:

- металлургический сорт – содержание Cr_2O_3 более 48%; SiO_2 менее 3% и $\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3$ менее 25%; отношение хрома к железу более 2,8; предпочтительны твердые и кусковые руды;
- огнеупорный сорт – содержание Cr_2O_3 около 31%, SiO_2 менее 6%, железа не более 12% и Al_2O_3 не более 25%; предпочтительны твердые и кусковые руды;
- химический сорт – содержание Cr_2O_3 около 45%, SiO_2 менее 5% и Al_2O_3 не более 25%; отношение хрома к железу 1,6; предпочтительны рыхлые руды.

Таблица 4

**ТУ 14-9-102–76. Руда хромовая Донского ГОКа
(для производства огнеупорных изделий)**

Показатели качества	Норма (в%) для марок руды		
	ДХ-2-0	ДХ-2-1	ДХ-2-2
Содержание Cr ₂ O ₃ , не менее	52,0	50,0	45,0
SiO ₂ , не более	6,5	8,0	8,0
FeO, не более	14,0	14,0	14,0
CaO, не более	1,0	1,0	1,3

Примечание. По гранулометрическому составу руды хромовые должны поставляться: 1-й класс (мелкая) 0–10 мм, 2-й класс (крупная) 10–300 мм, 3-й класс (рядовая) 0–300 мм. Содержание мелочи (0–10 мм) в кусковой руде 2-го класса (10–300 мм) допускается не более 30%.

Таблица 5

ТУ 14-9-220–81. Руда хромовая Донского ГОКа (для производства ферросплавов)

Показатели качества	Норма для марок руды	
	ДХ-1-1	ДХ-1-2
Содержание Cr ₂ O ₃ , не менее, %	50,0	47,0
Содержание SiO ₂ , не более, %	7,0	9,0
Отношение содержаний Cr ₂ O ₃ к FeO, не менее	3,5	3,0
Содержание P, не более, %	0,005	0,005
Содержание S, не более, % (для классов крупности 2–6)	0,05	0,05

Таблица 6

Гранулометрический состав руд (для производства феррохрома)

Класс крупности	Размер кусков, мм	Содержание класса в партии, не более, %	
		надрешетного	подрешетного
1	0–10	10	–
2	10–80	15	30
3	80–300	10	30
4	0–300	10	–
5	10–20	10	20
6	20–80	10	30

Таблица 7

**ТУ 14-9-219–81. Руда хромовая Донского ГОКа
(для производства хромовых соединений)**

Показатели качества	Норма (в%) для марок руды
	ДХ-3
Содержание Cr ₂ O ₃ , среднее	49,0
SiO ₂ , среднее	8,0
FeO, не более	14,5
влаги, не более	5,0

Примечание. По гранулометрическому составу руды хромовые должны поставляться крупностью 0–10 мм. По согласованию с потребителем допускается поставка рядовой руды крупностью 0–300 мм.

Таблица 8

**ТУ 14-9-149–78. Руда хромовая валунчатая Сарановского месторождения
(для литейного производства)**

Показатели качества	Норма
Содержание Cr ₂ O ₃ , не менее, %	36,0
CaO, не более, %	0,4
посторонних примесей (глина, порода, щепа и т.п.), не более, %	5,0
Потери при прокаливании, не более, %	2,0
Крупность руды, мм	40–350

Таблица 9

**ТУ 14-9-148–78. Руда хромовая Сарановского месторождения
(для производства хроммагнетитовых изделий)**

Показатели качества	Норма
Содержание Cr ₂ O ₃ , % (допустимое отклонение по содержанию оксида хрома ±2%)	36,0
SiO ₂ , не более, %	8,5
CaO, не более, %	2,0
класса 10–350 мм, не менее, %	90,0
класса 0–10 мм, не более, %	10,0

Примечания:
1. Верхний предел по содержанию окиси хрома не ограничен.
2. Руда не должна содержать посторонних примесей глины, кусков кальцита крупнее 15 мм, щепы и других древесных включений.

Таблица 10

**ТУ 14-9-250–83. Состав хромитовых концентратов
(для производства ферросплавов и огнеупорных изделий)**

Показатели качества	Норма для марок руды		
	КХД-1	КХД-2	КХД-3
Содержание Cr ₂ O ₃ не менее, %:	48,0	50,0	50,0
SiO ₂ , не более, %	8,0	7,0	7,0
CaO, не более, %	0,8	0,8	0,8
S, не более, %	0,05	0,08	0,08
P, не более, %	0,005	0,005	0,005
Отношение Cr ₂ O ₃ к FeO	3,5	3,5	3,6
Крупность, мм	100–10	10–3	3–0
Содержание классов, не более, %:			
–0,5 мм	–	–	70
–3 мм	–	15	–
–10 мм	15	–	–

Таблица 11

Хромитовый концентрат для высокоогнеупорных изделий

Показатели качества	Норма
Содержание Cr ₂ O ₃ , не менее, %:	57,0
SiO ₂ , не более, %	3,0
CaO, не более, %	1,0
Крупность, мм	0,5–0

4.13. Для попутных компонентов (в частности, платиноидов) в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы их нахождения и рассчитать баланс распределения по продуктам обогащения, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность извлечения.

Полнота и достоверность комплекса полученных данных должна обеспечивать возможность проведения объективного технико-экономического обоснования эффективности предлагаемых решений по технологии переработки руд и разработки технологического регламента.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- оценить возможность водопритоков по тектоническим нарушениям; наличие или отсутствие связи трещинно-грунтовых и трещинно-жильных вод по нарушениям с грунтовыми водами четвертичных отложений;
- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; при наличии рудника определить состав рудничных вод;
- оценить возможность использования этих вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г. Аprobация отчётов с подсчётом эксплуатационных запасов дренажных вод производится в ГКЗ РФ отдельно от отчёта по разведке месторождения основного полезного ископаемого.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проекту рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, определения устойчивости подземных выработок и их крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений,

определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

Учитывая структурно-тектонические особенности хромитовых месторождений, особое внимание следует уделить ведущим инженерно-геологическим факторам, определяющим условия эксплуатации:

- при изучении тектонических нарушений и зон трещиноватости, приуроченных к прочным, хрупким, высокомодульным ультраосновным породам, необходимо оценить мощность, степень и характер заполнителя нарушений, особенно их водопроницаемость, как по площади, так и по глубине; также необходимо оконтурить участки повышенной трещиноватости, оперяющей как к нарушениям, так и к контакту с рудными телами, и выделить структурные блоки в массиве, которые будут являться основой при инженерно-геологическом районировании массива;
- при изучении физико-механических свойств пород и руд в естественном и водонасыщенном состоянии особое внимание следует уделить влиянию вторичных изменений, снижающих прочностные свойства, и трещиноватости, как природной, так и техногенной (буровзрывной) разноориентированной, а также свойствам заполнителя нарушений, свойствам современных и древних кор выветривания, определить свойства руд со сплошным, вкрапленным и прожилковым оруденением.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Месторождения хромовых руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (штольни, шахты) способами. Рыхлые и мелковалунчатые руды могут обрабатываться способом скважинной гидродобычи (СГД). Диаметр добычных скважин (320–420 мм) должен в 3 раза превышать размер валунов (обломков) руды. Опытные работы и технико-экономические расчеты показали, что способ СГД имеет преимущество перед открытым и подземными способами, начиная с глубины 25 м и больше.

Перспективным способом управления качеством добываемой руды, который способствует оптимальной реализации системы обработки, является экспресс-анализ на рудоконтролирующих станциях (РКС) отбитой горнорудной массы в транспортных емкостях (автосамосвалах, ковшах погрузо-доставочных машин или в скипах, вагонетках и др.) с крупнопорционной сортировкой на кондиционную руду и отвальную породу.

5.4. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействий намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и

вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Должна быть определена технология хранения хвостов производства с учетом их воздействия на экологию, изучена возможность использования оборотных вод, оценены направления использования отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме обогащения хромовых руд (например, в качестве магнезиальных огнеупоров), даны рекомендации по очистке промстоков и объему потребления технической воды.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмококкиозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений хромовых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;

- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений хромовых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. Промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. При невозможности геометризации и оконтуривания промышленных (технологических) типов руд количество и качество их в подсчетном блоке определяется статистически.

Контур запасов категории С₁, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержания Cr₂O₃.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится

их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.6. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными условиями.

6.7. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь разведанных и подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.8. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, линейных содержаний) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должно быть достаточным для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.9. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.10. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.11. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** хромовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения,

особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов,

технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p),

показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($V\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.492

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям алюминиевых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 40 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений алюминиевых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче алюминиевых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям алюминиевых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 11 января 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям алюминиевых руд

1. Общие сведения

1.1. Алюминий – один из важнейших металлов современной индустрии. По масштабам производства и потребления он занимает второе место после железа и первое среди цветных металлов, что связано с его универсальными свойствами: малой плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$), высокой электропроводностью, пластичностью, механической прочностью, устойчивостью против коррозии – обусловившими его широкое применение во всех областях техники. Широко применяется в авиационной и автомобильной промышленности, в строительстве и машиностроении, электропромышленности, производстве тары. Наиболее перспективными отраслями-потребителями являются автомобилестроение, строительство и упаковка (фольга, банки). В структуре потребления неуклонно растет вес производства упаковочных материалов и потребительских товаров длительного пользования. Возросло применение алюминия в порошкообразном виде для восстановления металлов и неметаллов из кислородных соединений, чистый алюминий нашел широкое применение в электролитических конденсаторах из фольги, в криоэлектронике и производстве полупроводников.

1.2. Алюминий – наиболее характерный литофильный породообразующий элемент Земли (кларк его составляет 8,0%, по А. П. Виноградову). Содержание алюминия в горных породах изменяется от 0,45% (в ультрабазитах) до 10,45% (в глинах и сланцах). Главные алюминийсодержащие минералы приведены в табл. 1

1.3. Главным сырьем для алюминиевой промышленности являются бокситы; однако ограниченность запасов высококачественных бокситов в отдельных странах привела к необходимости использования для получения алюминия также других видов сырья (апатит-нефелиновых, нефелиновых, алунитовых руд).

Боксит – руда, состоящая в основном из гидроксидов алюминия (гиббсит, бёмит, диаспор), а также оксидов и гидроксидов железа и глинистых минералов, в которой отношение содержания оксида алюминия к содержанию оксида кремния (кремниевый

модуль) не менее 2. Сопутствующие бокситам породы с кремниевым модулем менее 0,85 называют сиаллитами, а с модулем 0,85–2,0 – аллитами.

Таблица 1

Главные алюминийсодержащие минералы

Минерал	Химическая формула	Содержание глинозема, %
Гиббсит	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	65,40
Бёмит	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	84,97
Диаспор	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	84,97
Каолинит	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	39,5
Корунд	Al_2O_3	100
Нефелин	$(Na_x, K_y)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	32,0–35,0
Алунит	$(Na_x, K_y)_2 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$	37,0
Лейцит	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$	22,0–24,0
Кианит	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	63,0
Андалузит	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	63,0
Силлиманит	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	63,0

В зависимости от минерального состава выделяют два основных типа боксита – моногидратный (бёмитовый и диаспоровый) и тригидратный (гиббситовый).

Оксид кремния является основной вредной примесью, присутствует в бокситах как в форме свободного кварца, так и в составе минералов глин – каолинита, галлуазита, накрита, диккита, хлорита (преимущественно шамозита), гидрослюд.

Из минералов железа в бокситах присутствуют гематит, гётит, гидрогематит, гидрогётит, лепидокрокит, маггемит, магнетит. Они неравномерно пропитывают основную массу боксита и в смеси с высокодисперсными минералами свободного глинозема слагают участки колломорфной структуры. В составе бокситов часто встречается сидерит. В качестве второстепенных примесей отмечены фосфаты, цеолиты, алуниты; из аксессуарных минералов – рутил, циркон, сфен, эпидот, турмалин, ильменит, роговая обманка, гранат и др. Кроме основных химических элементов в бокситах присутствуют в рассеянном состоянии – галлий, ванадий, скандий, уран и др.

Минеральная форма основного компонента влияет на выбор режима технологической переработки боксита, ибо минералы глинозема обладают различной вскрываемостью, т. е. реакционной способностью по отношению к растворам щелочи. При выделении типов руд на отдельных месторождениях необходимо учитывать не только минералогическую, но и литологическую характеристику бокситов. Подразделение бокситов на литологические разновидности (каменистые, рыхлые, глинистые и др.) имеет существенное значение, так как во многих случаях в прямой связи с ними находятся технологические и физико-механические свойства. Как правило, каменистые бокситы имеют более высокий кремниевый модуль по сравнению с глинистыми разновидностями.

1.4. Бокситы следует рассматривать как комплексное сырье, в котором наряду с алюминием практический интерес в настоящий момент представляют ванадий и галлий. При переработке бокситов по методу Байера эти металлы в значительной мере переходят в алюминатные растворы. Схемы извлечения ванадия и галлия из растворов освоены в промышленном масштабе. Использование других полезных компонентов этих руд – железа, титана, скандия, хрома – промышленностью не освоено, и пока практического интереса они не представляют.

1.5. Основные промышленные типы месторождений алюминия приведены в табл. 2.

Латеритные месторождения составляют подавляющую часть мировых запасов бокситов. Их образование связано с глубоким химическим выветриванием алюмосиликатных пород разного состава и возраста в условиях влажного или переменного-влажного тропического климата. Большая часть месторождений располагается на древних платформах в пределах щитов и антеклиз – на территории Африки, Индии, Южной Америки. Бокситовые залежи плащеобразные, как правило, не дислоцированы, обладают крупными запасами, характеризуются высоким качеством бокситов и благоприятными условиями разработки.

Бокситы месторождений образуют покровы мощностью 5–10 м на вершинах плоских платообразных возвышенностей (бовалей).

Таблица 2

Промышленные типы месторождений алюминия и основные типы руд

Промышленный тип месторождений	Рудоносная формация	Минеральный тип руд	Среднее содержание Al_2O_3 , (SiO_2) , %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Бокситовый латеритный	Линейных и площадных латеритных кор выветривания по магматическим, метаморфическим и осадочным породам	Гётит-шамозит-бёмитовый	49 (8)	Ga	Металлургический (пиро- и гидрометаллургический)	Висловское, Мелихово-Щебекинское, Верхне-Щугорское (Россия)
	Площадных латеритных кор выветривания (покровов) по магматическим, метаморфическим и осадочным породам	Гиббситовый	46–54 (1–5)	–	То же	Боке, Фриа (Гвинея), Тромбетас (Бразилия), Джарела (Индия)
Бокситовый полигенный	Элювиальных и перемещенных покровов и линзовидных залежей в терригенных и карбонатных породах	Гётит-шамозит-бёмитовый	46–51 (5–9)	Ga, V	«	Вежаю-Ворыквинское (Россия)
	Элювиальных и перемещенных покровов по терригенным породам	Гиббситовый	53–59 (3–10)		«	Уэйпа и др. (Австралия)
Бокситовый осадочный терригенных толщ	Бокситоносная терригенная (линзовидные и пластообразные залежи, выполняющие крупные котловины в терригенных породах)	Каолинит-гиббсит-бёмитовый	45–53 (15–18)	Ga, V	Металлургический (магнитно-флотационно-пиро- и гидрометаллургический)	Иксинское, Плесецкое, (Россия)
	Бокситоносная терригенная (линзовидные залежи, выполняющие мелкие и средние котловины в карбонатных и терригенных породах)	Каолинит-гиббситовый	40–43 (4–8)	Ga, V	То же	Татарское, Верхотуровское, Центральное (Россия)
Бокситовый осадочный карбонатных толщ	Бокситоносная терригенно-карбонатная (линзовидные и пластообразные залежи, выполняющие карстовые депрессии в карбонатных породах)	Бёмит-диаспоровый, гиббситовый	50–54 (2–11)	Ga	Металлургический (пиро- и гидрометаллургический)	Кальинское, Черемуховское (Россия), Манчестер, Сент-Элизабет (Ямайка), Халимба (Венгрия)
Нефелиновый	Щелочных габброидов (штоковые и дайковые тела)	Нефелиновый	22,5	–	Металлургический (магнитно-флотационно-пиро- и гидрометаллургический)	Кия-Шалтырское (Россия)
Нефелиновый	Центральных интрузий апатитовых нефелиновых сиенитов (пластообразные тела)	Апатит-нефелиновый	13,6	Апатит, сфен, Ga, Rb, Cs	То же	Расвумчорское, Кукисвумчорское, Юкспорское (Россия)

Промышленный тип месторождений	Рудоносная формация	Минеральный тип руд	Среднее содержание Al_2O_3 , (SiO_2) , %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
	Щелочных габброидов (штоковые и дайковые тела)	Нефелиновый	18–24	–	«	Горячегорское (Россия)
Алунитовый	Пластообразный, жильный в туфах и вторичных кварцитах	Алунитовый	20–25	V, H_2SO_4 , квасцы	Металлургический алюминиевый (пиро- и гидрометаллургический)	Фан-Шань, Тайху (Китай), Загликское (Азербайджан), Босагеинское (Казахстан)

На территории России к этому типу отнесено Висловское месторождение раннекаменноугольного возраста, главным рудообразующим минералом на котором является бёмит.

Полигенные месторождения характеризуются генетически разнородными залежами и являются переходными между латеритными и осадочными месторождениями терригенных толщ. Для них характерны крупные и средние по размерам линзообразные рудные залежи, образованные латеритными (структурными), а также осадочными (переотложенными) бокситами. Выполняют они обычно присклоновые депрессии различного генезиса, размера и морфологии. Наиболее крупными из них являются покровные залежи. Типичными объектами этого типа являются неогеновые покровы гиббситовых бокситов северо-восточной Австралии. В бокситовой толще выделяют два или три горизонта, сложенные пизолитовыми (бобовыми), трубчатыми (табулярными), кавернозными и желваковыми бокситами, сцементированными более рыхлой массой такого же химического и минерального состава. Качество руд весьма высокое, но в целом несколько ниже, чем у бовальных латеритов.

На территории России к месторождениям этого типа отнесено Вежаю-Ворыквинское месторождение позднедевонского возраста, главным рудообразующим минералом на котором является бёмит.

Осадочные месторождения терригенных толщ располагаются главным образом на Русской, Китайской и Северо-Американской платформах. Бокситовые месторождения часто связаны с угленосными толщами, однако бокситообразование и угленакопление несколько разобщены во времени и пространстве.

Типичными представителями долинного (овражно-балочного) типа являются месторождения Тихвинского бокситоносного района с характерными узкими линейно вытянутыми линзообразными залежами небольших размеров. Бокситовые залежи пластообразного типа имеют пластообразную форму с неправильными извилистыми контурами в плане, часто невыдержанную мощность, обычно бёмитовый, гиббситовый или бёмит-гиббситовый состав бокситов. Особенность месторождений карстового типа – наличие большого числа мелких залежей, располагающихся в карстовых полостях. Размещение залежей определяется особенностями геологического строения карбонатных пород дорудного фундамента; их форма и размеры зависят от особенностей вмещающих депрессий. Рудные тела часто имеют большие мощности (до 150 м), но незначительные размеры, небольшие запасы и сравнительно низкое качество бокситов. Бокситоносные толщи помимо бокситов обычно содержат значительные объемы высокосортных огнеупорных глин. Внутреннее строение их сложное, обязанное переслаиванию глинистых пород и кондиционных бокситов. Химический и литологический состав бокситов не выдержан, среди мезокайнозойских объектов преобладают гиббситовые разности, палеозойские чаще имеют бёмитовый состав.

На территории России к этому типу отнесены Иксинское и Тимшерско-Пузлинское месторождения раннекаменноугольного возраста, главным рудообразующим минералом на которых является бёмит, и Центральное, Верхотуровское, Суховское, Еденисское

месторождения мел-палеогенового возраста, главным рудообразующим минералом на которых является гиббсит.

Осадочные месторождения карбонатных толщ характерны для герцинских и альпийских складчатых областей. Формирование дорудной закарстованной поверхности и накопление бокситов происходило обычно на рифогенных мелководных известняках. К карсто-пластообразному типу отнесены месторождения с пласто- и линзообразной формой залежей. Кровля залежей обычно ровная или слабо волнистая, подошва неровная. Характерны очень крупные и средние по размерам залежи протяженностью от сотен метров до первых километров, мощностью от 5–7 до 10–12 м. Качество бокситов высокое и достаточно выдержанное, преобладают моногидратные диаспоровые, диаспор-бёмитовые и бёмитовые разновидности. Формирование месторождений карсто-покровного типа характерно для карстовых областей с преобладающим развитием обширных и сложных по форме карстовых котловин, определяющих форму и размеры бокситовых залежей. Качество бокситов весьма выдержанное как в плане, так и в разрезе. Типичными карсто-покровными являются месторождения о. Ямайка. Месторождения карсто-линзообразного типа отличаются от карсто-пластообразных меньшими размерами. Качество бокситов высокое. Месторождения этого типа имеют большое практическое значение в странах Средиземноморья. Карсто-воронковый тип месторождений отличается большим числом мелких залежей карманообразной, гнездообразной, воронкообразной формы. Геологическая позиция, условия залегания и качество руд описываемых месторождений аналогичны месторождениям карсто-линзообразного типа, между ними нередко взаимопереходы.

На территории России к месторождениям этого типа отнесены Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское месторождения позднедевонского возраста, главным рудообразующим минералом на которых является диаспор.

Нефелиновые руды после бокситов являются вторым по промышленному значению источником глинозема, но в значительных количествах они используются лишь в России. Промышленная ценность нефелиновых пород определяется содержанием минерала нефелина. Состав нефелина: Al_2O_3 29–35%; SiO_2 43–48%; R_2O 17–20%; Na_2O может на 10–20% замещаться K_2O . В качестве примесей вероятно присутствие CaO , Ga_2O_5 , V_2O_5 , Fe_2O_3 .

Нефелинсодержащие породы образуют разных размеров штоки, дайки, а иногда и лакколиты в составе щелочных комплексов, связанных как с ультраосновной и основной, так и с кислой магмой. Преимущественными областями развития щелочных пород являются платформы и области завершённой складчатости.

Наиболее богаты нефелином уртиты (Кия-Шалтырское месторождение) – породы, состоящие на 75–85% из нефелина и на 10–15% из пироксена. Эти руды могут перерабатываться без предварительного обогащения. Щелочные габброидные породы – ийолиты, тералиты (Горячегорское месторождение), содержащие до 50% темноцветных минералов и 30–50% нефелина и полевых шпатов, могут быть обогащены с получением нефелинового концентрата. В Мурманской области сосредоточены огромные запасы и ресурсы апатит-нефелиновых руд, хвосты переработки которых являются высококачественным комплексным глиноземным сырьем.

Оценка нефелиновых пород как комплексного сырья должна производиться с учетом главным образом двух показателей – щелочного модуля (молекулярное отношение K_2O+N_2O/Al_2O_3) и молекулярного отношения SiO_2/Al_2O_3 . Наиболее рентабельной является переработка нефелиновых пород с щелочным модулем, близким к единице, и молекулярным отношением SiO_2/Al_2O_3 не более 3,3–3,4.

Промышленные месторождения алунитовых руд связаны с молодым вулканизмом и расположены в пределах подвижных зон земной коры – тихоокеанское побережье Азии с островными дугами, Австралии, Северной и Южной Америки; зона альпийского тектогенеза Евразии и северной Африки. Алунит, относящийся к группе основных двойных сульфатов алюминия и щелочных металлов, содержит 37% Al_2O_3 , 38,6% SO_3 и 11,4% щелочей, поэтому

алунитовые руды используются как комплексное сырье для получения глинозема, калийных удобрений и серной кислоты.

Алунитовая минерализация проявляется в разнообразных геологических условиях – в вулканогенных областях, в зонах вторичных кварцитов, в угленосных толщах, в зонах окисления сульфидных месторождений.

Образование алунитов связано с воздействием сернистых газов и растворов, обогащенных серной кислотой, на вмещающие породы. В силу этих причин среди крупных месторождений встречаются как жильные скопления, так и пластообразные тела, образовавшиеся метасоматическим путем.

Крупнейшими в мире являются месторождения Фан-Шань и Тайху в Юго-Восточном Китае, а наиболее значительными месторождения в бывшем СССР – Загликское, Гушсайское, Беганьковское, Пекинское.

1.6. Все возрастающий спрос на алюминий и его сплавы вызывает необходимость вовлечения в сферу глиноземного производства новых видов сырья. К настоящему времени в мировой практике существует ряд примеров использования в экспериментальных условиях для производства алюминия глин с повышенным содержанием глинозема (США), лейцитовых (Италия) и андалузитовых (Швеция) пород, лабрадоритов (Норвегия), алунитов и алюмосланцев (Япония), угольной золы в сочетании с высокоглиноземистыми глинами (ФРГ). Стоимость глинозема во всех этих случаях в 4–5 раз превышает стоимость глинозема из высокосортных бокситов.

В России месторождения **каолинов** $\{Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}]\}$, содержащих до 40% Al_2O_3 , распространены широко. Пока они не используются для переработки на глинозем.

Наряду с каолинами и высокоглиноземистыми глинами потенциальным и более перспективным сырьем на глинозем и соду представляется **давсонит** $[NaAlCO_3(OH)_2]$, который образует крупные скопления в ассоциации с эвапоритовыми озерными отложениями.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и качества полезного ископаемого месторождения бокситов (участки крупных месторождений для отработки самостоятельными предприятиями) соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся бокситовые месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными (площадью от 0,5 км² до нескольких десятков квадратных километров) пластообразными залежами с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием, с выдержанными мощностью (от 2 до 10–15м) и качеством бокситов (Иксинское месторождение). К этой группе отнесено и Загликское алунитовое месторождение с пластообразной формой залежей простого строения.

Ко **2-й группе** относятся бокситовые месторождения (участки) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам рудными телами, представленными линзовидно-пластообразными и линзообразными залежами со сложными контурами (площадью от 0,3 до 1,5 км²) и изменчивой мощностью (от 1,5 до 32 м, в среднем – 4–7 м), но относительно выдержанным качеством бокситов (Висловское, Вежаю-Ворыквинское) и крупными (площадью от 0,5 км² до первых квадратных километров) карсто-пластообразными залежами с выровненной кровлей и неровной подошвой, с изменчивой мощностью (от 1 до 30 м, в среднем – 4–6 м) (Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское) а также со средними по размерам карсто-котловинными залежами сложного строения, изменчивой мощности и невыдержанным качеством бокситов (Краснооктябрьское, Амангельдинская группа).

Ко 2-й группе отнесены нефелиновые Кия-Шалтырское и Горячегорское месторождения с крупными и средними по размерам штокообразными телами изометричной и удлиненной формы, с выдержанными параметрами.

К 3-й группе относятся бокситовые месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими рудными телами (площадью от 0,2 до 1 км²), с линзообразными, карманообразными и гнездообразными залежами с резко меняющимися мощностью (от 0,5 до 8–10 м) и качеством бокситов (Барзасское, Мугайское, Чадобецкое, Белинское, Аятское, Татарская группа, Ибджибдек).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные показатели изменчивости основных характеристик оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях алюминиевых руд обычно составляются в масштабах 1:2 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (скважины, шурфы, шахты), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных залежей должны быть инструментально привязаны. На обрабатываемых месторождениях контуры карьеров и подземные горные выработки наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:1 000, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на планах и разрезах.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть изучено детально и отображено на геологической карте масштаба 1:2 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и характере выклинивания рудных тел, взаимоотношениях их с литолого-петрографическими комплексами пород, складчатыми структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. На месторождениях бокситов эти материалы должны отражать также размещение и состав продуктов кор выветривания, литологических разновидностей бокситов, особенности строения кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощностей и марочного состава бокситов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории Р₁*.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и продуктов кор выветривания должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с

* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур, рудовмещающих литолого-фациальных комплексов пород и продуктов кор выветривания, месторождений алюминия и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы алюминиевых руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

применением геофизических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить закономерности распределения природных разновидностей руд, продуктов кор выветривания, особенности строения кровли и подошвы залежей бокситов и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений алюминиевых руд на глубину проводится в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и в скважинах), а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с поверхностными горными выработками. Конструкция колонковых скважин и технологический режим бурения по бокситам должны быть подчинены основной задаче – максимальному получению керна и исключению возможности загрязнения его вмещающими породами или буровыми растворами. При разведке крутопадающих пластообразных и линзообразных залежей нефелиновых и алунитовых руд глубина, угол наклона и расстояние между скважинами должны обеспечить получение перекрытого разреза.

Методика разведки – виды и объемы геофизических исследований, их назначение и соотношение с буровыми и горными работами, плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

При разведке бокситов бурение по рудной зоне следует проводить укороченными рейсами, с применением промывочных жидкостей, исключающих загрязнение керна. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми рудами, необходимо применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода материала (бурение без промывки, укороченными рейсами, двойными колонковыми снарядами и т. п.).

Величина представительного выхода керна для определения качества руд и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности неравномерного истирания рыхлых руд или некондиционных прослоев. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования по интервалам с их различным выходом, а также данные, полученные по керну, с данными опробования контрольных горных выработок и результатами геофизического опробования. При низком выходе керна или его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин

эксплуатационными горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки на неглубоко залегающих месторождениях в основном проходятся для контроля данных бурения, геофизических исследований, отбора технологических проб и целиков для определения объемной массы и влажности, а также для изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения, вещественного состава и особенностей распределения типов и сортов руд. Горные выработки следует проходить на участках детализации.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности и особенностей геологического строения.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений бокситов в странах СНГ, и данные по конкретным месторождениям нефелиновых руд могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы должны быть разведаны по категориям А+В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой геометрии и плотности разведочной сети особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом.

На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Сведения о плотности сетей разведочных скважин, применявшихся при разведке месторождений бокситов в странах СНГ*

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
		А		В		С ₁	
		по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1	2	3	4	5	6	7	8
1-я	Крупные простого строения пластообразные залежи с выдержанной мощностью и качеством бокситов: изометричной формы вытянутые по простиранию	100	100	200	200	400	400
		100	100–50	200	100	400	200
2-я	Плащеобразные и линзовидно-пластообразные залежи со сложным контурами и изменчивой мощностью, но относительно выдержанным качеством бокситов: крупные по размерам, вытянутые по простиранию залежи (типа Висловского месторождения)	–	–	150–75**	100–50**	300	100
		–	–	100	50	200	200
	Крупные сложного строения карсто-пластообразные залежи с выровненной кровлей и крайне неровной подошвой (типа месторождений СУБРа): с изменчивой мощностью и отсутствием безрудных окон с резко меняющейся мощностью и наличием безрудных окон	–	–	100	100	200	200
		–	–	100***	100***	200***	200***
		С центральной скважиной					
Средние по размерам карсто-котловинные залежи сложного строения с изменчивой мощностью и невыдержанным качеством бокситов (типа месторождений Казахстана – Восточно-Тургайской группы и Красноярского)	–	–	50–100	50–100	100–200	50–100	
3-я	Очень сложного строения линзообразные, карманообразные и гнездообразные залежи с резко меняющимися мощностью и качеством бокситов: средние по размерам небольшие и мелкие	–	–			100–50	100–50
		–	–			25–50	25–50

* Систематизировать данные о плотности разведочной сети для месторождений алунитовых и нефелиновых руд не представляется возможным ввиду ограниченности этих данных. Загликское алунитовое месторождение разведывалось скважинами по сети 100×100 м для категории А, 200×200 м для категории В и 400×400 м для категории С₁, так же разведано Горячегогорское месторождение нефелиновых руд, а Кия-Шалтырское нефелиновое месторождение разведывалось горными выработками и скважинами по сети 200×200 м для категории А, 200×400 м для категории В и 400×400 м для категории С₁.

** На участках сгущения сети.

***При подсчете запасов, разведанных по приведенной сети, применяются поправочные понижающие коэффициенты, установленные на основании сопоставления данных разведки и эксплуатации.

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел и кор выветривания на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценивать качество опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

При выборе методов (геологических, геофизических) и способов (керновый, бороздовый, задириковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения;
- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

- опробование должно проводиться секциями, отдельно по разновидностям руд (каменистые, рыхлые, глинистые и другие бокситы, уртиты, тералиты, нефелиновые сиениты); длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; во всех случаях отбираемые пробы бокситов должны предохраняться от загрязнения вмещающими породами и глинистыми буровыми растворами.

3.6.3. Качество опробования по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений*. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна (более 90%), для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность скважинного опробования и представительность керна при различном его выходе заверяются опробованием сопряженных горных выработок, в том числе пройденных для отбора технологических проб и определения объемной массы в целиках, а для глубокозалегающих рудных тел – данными геофизического опробования.

Для разрабатываемых месторождений заверка достоверности принятых методов опробования осуществляется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных отдельно по горным выработкам и колонковому бурению.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

по методам минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Бокситы анализируются на следующие компоненты: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , FeO , MnO , S , CO_2 , Na_2O , K_2O , C (орг.), P_2O_5 , Ga , V_2O_5 , Sc , Cr_2O_3 , п.п.п. На всех стадиях работ Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , п.п.п. определяются по рядовым пробам. Содержания всех остальных элементов устанавливаются по групповым пробам. Бокситы по месторождению и подсчетным блокам должны быть охарактеризованы на Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO (для шамозитсодержащих руд), п.п.п., TiO_2 , CaO , S , CO_2 , Ga , V_2O_5 , P_2O_5 .

Нефелиновые руды анализируются на следующие компоненты: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , S , CO_2 , п.п.п., Cl , Ga , Rb , Cs , Sc , V_2O_5 . На всех стадиях работ определение Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , п.п.п. выполняется по рядовым пробам. Содержание всех остальных компонентов определяется по групповым пробам. Нефелиновые руды по подсчетным блокам, участкам и месторождению в целом должны быть охарактеризованы на все перечисленные выше компоненты.

Алунитовые руды анализируются на Al_2O_3 (общ.), Al_2O_3 (неалунитовый), K_2O , Na_2O , SO_3 , Fe_2O_3 , п.п.п., SiO_2 , TiO_2 , BaO , P_2O_5 , V_2O_5 , Ga , FeO . На всех стадиях работ определение Al_2O_3 (общ.), SiO_2 , Al_2O_3 (неалунитового), K_2O , Na_2O , SO_3 , Fe_2O_3 , п.п.п. производится по рядовым пробам.

Попутные ценные компоненты и вредные примеси, если их содержание в рядовых пробах не лимитируется кондициями, как правило, определяются по групповым пробам. Групповые пробы должны характеризовать определенные промышленные типы и сорта руд.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В

случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ga и Ge, г/т) *	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ga и Ge, г/т) *	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Al ₂ O ₃	>70	1,3	Na ₂ O	>25	4,5
	50–70	1,5		5–25	6,0
	30–50	2,5		0,5–5	15
	25–30	3,5		<0,5	30
	15–25	4,5	K ₂ O	>5	6,5
SiO ₂	20–50	2,5		1–5	11
	5–20	5,5		0,5–1	15
	1,5–5	11	<0,5	30	
TiO ₂	>15	2,5	п. п. п.	20–30	2
	4–15	6,0		5–20	4
	1–4	8,5		1–5	10
	<1	17		<1	25
Fe ₂ O ₃	20–30	2,5	V ₂ O ₅	>1	8
	10–20	3,0		0,5–1,0	12
	5–10	6,0		0,2–0,5	15
	1–5	12		0,1–0,2	20
CaO	1–7	11		0,01–0,1	25
	0,5–1	15	<0,01	30	
	0,2–0,5	20	Ga	>50	18
	<0,2	30		10–50	24
MgO	0,5–1	16		<10	30
	0,05–0,5	30	Ge	>50	18
	<0,05	30		10–50	26
S	0,5–1	12		<10	30
	0,3–0,5	15			
	0,1–0,3	17			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющий статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки

аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ).

Для отдельных литологических разновидностей и марок бокситов необходимо определить минеральную форму глинозема (гиббсит, бёмит, диаспор, корунд) и установить форму нахождения кремнезема. При этом особое внимание следует обратить на выделение специфических сортов бокситов, содержащих шамозит.

Для нефелиновых руд наряду с описанием глиноземсодержащих минералов определяются их количество и взаимоотношения как между собой, так и с другими минералами, размеры и соотношения различных по крупности классов, выясняется наличие сростков с другими минералами, характер сростания и размеры сростков.

Должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Определение объемной массы и влажности руд необходимо производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках.

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.13. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд должны быть установлены их природные разновидности и предварительно намечены промышленные (технологические) типы и сорта, подлежащие раздельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. Технологические свойства бокситов на вскрываемость, как правило, изучаются в лабораторных условиях. При имеющемся опыте переработки в промышленных условиях допускается использование аналогии, подтвержденной результатами изучения литологических, минералогических и химических особенностей бокситов.

Бокситы в странах СНГ используются в сыром виде после дробления без предобогащения*. Алунитовые руды механическому обогащению не подвергаются и, как и основная масса бокситов, потребляются в чистом виде после дробления. Нефелиновые руды подготавливаются для производства глинозема обогащением, которое включает мокрую магнитную сепарацию и флотацию.

Технологические свойства нефелиновых и алунитовых руд изучаются в лабораторных или полупромышленных условиях.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей переработки руд, полученных на лабораторных пробах.

4.3. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования,

* В других странах некоторые типы бокситов (каолинит-гипсбитовые) обогащаются промывкой с последующей классификацией по крупности. Схемы подготовки включают дробление, дезинтеграцию, мокрое грохочение и обесшламливание. Удаление в тонкие фракции глинистых разновидностей позволяет существенно повысить кремниевый модуль боксита.

совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

4.4. Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Для выделенных промышленных (технологических) типов должны быть определены оптимальный метод переработки (байеровский, спекания или с использованием комбинированных технологических схем, сочетающих методы Байера и спекания), извлечение глинозема и удельные потери щелочи (для байеровского метода), извлечение глинозема и щелочи, удельный расход известняка (для спекательного), выход попутных продуктов переработки нефелиновых и алунитовых руд (сода, поташа, портландцемента, серной кислоты, сульфата калия), необходимость обезвреживания промстоков.

4.6. Исследование качества руды предусматривает изучение ее дробимости (для бокситов до крупности -50 и $-3(1)$ мм, для нефелиновых руд до -5 мм) с использованием методов и приемов технологической минералогии. Изучается степень окисленности, минеральный и химический состав, структурные и текстурные особенности и измельчаемость руды, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств. Определяется эффективность раскрытия минеральных фаз при разной степени измельчения, проводится ситовый и гравитационный анализы, выявляется возможность обогащения руд флотацией, гравитацией, магнитной сепарацией.

4.7. Переработка руд включает в себя две основные стадии: получение оксида алюминия (глинозема) пиро- и гидрометаллургическим методами и металлургический передел оксида алюминия электролизом расплавленных фтористых солей алюминия. Некоторые типы бокситов (гиббситовые, каолинит-гиббситовые) с повышенным содержанием вредных примесей, а также нефелиновые руды подвергаются предварительному магнитно-гравитационному обогащению.

4.8. Важнейшим методом переработки **бокситов** на глинозем является гидрохимический метод Байера. Принципиальная схема процесса заключается в следующем: боксит после тонкого помола подвергается обработке концентрированным раствором едкого натра или оборотным алюминатно-щелочным раствором, в результате чего содержащийся в боксите глинозем переходит в раствор в форме алюмината натрия (NaAlO_2).

Метод Байера наиболее прост и экономичен; расход электроэнергии при этом в 4 раза ниже, чем при использовании метода спекания. Однако метод Байера применим лишь для переработки бокситов с небольшим содержанием кремнезема.

Получение глинозема из бокситов с повышенным содержанием кремнезема осуществляется спеканием трехкомпонентной шихты из боксита, известняка и соды при температуре $1150-1250$ °С с последующим выщелачиванием оборотными щелочными растворами слабых концентраций. С его помощью можно использовать высококремнистые и высококарбонатные бокситы.

В отечественной алюминиевой промышленности используют комбинированные технологические схемы, сочетающих методы Байера и спекания, что предусматривает возможность одновременной переработки на одном заводе разнокачественных бокситов с компенсацией каустической щелочи, теряемой в ветви Байера, за счет кальцинированной соды, вводимой в ветвь спекания.

Нефелиновое сырье (руда или концентрат обогащения) перерабатывается методом спекания с известняком, который добавляется для связывания кремнезема в малорастворимый двухкальциевый силикат. Процесс осуществляется при температуре 1250–1300 °С. Получаемый спек выщелачивается оборотным содовощелочно-алюминатным раствором, в который переходят алюминаты натрия и калия, а двухкальциевый силикат остается в осадке (белитовый шлам).

Алюминатный раствор после его обескремнивания карбонизируется газами, содержащими оксид углерода, для разложения алюминатов натрия и калия. Образующийся при карбонизации гидрат оксида алюминия выпадет в осадок. Отфильтрованный и прокаленный гидрат оксида алюминия является товарным продуктом.

Из фильтрата получают соду и поташ (K_2CO_3). Белитовый шлам используется для производства портландцемента. При производстве 1 т глинозема попутно получают 1 т содопродуктов (сода и поташа) и 10 т цемента. Таким образом, используются все компоненты исходного нефелинового сырья. Товарный выход глинозема составляет 80–83%, содопродуктов – около 80%.

Алунитовые руды после измельчения подвергаются восстановительному обжигу в печах «кипящего слоя», а затем восстановленный алуниг выщелачивается оборотной щелочью (130 г/л Na_2O) при температуре 80°С; красный шлак направляется в отвал. Из алюминатного раствора после его обескремнивания, осветления и выпаривания выделяют гидрат оксида алюминия, который промывается и кальцинируется. Выделенные на выпарке сульфатные соли перерабатываются на сульфат калия, а отходящий из печи «кипящего слоя» сернистый газ – на серную кислоту.

Перспективные методы переработки алюминиевых руд:

- радиометрическая крупнопорционная сортировка и покусковая сепарация для кондиционирования руд по содержанию железа и кремнезема;
- магнитная сепарация мелкокускового материала (–10 мм) с использованием роторных сепараторов с высокоинтенсивным магнитным полем.

4.9. Товарной продукцией переработки алюминиевых руд является глинозем. Основные требования к его качеству определяются областью его использования и регламентируются по содержанию основного ценного компонента (Al_2O_3) и вредных примесей (SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O+K_2O в пересчете на Na_2O).

Качество боксита регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям, в которых должны быть указаны: технические требования к рудам, учитывающие способ переработки; правила приемки; методы испытаний руд; условия транспортирования и хранения, а также гарантии поставщика. Для сведения в табл. 5–7 в качестве ориентировочных приведены марки бокситов, извлекаемых из недр, которые использовались в СССР, физико-химические показатели бокситов и требования к качеству глинозема.

Таблица 5

Марки и виды потребления бокситов

Марка	Преимущественная область применения
ЭБ-1	Производство электрокорунда марки 18А
ЭБ-2	Производство электрокорунда марок 14А и 15А
ЦБ-1	Производство глиноземистого цемента
ЦБ-2	Производство цемента
ОБ	Производство огнеупоров
ГБ	Производство глинозема
МБ	Мартеновское производство стали

Таблица 6

Физико-химические показатели бокситов

Показатели	Норма для марки						
	ЭБ-1	ЭБ-2	ЦБ-1	ЦБ-2	ОБ	ГБ	МБ
Комплексный показатель качества Б, не менее	41	31	31	0	6	6	0
Массовая доля Al_2O_3 , %, не менее	–	43	34	28	–	28	28
Массовая доля, %, не более:							
S	0,3	0,3	0,8	–	0,5	–	0,2
P_2O_5	0,5	0,5	–	–	–	–	0,6
CaO	0,1	0,25	2,0	–	1,5	–	–
Fe_2O_3	–	–	–	–	3,0	–	–

Примечание. Комплексный показатель качества Б представляет собой выражение вида $Al_2O_3 - a_1SiO_2 - a_2Fe_2O_3 - a_3CO_2 - a_4S + a_5CaO + a_6$ п.п.п. – a_7 ; величина численных коэффициентов $a_1...a_7$ определяется для каждого месторождения конкретными технико-экономическими расчетами.

Таблица 7

**Требования к качеству глинозема
(первый показатель – высшие, второй – низшие сорта)**

Производство	Содержание Al_2O_3 , %, не менее	Содержание примесей, %, не более			Потери массы при прокаливании, %, не менее
		SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O+K_2O в пересчете на Na_2O	
Первичного алюминия электролитическим методом и специальных марок керамики	30–25	0,02–0,05	0,03–0,05	0,4–0,5	0,08–1,0
Первичного алюминия электролитическим методом	30–25	0,08–0,2	0,03–0,05	0,5–0,6	0,9–1,1
Белого электрокорунда	70	0,08	0,2	0,3	0,4
Специальных видов электрокерамики	95–93	0,1	0,4	0,1–0,2	0,2
Электроизоляционных изделий и специальных видов керамики	93	0,15	0,6	0,3	0,2
Катализаторов при производстве чугуна	25 (не более)	0,05	0,4	0,4	1,5

Нефелиновые концентраты и уртиты успешно перерабатываются на Пикалевском глиноземном заводе и Ачинском глиноземном комбинате. Единых официально утвержденных технических условий на нефелиновую руду как сырье для производства глинозема в настоящее время не существует.

4.10. Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в промежуточных продуктах (алюминатные растворы) и отходах глиноземного производства, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

4.11. При переработке всех типов алюминиевых руд должно быть изучено обратное водоснабжение, определен удельный расход свежей воды, добавляемой при отдельных операциях, методы очистки промстоков и утилизации отходов глиноземного производства.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены

наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. «и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристики их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия; состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.4. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.5. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов.

5.6. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействий намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.**5.7.** При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.8. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений алюминиевых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению крутопадающих рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания марок бокситов или промышленных (технологических) типов и сортов нефелиновых и алунитовых руд, количество и качество их в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений алюминиевых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками, без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, по степени разведанности соответствующие требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин, а полученная при этом информация подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации.

Контур запасов категории С₁ определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых

определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены единичными скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геологоструктурных построений. При определении контуров запасов этой категории следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные закономерности изменения их размеров, формы, мощностей и качества руд.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям, способам отработки (карьерными, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд (маркам бокситов) и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических и др.).

6.5. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.6. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к забалансовым по экологической или экономической причинам в соответствии с утвержденными кондициями.

6.7. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы и (или) качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и

эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при эксплуатационной разведке или разработке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.8. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям, составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера, и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию обработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.9. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.10. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.11. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На оцененных месторождениях алюминиевых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных

месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения (изменчивость морфологии и внутреннего строения рудных тел), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня

отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;

- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения,

временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное): Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.43

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям медных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 44 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений медных руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче медных руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям медных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 17 августа 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям медных руд

1. Общие сведения

1.1. Медь – металл желто-красного цвета, имеющий плотность 8,94 г/см³ (характерно изменение плотности в зависимости от чистоты металла); обладает высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью; хорошо обрабатывается давлением как в горячем, так и в холодном состоянии.

1.2. Медь принадлежит к группе халькофильных элементов, ее среднее содержание (кларк) в земной коре составляет 0,0047%. В большинстве промышленных месторождений медь присутствует в виде сульфидных соединений. Известно свыше 200 медьсодержащих минералов, из них промышленное значение имеют только 15 (табл. 1).

Около 90% мировых запасов и добычи меди приходится на четыре сульфида – халькопирит, борнит, халькозин и кубанит.

1.3. До 50% производимой меди используется в электротехнической промышленности для производства кабелей, проводов, изготовления теплообменников, деталей холодильников, вакуумной аппаратуры. Однако 40% меди расходуется на производство сплавов с цинком, оловом, алюминием, никелем, железом, марганцем, бериллием, кремнием и другими элементами. Наиболее известны сплавы меди с цинком – латунь, с оловом, алюминием, кремнием и бериллием – бронзы, с никелем и цинком – мельхиор, с никелем и марганцем – никелин, константан и манганин. Указанные сплавы широко используются в электротехнике, машиностроении, авиационной, судостроительной и приборостроительной отраслях промышленности, для изготовления хирургических инструментов, бытовых предметов и художественных изделий, а также для чеканки монет. Соли меди применяются в качестве микроудобрений, для борьбы с вредителями и болезнями растений, в кожевенной и текстильной промышленности.

По уровню производства и потребления среди других металлов медь занимает третье место после железа и алюминия.

Главнейшие минералы меди

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание меди, %	Плотность, г/см ³
Халькопирит	CuFeS ₂	34,5	4,1–4,3
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	52–65	4,9–5,2
Халькозин	Cu ₂ S	79,8	5,5–5,8
Кубанит	CuFe ₂ S ₃	22–24	4,0–4,2
Блеклые руды	3Cu ₂ S(Sb, As) ₂ S ₃	22–53	4,4–5,1
Энардит	Cu ₃ AsS ₄	48,3	4,4–4,5
Ковеллин	CuS	66,5	4,6–4,7
Малахит	CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	57,4	3,9–4,1
Азурит	2CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	55,3	3,7–3,9
Хризоколла	CuSiO ₃ · 2H ₂ O	32,8–40,3	2,0–2,3
Брошантит	CuSO ₄ · 3Cu(OH) ₂	56,2	3,8–3,9
Атакамит	CuCl ₂ · 3Cu(OH) ₂	59,5	3,7–3,8
Куприт	Cu ₂ O	88,8	5,8–6,1
Тенорит	CuO	79,9	5,8–6,4
Самородная медь	Cu	88–100	8,5–8,9

1.4. По качественной характеристике медные руды разделяются следующим образом: весьма богатые с содержанием меди более 3–5%; богатые, содержащие более 2% меди (для руд медно-порфировых месторождений – более 1%); среднего качества (рядовые) с содержанием меди более 1% (для руд меднопорфировых месторождений – более 0,4%); бедные, содержащие от 0,7 до 1% (для руд меднопорфировых месторождений – менее 0,4%). По степени окисления руды медных месторождений подразделяются на сульфидные, смешанные и окисленные. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу служит содержание меди в оксидной форме: для сульфидных руд – до 10%; смешанных – 11–50%; окисленных – более 50%; для каждого месторождения эта цифра уточняется в процессе технологических исследований. Так, для Удоканского месторождения разработаны иные пределы: к сульфидным относятся руды, содержащие до 30% окисленных минералов меди, к смешанным – 31–70% и к окисленным – более 70%.

В комплексных рудах, где основное промышленное значение имеют другие металлы (никель, свинец, цинк, молибден, железо, олово, вольфрам, золото, висмут), медь часто является важным попутно извлекаемым компонентом.

1.5. Месторождения меди многочисленны и генетически разнообразны. В настоящее время выделяется шесть основных промышленных типов месторождений меди (табл. 2).

1.5.1. Сульфидные медно-никелевые месторождения генетически связаны с дифференцированными массивами ультраосновных и основных магматических пород (перидотитов, габбро-норитов, габбро и габбро-диабазов). Медно-никелевые рудные тела располагаются преимущественно в придонной части интрузивов, а иногда во вмещающих интрузивы породах. Руды представлены сплошными, брекчиевыми, прожилковыми и вкрапленными разностями. Рудные тела имеют, как правило, крупные размеры: протяженность по простиранию и падению от сотен метров до нескольких километров, мощность до 100 м; плитообразные, пластообразные, линзообразные, жилообразные и более сложные формы; залегают субгоризонтально, реже полого- или крутонаклонно. Господствующее развитие имеют согласные пластообразные залежи вкрапленных руд. К лежащему боку этих залежей приурочены сплошные руды, образующие отдельные пласты, линзы и жилы, сложенные массивными, брекчиевидными и густовкрапленными разновидностями. Характерной особенностью сульфидных медно-никелевых месторождений является сравнительно выдержанный минеральный состав руд. Руды содержат никель, медь, кобальт, платиноиды, а также золото, серебро, селен, теллур и серу.

1.5.2. Месторождения медистых песчаников и сланцев приурочены к пестроцветным формациям складчатых областей и располагаются в их внешних поясах, в наложенных мульдах и других подобных структурах.

Таблица 2

Основные промышленные типы месторождений медных руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Ведущие текстуры руд	Главные рудные минералы	Наиболее характерные попутные компоненты	Качество руд	Примеры месторождений
Медно-никелевый	Согласные пластообразные залежи, линзо- и жиллообразные тела	Гнездово-вкрапленные, массивные, брекчиевые	Пирротин, пентландит, халькопирит, кубанит	Co, платиноиды, S, Au	Богатые, средние, бедные	Норильская и Печенгская группы (Россия), районы Седбери, Томсон (Канада), Бушвельда, Карру (ЮАР), Камбалда (Австралия)
Медистых песчаников и сланцев	Пластовые, пластообразные и лентовидные залежи	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные	Халькопирит, борнит, халькозин	Ag, Re, Se, Te, Pb, Zn, Co, S	Средние, богатые	Удоканское (Россия), Джеккаганское (Казахстан), Мансфельд (Германия), Люблин-Серошовицы (Польша), Айнакское (Афганистан), медный пояс Замбии и Заира
Медноколчеданный	Пласто- и линзообразные залежи	Массивные, полосчатые, вкрапленные	Пирит, халькопирит, сфалерит, иногда пирротин	Au, Ag, Zn, S, Pb, Se, Cd, Co, In, Te, Ge	То же	Учалинское, Ново-Учалинское, Гайское, Подольское, Урупское, Кызыл-Дере (Россия), Оутокумпу (Финляндия), Маунт-Айза (Австралия), Риотинто (Испания)
Меднопорфировый	Штокверки	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные	Халькопирит, халькозин, молибденит, пирит	Mo, Re, Au, Ag, Se, Te	Бедные	Михеевское (Россия), Кальмакырское, Дальнее (Узбекистан), Коунрадское, Бошекульское (Казахстан), Каджаранское (Армения), Эрдентуин-Обо (Монголия), месторождения Канады, США, Мексики, Перу, Чили, Ирана
Скарновый	Пласто- и столбообразные, сложной формы залежи	Массивные, гнездовые, вкрапленные, прожилковые	Халькопирит, магнетит, борнит, пирротин, пирит	Au, Ag, Fe, Co, Mo, Se, Te, S	Средние	Турьинская группа (Россия), Саякская группа (Казахстан), Малко-Тырново (Болгария), Речк (Венгрия), Эрмсбре (Индонезия)
Кварцево-сульфидный (жильный)	Жилы, жильные зоны, иногда сочетающиеся с метасоматическими залежами	Массивные, гнездовые, брекчиевидные, вкрапленные и прожилково-вкрапленные	Халькопирит, сфалерит, пирит	Ag, Au, Pb, Zn, Cd, Te, Se, Bi, Sb, Mo	То же	Кафанское (Армения), Чатыркульское (Казахстан), Россен (Болгария), Бьют (США)

Мощности продуктивных толщ меняются в широких пределах. Рудные тела располагаются обычно в нескольких горизонтах (до 10, иногда более) серых лагунно-дельтовых терригенных, реже карбонатных отложений. Общее количество рудных залежей в крупных месторождениях весьма велико – до нескольких сотен; размеры их разнообразны; границы с вмещающими породами нечеткие и определяются опробованием.

Характерной является пластовая, а также линзо- и лентообразная форма рудных залежей. Для внутреннего строения характерно относительно равномерное распределение полезных компонентов; среди преобладающего количества вкрапленных руд среднего качества наблюдаются прослойки, линзы и гнезда более богатых руд.

Отличительной особенностью этих руд является разнообразие ценных компонентов (медь, цинк, свинец и попутные: серебро, кобальт, теллур, рений), их минеральных форм (халькопирит, халькозин, борнит, сфалерит, галенит и др.), степени окисленности при значительных колебаниях содержания. В рудах весьма часто присутствуют глинистые образования.

1.5.3. Медноколчеданные (медные и медно-цинковые) месторождения связаны в основном с дифференцированными формациями базальтоидного магматизма натровой серии: базальт-липаритовой (спилит-кератофировой) и базальт-андезит-дацит-липаритовой. В комплексе вулканитов колчеданные руды локализованы преимущественно среди пород кислого состава, нередко образующих несколько горизонтов.

Все разнообразие форм рудных тел медноколчеданных месторождений определяется наличием пяти главных структурно-морфологических типов, отдельные из которых обычно являются ведущими для конкретных рудных полей:

- пластообразные тела, залегающие согласно с напластованием рудовмещающих пород;
- тела комбинированной формы, верхние части которых согласны с напластованием, а сопоставимые с ними по размерам апофизы лежащего бока секут напластование под большими углами;
- крутопадающие линзообразные, реже жилообразные тела, занимающие отчетливо секущее положение относительно напластования;
- залежи, которые характеризуются взаимными переходами между крутопадающими линзообразными телами и залежами комбинированной формы;
- залежи сундучной формы, обладающие в поперечном сечении угловатыми очертаниями и характеризующиеся изменчивыми сочетаниями крутых и пологих составляющих.

Наиболее крупные по запасам месторождения характеризуются преобладанием тел сложной сундучной и комбинированной формы.

Внутреннее строение медноколчеданных рудных тел характеризуется сочетанием руд массивной (часто полосчатой) и вкрапленной текстур. Тела массивных руд обычно имеют четкие геологические границы; вкрапленные руды, как правило, связаны постепенными переходами со слабо минерализованными вмещающими породами. Существенная особенность массивных руд – тонкозернистость, переходящая нередко в эмульсионную вкрапленность.

Руды преимущественно халькопиритового и сфалеритового состава с халькозином, борнитом, арсенопиритом, галенитом и др. Главными полезными компонентами в них кроме меди и цинка являются железо и сера, из попутных – золото, серебро, кадмий, селен, теллур. Руды медноколчеданных месторождений являются комплексными; в зависимости от содержания меди и цинка они разделяются следующим образом:

	Cu, %	Zn, %
Медные	>0,5–0,7	<0,8–1,0
Медно-цинковые	>0,5–0,7	>0,8–1,0
Серноколчеданные (серы более 35%)	<0,5–0,7	<0,8–1,0

По количеству слагающих их сульфидов (содержанию серы) в медном и медно-

цинковом типах руд выделяются: сплошные (более 35% серы) и вкрапленные (до 35% серы).

Масштаб месторождений весьма различен, но преобладают средние по запасам месторождения.

Вблизи поверхности для медноколчеданных месторождений характерно наличие зоны окисления, которая в классическом виде (сверху–вниз) имеет три этажа:

- «железная шляпа», представляющая собой скопления бурого железняка, где главными минералами являются гидроксиды и оксиды железа с незначительными количествами малахита; как правило, обогащены золотом и серебром;
- окисленные, так называемые упорные руды, где более 50% минералов представлены оксидными соединениями – малахитом, азуритом, хризоколлой и др.; эти руды плохо поддаются обогащению;
- зона вторичного сульфидного обогащения, представленная халькозином, купритом и др.; это, как правило, богатые, легко обогатимые руды.

К медноколчеданному типу относится также немногочисленная группа колчеданных медных, медно-цинковых месторождений в терригенных комплексах. Рудные тела залегают в целом согласно с вмещающими породами, которые смяты в крупные складки и нарушены зонами дробления и рассланцевания.

Околорудно-измененные породы представлены кордиерит-антофиллитовыми, биотит-хлоритовыми или хлорит-карбонатными метасоматитами.

Медноколчеданные месторождения в терригенных комплексах мало изучены; известные объекты – мелкие до средних по масштабам.

1.5.4. Меднопорфировые месторождения пространственно и генетически связаны с малыми интрузиями и телами субвулканических порфировых пород умеренно кислого состава и локализуются в их экзо- и эндоконтактах.

Месторождения этого типа представляют собой крупные, измеряемые сотнями метров и первыми километрами, штокверки с весьма значительными запасами металла; обычно они не имеют резких геологических границ, постепенно переходя в слабо минерализованные породы. Форма их зависит в основном от конфигурации рудоносного интрузива, свойств вмещающих пород, характера дорудной и послерудной трещиноватости. По характеру очертаний рудных тел в плане выделяются месторождения сложной овальной или кольцевой формы и месторождения удлиненной формы.

В вертикальном разрезе промышленные меднопорфировые руды образуют горизонтальные или слабо наклонные линзообразные, плащеобразные тела большой мощности или штоки; для многих месторождений типична форма чаши или опрокинутого конуса.

Весьма характерной общей чертой меднопорфировых месторождений является вторичная вертикальная зональность; обычно выделяется до пяти зон (сверху – вниз): выщелачивания, окисленных руд, смешанных руд, вторичного сульфидного обогащения и первичных руд; мощность зон колеблется в широких пределах – от первых метров до первых сотен метров.

Руды как правило прожилково-вкрапленные, преимущественно халькопиритового или молибденит-халькопиритового состава с развитием вторичных сульфидов меди и минералов зоны окисления. Характерна неравномерная вкрапленность и тонкое прораствание сульфидов, и прежде всего молибденита. В молибдените в виде изоморфной примеси проявляется рений, существенно влияющий на ценность руд.

Все месторождения этого типа сопровождаются более или менее ярко выраженными зонами гидротермально-измененных пород.

1.5.5. Скарновые медные месторождения генетически связаны с дифференциатами габбро-диорит-гранодиоритовой и гранодиорит-сиенитовой формаций. Месторождения располагаются в зонах скарнирования и ороговикования.

По условиям залегания и морфологическим особенностям среди контактово-метасоматических месторождений выделяются пластообразные и неправильные залежи в

слоистых осадочно-вулканогенных толщах, рудные тела в непосредственных контактах интрузивов с известняками, залежи в ксенолитах пород кровли интрузивных массивов, а также рудные тела в тектонических зонах. Размеры рудных тел невелики, их форма разнообразна. Преобладают пластообразные тела с различными осложнениями в виде апофиз, раздувов, жильные зоны, столбообразные залежи.

Характерные окolorудные изменения, наложенные на скарнированные породы, представлены актинолитизацией, хлоритизацией, окварцеванием, сидеритизацией, баритизацией и доломитизацией.

1.5.6. Кварцево-сульфидные (жильные) месторождения, образовавшиеся в результате выполнения трещинных структур или метасоматического замещения вмещающих пород (преимущественно гранитоидных и вулканогенных), обычно отличаются небольшими размерами (первые сотни метров по простиранию и падению при мощности 0,5–2 м, иногда более), сложной морфологией рудных тел, наличием раздувов и пережимов, разветвлений и апофиз. Рудные жилы часто сопровождаются ореолами прожилково-вкрапленной минерализации. Внутреннее строение их характеризуется развитием вкрапленно-полосчатых, гнездовых и массивных текстур.

Месторождения данного типа обычно заключают в себе сравнительно небольшие запасы меди и в настоящее время их практическое значение невелико.

Кроме описанных типов известны промышленные месторождения **самородной меди** в районе оз. Верхнего (США), **карбонатитовое** месторождение Палабора (ЮАР) и **ванадиево-железо-медное** Волковское месторождение в России.

1.5.7. Интерес для освоения могут представлять техногенные месторождения, образовавшиеся в результате складирования забалансовых медных руд, медьсодержащих отходов обогатительного (пиритный концентрат, хвосты) и металлургического (шлаки, кеки) процессов. Состав и строение техногенных месторождений определяются геолого-промышленным типом исходного природного месторождения, способом добычи и технологической схемой переработки минерального сырья, а также условиями складирования и сроками хранения отходов. Указанные факторы требуют специфических подходов к изучению и оценке техногенных месторождений, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденном Председателем ГКЗ 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения меди месторождения медных руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными и плитообразными залежами простой формы с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением меди. Длина и ширина рудных тел составляет от сотен метров до первых километров при мощности десятки метров (Джезказганское месторождение, Казахстан). Кроме того, к этой группе относятся месторождения, представленные крупными штокверками простой формы площадью до нескольких квадратных километров и мощностью (глубиной) до 1 км с относительно равномерным распределением меди (Коунрадское месторождение, Казахстан).

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными и средними пластообразными, линзообразными залежами и жилообразными телами неоднородного строения, с

невыдержанной мощностью или относительно неравномерным распределением меди. Размеры рудных тел по простиранию и падению составляют десятки и сотни метров (до первых километров) при мощности десятки и сотни метров (Удоканское, Гайское, Ново-Учалинское, Узельгинское, Подольское и др. – Россия). В эту же группу входят месторождения, представленные крупными и средними штокверками и штокообразными телами сложной формы площадью сотни квадратных метров и первые квадратные километры и мощностью десятки и сотни метров с неравномерным распределением меди (Кальмакырское, Дальнее – Узбекистан).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и небольшими по размерам линзообразными, пластообразными и жилообразными залежами с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием меди (Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское, Чусовское, Александринское – Россия) и небольшими очень сложного строения столбообразными, штокообразными телами, сложно ветвящимися, линзоподобными метасоматическими залежами и жилами с весьма неравномерным распределением меди. По простиранию и падению рудные тела достигают нескольких сотен метров с мощностью до 50 м и более (Джусинское, Вадимо-Александровское, Озерное – Россия)

Месторождения (участки) медных руд **4-й группы** Классификации, представленные мелкими жилами, залежами, линзами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения, как правило, не имеют.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях медных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от его размеров и сложности), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы

категории P_1 *.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний меди и благородных металлов и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений медных руд простого строения на глубину проводится в основном скважинами (месторождений сложного строения – скважинами в сочетании с горными выработками), с использованием геофизических методов исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности, обеспечивающий выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения.

Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами – весовым, объемным.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний меди и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама по интервалам с их различным выходом с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников.

При низком выходе керна или его избирательном истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

При разведке верхних частей рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд (зона окисления), следует применять специальную технологию бурения, способствующую

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений меди и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы медных руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°. Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – и вееров подземных скважин.

Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки проходятся, как правило, для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб, а на месторождениях сложного строения – для изучения (в сочетании со скважинами) условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд.

На месторождениях, разведка которых осуществляется горными выработками, должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках сплошность и изменчивость оруденения по простиранию и падению: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением квершлагами, ортами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намечаемых при составлении технико-экономического обоснования к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования геофизических методов (наземных, скважинных, шахтно-рудничных) для оконтуривания рудных тел и изучения их сплошности.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений медных руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождений должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы на таких участках или горизонтах должны быть разведаны по категориям А+В, 2-й группы – по категории В, 3-й группы – категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных

выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений медных руд стран СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
			А		В		С ₁	
			по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению
1-я	Крупные пластообразные залежи и плитообразные тела простой формы с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением меди	Скважины	75	75	150	150	300	300
	Крупные штокверки простой формы с относительно равномерным распределением меди	То же	75	75	100	100	100	150
2-я	Крупные и средние пласто- и линзообразные залежи и жиллообразные тела неоднородного строения, с невыдержанной мощностью или неравномерным распределением меди	Скважины, горные выработки	–	–	50	75	100	150
	Крупные и средние по размерам штокверки и штокообразные тела сложной формы, неоднородного строения, с неравномерным распределением меди	То же	–	–	50	100	100	200
3-я	Средние и небольшие по размерам линзо-, пласто- и жиллообразные залежи с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием полезных компонентов; небольшие, очень сложного строения столбо-, штокообразные тела, сложноветвящиеся линзоподобные метасоматические залежи и жилы с весьма неравномерным распределением меди	«	–	–	–	–	50	50–70

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной обработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Для штокверковых месторождений, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по

мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики, геометрии и плотности разведочной сети, а также выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.4.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, а также правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями в установленном порядке. При проверке следует также оценить качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.5. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.5.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических*) и способов (керновый, бороздовый, задииковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ** 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.5.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

** Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок; в разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться раздельно, секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов меди деление керна при опробовании на половинки не производится.

Для изучения неравномерности оруденения (порционной контрастности руд) длина интервалов геофизического опробования не должна превышать 1 м, в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м. Для изучения контрастности руд на уровне штуфа результаты ядерно-геофизического опробования должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см. Оценка порционной и кусковой контрастности выполняется в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработок, а в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными).

В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

3.5.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 –20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернавого опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90%). При выявлении недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, его достоверность по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Достоверность принятого метода и способа опробования контролируется более представительным способом – на месторождениях медных руд, как правило, валовым (задирковым), в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки.

Для действующих предприятий достоверность принятых способов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных отдельно по горным выработкам и буровым скважинам.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.6. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки проб должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.7. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих компонентов. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическим или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в медных рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на медь, а также и на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (цинк, свинец, молибден, никель, кобальт, сера и др.). Другие полезные компоненты (золото, серебро, сера, селен, теллур, индий, сурьма и др.) и вредные примеси (фосфор, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты, вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления глубины развития зоны окисления и границ распространения окисленных, смешанных, руд зоны вторичного обогащения и неокисленных руд должны выполняться фазовые анализы.

3.8. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.8.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.8.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. При большом числе анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.8.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.8.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе

основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, % (Au, Ag, Tl, Ga, Se, Te, Re, Ge, In, г/т)	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, % (Au, Ag, Tl, Ga, Se, Te, Re, Ge, In, г/т)	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность
Cu	>5	2,5	Sb	2-5	5,5
	3-5	4,5		0,5-2,0	12
	1-3	5,5		0,1-0,5	10
	0,5-1,0	8,5		<0,1	30
	0,2-0,5	13		>40	18
Zn	>10	2,5	Re	20-40	19
	5-10	3,5		10-20	22
	2-5	6		5-10	24
	0,5-2	11		1-5	26
	0,2-0,5	13		>2	2,5
Pb	2-5	6	As	0,5-2,0	5
	1-2	8,5		0,05-0,5	13
	0,5-1	11		0,01-0,05	25
	0,2-0,5	13		<0,01	30
Mo	0,1-0,2	13	Tl, Ga	>50	18
	0,05-0,1	18		10-50	24
	0,02-0,05	23		<10	30
Co	0,5-1,0	3	Ge	>50	18
	0,1-0,5	5		10-50	26
	0,05-0,1	8		<10	30
	0,01-0,05	20		50-100	25
S	>40	1,0	In	20-50	28
	30-40	1,2		5-20	30
	20-30	1,5		1-5	30
	10-20	2,0		100-500	15
Au	4-16	18	Se	50-100	20
	1-4	25		20-50	25
	0,5-1,0	30		5-20	30
	<0,5	30		1-5	30
Ag	100-300	7	Te	100-500	17
	30-100	12		50-100	22
	10-30	15		20-50	25
	1-10	22		5-20	30
	0,5-1,0	25		1-5	30
Cd	>0,1	11	P ₂ O ₅	>0,3	8,5
	0,02-0,1	22		0,1-0,3	11
	<0,02	30		0,05-0,1	15
Bi	0,2-0,6	11		0,01-0,05	25
	0,05-0,2	15		0,001-0,01	30
	0,02-0,05	20			
	0,005-0,02	30			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.10. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется медьсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.11. Определение объемной массы и влажности необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд, внутрирудных некондиционных прослоев и вмещающих пород, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.12. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондами недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое

опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды в тяжелых суспензиях, с использованием крупнопорционной радиометрической сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200+20 мм) возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геологотехнологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геологотехнологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геологотехнологические карты, планы и разрезы, в соответствии со СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геологотехнологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить степень измельчаемости руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.4. При исследовании обогатимости руды изучают степень ее окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных

примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и стадийную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям и определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и металлургических заводах по переработке медных руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке пристоков.

4.6. Для всех промышленных (технологических) типов медных руд обогащение производится различными механическими, гидро- и пирометаллургическими методами, а также комбинированием их в различных сочетаниях. Основным методом механического обогащения является флотация, поскольку главные промышленные сульфидные минералы меди – халькопирит, борнит и халькозин – имеют хорошие флотационные свойства. Для усиления флотиремости окисленных минералов меди используют предварительную сульфидизацию. В зависимости от особенностей вещественного состава руд применяют различные схемы: от простых, включающих основную флотацию и несколько перечистных операций, до сложных многостадийных с отдельным промпродуктовым циклом, а также схемы с отдельной флотацией песков и шламов и схемы «cleaner–scavenger».

4.7. Технология переработки руд медных* месторождений зависит от их минерального состава, текстур и структур, крупности зерен, степени взаимного прорастания минералов, количества содержащихся сульфатов, карбонатов, силикатов, оксидов меди и других минералов. Для выбора технологической схемы переработки руд существенное значение также имеют физические свойства минералов (природная флотоактивность, склонность к шламообразованию и окислению в процессе измельчения). Все это обуславливает выделение большого числа типов руд, для которых требуются различные технологические схемы переработки.

Все сульфидные медные руды обогащаются флотационными способами. Из меднопорфировых руд медь и молибден извлекаются в коллективный концентрат, подвергающийся пропарке с сернистым натрием и перечисткам с получением кондиционного медного концентрата и молибденового промпродукта. Из халькопирит-борнит-халькозиновых руд месторождений медистых песчаников и кварцево-

* Технология переработки сульфидных медно-никелевых руд приведена в «Методических рекомендациях по применению Классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд»

халькопиритовых руд жильных месторождений медьсодержащие минералы хорошо извлекаются прямой флотацией. В качестве собирателей применяют различные ксантогенаты, дитиофосфаты и их сочетания. Из вспенивателей применяют терпиниол, ОПСБ, Т-80. Реагенты регуляторы – известь, цианид, сернистый натрий, жидкое стекло и др. Однако при наличии на месторождении комплексных разновидностей руд, содержащих свинец и цинк, требуются более сложные комбинированные схемы селективной и коллективно-селективной флотации.

Сплошные медноколчеданные руды обычно перерабатываются по схемам селективной флотации с получением медного, цинкового и пиритного концентратов. В голове процесса флотируют сульфиды меди при депрессии сфалерита и пирита, затем из хвостов медной флотации после активации сфалерита медным купоросом флотируют цинк. Хвосты цинковой флотации при содержании пустой породы в рудах не более 15% представляют собой готовый пиритный концентрат.

Вкрапленные медно-цинковые и полиметаллические колчеданные руды перерабатываются преимущественно по комбинированным коллективно-селективным схемам с получением коллективных концентратов и последующей их селекцией, которая осуществляется по цианидному или безцианидному способу. Цианидное разделение проводится с использованием смеси цианида с цинковым купоросом.

Халькопирит-магнетитовые (скарновые) и борнит-пирротин-магнетитовые (ванадиево-железо-медные) руды перерабатываются по комбинированным схемам, включающим флотацию минералов меди и магнитную сепарацию магнетита.

Окисленные и смешанные руды обогащаются значительно хуже, чем сульфидные, особенно содержащие медь в силикатной форме. Их переработка осуществляется флотационными, комбинированными и гидрометаллургическими методами. Флотацию проводят после предварительной сульфидизации окисленных минералов сернистым или гидросернистым натрием. Из комбинированных методов наибольшее распространение получил метод Мостовича, который включает выщелачивание окисленной меди серной кислотой, осаждение (цементацию) меди, перешедшей в раствор, металлическим железом и флотацию цементной меди.

Окисленные тонкодисперсные сильноожелезненные руды, содержащие силикатные минералы меди, относят к категории упорных. Их обогащают комбинированным или гидрометаллургическим методом.

Для извлечения меди из бедных и забалансовых руд или хвостов обогащения широко используют кучное и подземное выщелачивание, а также чановое растворение с перемешиванием или перколяцией. Основным растворителем при кучном выщелачивании являются растворы серноокислого оксида железа, которые получают при орошении куч водой в результате окисления пирита. Орошение производится последовательно водой и раствором с последующей цементацией меди железным скрапом.

Для интенсификации процессов гидрометаллургической переработки сульфидных руд в качестве окислителя могут быть использованы микроорганизмы, окисляющее действие которых ускоряет разложение сульфидов. Аналогичные результаты дает предварительный сульфатизирующий обжиг.

Медные концентраты перерабатываются пирометаллургическим способом: сначала с получением черновой меди, а затем электролитическим рафинированием производится медь высокой чистоты.

4.8. Ценные попутные компоненты извлекаются при обогащении в медный, цинковый и пиритный концентраты, из которых они могут быть получены в процессе последующей металлургической переработки.

Золото и серебро. При флотации их извлечение в медный концентрат составляет 60–65%. Оставшаяся часть связана главным образом с пиритом. При выделении пирита в отдельный концентрат для увеличения общего извлечения золота применяется цианирование огарков обжига пиритного концентрата. При металлургической переработке практически все

золото и серебро переходят в медь, а из нее в шламы, собирающиеся при электролитическом рафинировании меди.

Кадмий на 80–85% извлекается в цинковый и частично свинцовый концентрат, а при металлургическом переделе – из медно-кадмиевых кеков электролитических установок.

Индий, галлий и таллий. Первые два элемента аналогично кадмию сосредотачиваются в цинковом концентрате, а таллий находится также в медном и пиритном концентратах. Они извлекаются из тех же отходов производства, что и кадмий.

Кобальт извлекается при электролизе никелевых концентратов, а также из пиритных огарков.

Никель и платина. В процессе обогащения металлы платиновой группы концентрируются в никелевом концентрате и при металлургическом переделе переходят в никель, а из него при электролитическом рафинировании – в анодный шлам.

Цинк при металлургическом переделе медных концентратов возгоняется в виде оксида и осаждается из отходящих газов на электрофильтрах.

Сера улавливается в виде сернистого газа при всех видах пирометаллургической обработки колчеданных руд с последующим производством серной кислоты.

Железо. Содержание его в сплошных колчеданных рудах составляет 30–40%. Часть железа, перешедшая в медный и цинковый концентраты, при металлургическом переделе теряется со шлаками. Часть железа, заключенная в пиритных концентратах, при обжиге последних для производства серной кислоты остается в виде огарков, которые после агломерации могут быть использованы как обычные железные руды.

Селен извлекается из пылей металлургических печей и шламов, остающихся при электрическом рафинировании меди.

4.9. Качество медных, цинковых и серно-колчеданного концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и перерабатывающими металлургическими и химическими заводами или должно соответствовать существующим ГОСТам и техническим условиям.

Ранее в СССР качество концентратов устанавливалось требованиями ГОСТов и ОСТов, которые приводятся ниже в качестве справочного материала (табл. 5–7).

Таблица 5

Требования к качеству медных концентратов

Марка концентрата	Содержание, %			Марка концентрата	Содержание, %		
	меди, не менее	примесей, не более			меди, не менее	примесей, не более	
		цинка	свинца			цинка	свинца
КМ-0	40	2	2,5	КМ-5	20	10	8
КМ-1	35	2	3	КМ-6	18	11	9
КМ-2	30	3	4,5	КМ-7	15	11	9
КМ-3	25	5	5	ППМ	12	11	9
КМ-4	23	9	7				

Примечание. Содержание молибдена во всех марках медного концентрата и промпродукта не должно превышать 0,12%; содержание влаги устанавливается по соглашению сторон; наличие посторонних включений (куски породы, руды, дерева, металла и т.д.) не допускается; содержание золота и серебра не нормируется.

Весьма богатые медные руды (более 3–5% меди), пригодные для непосредственной плавки, и концентраты подвергаются пирометаллургической переработке с получением черновой меди. На медеплавильных заводах России используются разные технологии плавки. Наиболее распространенным методом является плавка в отражательных печах, хотя сохранила свое значение и шахтная плавка. В последнее время интенсивно внедряются автогенные процессы получения черновой меди (плавка в жидкой ванне, плавка во взвешенном состоянии и др.), что позволяет упростить технологию за счет совмещения процессов обжига, плавки на штейн и даже конвертирования в одном технологическом цикле. Это дает возможность повысить комплексность использования сырья, исключить или

резко сократить расход топлива, предотвратить загрязнение окружающей среды. Из отходящих газов металлургического производства получают серную кислоту или элементарную серу, а из пыли – свинец, цинк, висмут, кадмий, германий и другие элементы.

Таблица 6

Требования к качеству цинковых концентратов

Марка концентрата	Массовая доля, %					
	цинка, не менее	индия, не менее	примесей, не более			
			железа	кремнезема	меди	мышьяка
КЦ-0	59	Не нормируется	4,0	2,0	0,9	0,05
КЦ-1	56	То же	5,0	2	1,0	0,05
КЦ-2	53	”	7	3	1,5	0,1
КЦ-3	50	”	9	4	2,0	0,3
КЦ-4	45	”	12	5	3,0	0,5
КЦ-5	40	”	13	6	3,0	0,5
КЦ-6	40	”	16	10	4,0	0,6
КЦИ	40	0,04	18	6	3,5	0,5

Примечание. Во всех марках цинкового концентрата по требованию потребителей определяется массовая доля фтора. Концентраты с массовой долей фтора более 0,02% поставляются по соглашению сторон.

Таблица 7

Требования к качеству колчедана серного флотационного

Показатель	Норма для марок				
	КСФ-0	КСФ-1	КСФ-2	КСФ-3	КСФ-4
Внешний вид	Сыпучий порошок. Не допускаются инородные включения (куски породы, руды, дерева, бетона, металла и др.)				
Содержание сульфидной серы, %, не менее	50	48	45	42	38
Суммарное содержание свинца и цинка, %, не более	Не нормируется	1	1	1	1
Содержание мышьяка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Содержание фтора, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание влаги, %, не более	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8

Примечание. По согласованию с потребителем допускается поставка флотационного серного колчедана с суммарным содержанием свинца и цинка более 1%; в колчедане марки КСФ-0 суммарное содержание свинца и цинка устанавливается по согласованию с потребителем.

Электролитическое рафинирование черновой меди обеспечивает получение меди высокой чистоты и извлечение многих ценных компонентов. Из электролитных шламов извлекаются селен, теллур и благородные металлы. Наличие разнообразных методов технологии переработки медных руд и систематическое их совершенствование обеспечивают извлечение все большего числа полезных компонентов даже при их очень низких содержаниях в рудах.

В зарубежных странах заметную роль в производстве меди стала играть новая технология извлечения меди, основанная на экстракции и электролизе (технология SX-EW), позволяющая извлекать медь из бедных и забалансовых руд, труднообогатимых окисленных руд, хвостов обогатительных фабрик и шлаков металлургического производства. За период 1990–2000 гг. производство меди по указанной технологии увеличилось в 3,3 раза, а в Чили – в 12,5 раз.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные

водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в ТЭО кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов, который производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных горных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим,

положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений медных руд производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей и обосновывается в ТЭО кондиций. На открытый способ приходится более 2/3 мировой добычи медных руд. В ограниченных масштабах для добычи используется подземное выщелачивание (химическое, бактериально-химическое), применяемое на отработанных (Блявинское) и на новых, вводимых в разработку бедных месторождениях (Рей в США, Кананея в Мексике).

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов, указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Специфика техногенных источников воздействия на окружающую среду на месторождениях медных руд определяется способом разработки (подземным и открытым), применением флотации в качестве ведущего метода обогащения и невозможностью полного улавливания при металлургии отдельных элементов, загрязняющих атмосферу (особенно с сернистым газом) и воду.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность

образования на них растительного покрова.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки месторождения, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений медных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, количество руды в которых не должно превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов. При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений медных руд.

6.3.1. Запасы **категории А** в процессе разведки подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных скважинами и горными выработками, без экстраполяции.

На штокверковых месторождениях к категории А могут быть отнесены блоки, в

пределах которых коэффициент рудоносности близок к единице, установлено пространственное положение, форма и размеры участков кондиционных руд, подлежащих селективной выемке.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных и готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы категории В в процессе разведки подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть праведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На штокверковых месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, степень изученности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К категории С₁ относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, а на новых – результатами, полученными на участках детализации. На штокверковых месторождениях изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выяснение рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд. Количество запасов на этих месторождениях определяется статистически.

Контуры запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории С₂ подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – по совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощности, состава руд и содержаний меди.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их

оконтуривания определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в технико-экономическом обосновании кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических и др.).

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием промышленных компонентов («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний промышленных компонентов по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при эксплуатационной разведке или разработке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, содержаний, метропроцентов) и их оценивания с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию

отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** медных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и

вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего

месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553 44.

ББК 26.341.2

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям свинцовых и цинковых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации – М.: 2005. – 43 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений свинцовых и цинковых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче свинцовых и цинковых руд и их переработке.

С выходом данных «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям свинцовых и цинковых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 29 сентября 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям свинцовых и цинковых руд

1. Общие сведения

1.1. Свинец – тяжелый металл голубовато-серого цвета, имеющий плотность 11,34 г/см³, температуру плавления 327,4 °С; очень пластичный, мягкий – легко режется и прокатывается, обладает хорошими антифрикционными и антикоррозионными свойствами, устойчив к действию атмосферных осадков и многих химических реагентов, сильно поглощает гамма- и рентгеновские лучи.

Цинк – металл синевато-белого цвета, имеющий плотность 7,1 г/см³ и температуру плавления 419,5 °С; хорошо поддается прокатке и прессованию, устойчив к действию атмосферных осадков.

1.2. Свинец и цинк принадлежат к группе халькофильных элементов, среднее содержание в земной коре (кларк) свинца составляет 0,0016%, цинка – 0,0083%. В природе известно более 300 минералов, содержащих свинец, и более 140 – цинк. Главнейшими минералами свинца и цинка являются сульфиды, сульфосоли и карбонаты (табл. 1).

Свинец и цинк обычно в природе встречаются совместно, вследствие чего месторождения этих металлов часто называют полиметаллическими.

На долю главных минералов свинца (галенита) и цинка (сфалерита) приходится свыше 90 и 95% запасов и добычи соответственно.

1.3. Основное количество свинца (свыше 65%) используется для производства аккумуляторных батарей. Значительная часть идет на изготовление оболочек электрических кабелей. Свинец входит в состав различных сплавов (баббитов, типографских и др.). Соединения свинца идут на изготовление красителей (белил, сурика и др.). Ввиду относительно большой химической стойкости применяется в химической промышленности для изготовления различной аппаратуры, в электролизных ваннах на металлургических заводах. Благодаря способности поглощать радиоактивное излучение свинец используется в ядерной технике. Применяется также в военном деле для изготовления боеприпасов.

Таблица 1

Главнейшие минералы свинца и цинка

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание элемента, %	Плотность, г/см ³
Свинец			
Галенит	PbS	86,6	7,57
Буланжерит	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	55,4	6,21
Бурнонит	PbCuSbS ₃	42,5	5,93
Церуссит	PbCO ₃	77,5	6,55
Англезит	PbSO ₄	68,3	6,56
Пироморфит	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	76,1	7,04
Ванадинит	Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl	73,1	6,88
Вульфенит	PbMoO ₄	51,5	6,57
Плюмбоярозит	PbFe ₆ (SO ₄) ₄ (OH) ₁₂	19,22	3,67
Цинк			
Сфалерит	ZnS	67,0	4,08
Вюртцит	ZnS	67,0	3,98–4,09
Смитсонит	ZnCO ₃	51,9	4,43
Каламин	Zn ₄ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂ ·H ₂ O	52,6	3,3–3,35
Цинкит	ZnO	80,2	5,68
Гидроцинкит	Zn ₅ (OH) ₆ (CO ₃) ₂	59,3	4
Виллемит	Zn ₂ SiO ₄	58,4	4,20

Цинк используется главным образом (до 50%) в качестве антикоррозионных покрытий, для оцинкования поверхностей. Значительное количество цинка потребляется в различного рода сплавах с добавкой алюминия, меди и магния, обладающих хорошими литейными качествами. Большое количество цинка расходуется на производство латуни. Цинк входит в состав мельхиора, антифрикционного и типографского сплавов, применяется при изготовлении аккумуляторных батарей. Оксид цинка используется для изготовления цинковых белил, в качестве наполнителя при производстве резины, в медицине и химической промышленности.

Металлический цинк в виде порошка применяется для осаждения (цементации) золота и серебра из цианистых растворов, а также в гидрометаллургии для очистки цинковых растворов от меди и кадмия.

1.4. Основным источником получения свинца и цинка являются сульфидные руды, содержащие, кроме галенита и сфалерита, пирит, халькопирит, арсенопирит. Окисленные руды имеют подчиненное значение в качестве источника получения свинца и цинка и представляют собой железистые охры или баритовые сыпучки, содержащие в тех или иных количествах церуссит, англезит, смитсонит, каламин, малахит.

Свинцово-цинковые руды, как правило, содержат два основных полезных компонента – цинк и свинец. На медноколчеданных месторождениях широко распространены богатые пиритом медно-цинковые руды, практически не содержащие свинца. Руды с преобладающим содержанием свинца встречаются реже. К основным компонентам на многих месторождениях свинца и цинка относится также сульфидная сера, служащая одним из важных источников получения серной кислоты (при этом используется и тепловая энергия, выделяемая при переработке концентратов), а на некоторых – и барит, используемый в основном в качестве утяжелителя буровых растворов.

По содержанию основных компонентов свинцово-цинковые руды подразделяются следующим образом: богатые с содержанием свинца выше 4% или с суммарным содержанием свинца и цинка выше 7%; среднего качества (рядовые), содержащие от 2 до 4% свинца или суммарно свинца и цинка от 4 до 7%; бедные с содержанием свинца 1,2–2% или суммарно свинца и цинка 2–4%. Промышленностью иногда используются руды и с более низким содержанием свинца и цинка, если целесообразность их переработки обоснована.

По степени окисления руды полиметаллических месторождений подразделяются на три типа: сульфидный, смешанный и окисленный. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу служит содержание свинца и цинка в оксидной форме (табл. 2).

Таблица 2

Типы свинцово-цинковых руд

Тип руд	Содержание оксидов, %	
	свинца	цинка
Сульфидный	≤15	≤10
Смешанный	16–50	11–50
Окисленный	>50	>50

Все свинцово-цинковые руды являются комплексными и содержат значительное количество попутных компонентов, которые повышают ценность руд. благородные металлы находятся в рудах в различной форме: золото в основном связано с халькопиритом и пиритом, но встречается и в свободном состоянии; серебро содержится в галените, а также присутствует в виде сульфосолей серебра и теллуридов; кадмий концентрируется преимущественно в сфалерите в виде тончайшей механической или изоморфной примеси; висмут самородный или в составе сульфосолей тесно ассоциирует с галенитом; сурьма связана с сульфосолями свинца; ртуть присутствует в виде киновари; индий, таллий и галлий содержатся в сфалерите, галените, халькопирите, пирите и других сульфидах; селен и теллур присутствуют в качестве примеси в сульфидных минералах, а теллур – иногда и в виде самостоятельных минералов; германий, как правило, рассеян в силикатах, но в ряде случаев связан со сфалеритом и сульфидами меди.

1.5. Месторождения свинца и цинка многочисленны и генетически разнообразны. В настоящее время все известные свинцово-цинковые месторождения относятся к пяти промышленным типам (табл. 3).

1.5.1. Докембрийские колчеданно-полиметаллические месторождения располагаются на древних щитах и кристаллических массивах в пределах позднепротерозойских вулканических поясов, где первично вулканогенные и осадочные породы превращены в кристаллические сланцы и амфиболиты. Месторождения локализованы в складчатых структурах, осложненных разломами. Оруденение контролируется зонами расланцевания и брекчирования, образуя согласные со слоистостью или секущие рудные тела.

Руды несут отчетливые признаки метаморфизма. Околорудные изменения вмещающих пород выражены серицитизацией, турмалинизацией, альбитизацией и хлоритизацией, которые значительно затушеваны более поздними процессами регионального метаморфизма.

В зависимости от состава вмещающих пород месторождения подразделяются на колчеданно-полиметаллические в метаморфических комплексах и колчеданно-полиметаллические в вулканогенно-терригенно-карбонатных толщах.

На месторождения этого типа в настоящее время приходится около 35% мировой добычи свинца и около 30% – цинка.

1.5.2. Фанерозойские колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенно-осадочных толщах связаны с контрастной базальт-липаритовой формацией, а также с ее интрузивными аналогами. Рудные тела, как согласные со слоистостью, так и секущие, контролируются зонами расланцевания и брекчирования. Имеют место комбинированные формы, обязанные сочетанию согласных и секущих структур; такие месторождения представляют наибольшую промышленную ценность. Околорудные изменения интенсивны и представлены продуктами железо-магнезиально-кальциевого метасоматоза и кислотного выщелачивания.

Для описываемых месторождений характерна горизонтальная зональность в размещении месторождений разного состава в пределах рудных полей и районов. На отдельных месторождениях проявляется четкая вертикальная зональность, обусловленная уменьшением с глубиной содержания свинца и увеличением – цинка и меди.

Таблица 3

Промышленные типы месторождений свинцово-цинковых руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Ведущие текстуры руд	Главные рудные минералы	Наиболее характерные попутные компоненты	Качество руд	Примеры месторождений
Докембрийские колчеданно-полиметаллические:						
в метаморфических комплексах	Плитообразные и лентовидные залежи	Полосчатые и плейчатые, массивные	Сфалерит, галенит, пирит, пирротин	Серебро, кадмий	Богатые, рядовые	Холоднинское (Россия), Сулливан (Канада), Мак-Артур-Ривер, Маунт-Айза, Брокен-Хилл (Австралия)
в вулканогенно-терригенно-карбонатных толщах	Пласто- и лентообразные залежи, часто изогнутые согласно с вмещающими пластами	То же	Галенит, сфалерит, пирит, пирротин	То же	Богатые	Горевское (Россия), Балмат (США)
Фанерозойские колчеданно-полиметаллические						
в вулканогенно-осадочных толщах	Пластовые и линзообразные залежи, лентовидные и жилородные тела	Массивные, полосчатые, брекчиевые и колломорфные	Галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, барит	Золото, серебро, селен, теллур, кадмий	Богатые, рядовые, бедные	Рубцовское, Озерное (Россия), Зыряновское, Риддер-Сокольское, Тишинское, Белоусовское (Казахстан)
в терригенных толщах	Линзовидные, столбовидные и комбинированные залежи	Массивные, полосчатые, вкрапленные	Пирит, галенит, сфалерит, халькопирит	Серебро, селен, теллур, кадмий	То же	Филизчайское, Катехское, Кацдагское (Азербайджан)
Свинцово-цинковые, так называемые стратиформные	Согласные пластообразные залежи, секущие линзо- и жилородные тела	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные, реже массивные	Галенит, сфалерит, барит	Таллий, германий, кадмий, серебро	Рядовые	Миргалимсай, Ачисай, Шалкия (Казахстан), Миссисипи (США), Седмочисленцы (Болгария), Олькуш, Бытам (Польша)
Скарновые и метасоматические залежи в известняках	Трубо-, пластообразные и субпластовые залежи, трещинножилые тела, жилы и жильные зоны	Массивные пятнистые, полосчатые, вкрапленные	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин, арсенопирит	Висмут, кадмий, серебро, золото	«	Тетюхинское рудное поле (Россия), Алтын-Топкан (Узбекистан), Чипровцы (Болгария), Руда-Баня (Венгрия)
Жильные	Жилы выполнения, жильные зоны	Массивные, пятнистые, брекчиевые, вкрапленные и прожилково-вкрапленные	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, магнетит	Золото, серебро, медь, кадмий, теллур, селен, сурьма, молибден	Рядовые, бедные, богатые	Садонская группа, Ново-Широкинское (Россия), Говедарник, Маджарово (Болгария), Фрайберг (Германия), Керр-д'Ален (США)

Фанерозойские колчеданно-полиметаллические месторождения в терригенных толщах приурочены к периферическим частям миогеосинклинальных систем. Они размещаются в узлах сопряжения крупных складчатых и дизъюнктивных структур (зонах смятия). По типам и качеству руд, набору элементов-примесей, морфологии рудных тел эти месторождения близки к месторождениям в вулканогенно-осадочных толщах. Характер околорудных изменений зависит от состава вмещающих пород: в силикатных – хлоритизация, в карбонатных – анкеритизация, сидеритизация.

1.5.3. Свинцово-цинковые, так называемые стратиформные месторождения тесно связаны с карбонатной формацией. Рудные тела представлены, с одной стороны, пластообразными залежами осадочного генезиса, а с другой – секущими линзо- и жилообразными телами, сформировавшимися в дизъюнктивных нарушениях в процессе переработки гидротермальными растворами первично-осадочных руд. Как правило, те и другие рудные тела присутствуют на всех стратиформных месторождениях, но относительное количество их различно.

Для месторождений с пластообразными залежами характерны согласные пласты оруденелых доломитов и известковистых доломитов мощностью от первых десятков сантиметров до первых десятков метров; по простиранию рудные тела прослеживаются на многие километры; границы их, как правило, нечеткие и устанавливаются по данным опробования. Секущие линзо- и жилообразные рудные тела имеют весьма прихотливую форму, но четкие границы; мощность их находится в пределах от нескольких сантиметров до первых десятков метров.

Околорудные изменения относительно слабые, выражены доломитизацией, баритизацией и окварцеванием.

1.5.4. Скарновые свинцово-цинковые месторождения локализованы преимущественно в карбонатных породах и приурочены к зонам глубинных разломов, обнаруживая пространственную и временную связь с малыми интрузиями основного и кислого ряда. Для морфологии рудных тел типичны значительное разнообразие и сложность: рудные тела трубообразной и иной сложной формы, приуроченные к участкам пересечения дизъюнктивных нарушений в карбонатных породах, имеют мощность от нескольких до первых десятков метров, протяженность – от десятков до нескольких сотен метров; пластообразные и субпластовые залежи – на контакте карбонатных пород с глинисто-кремнистыми или алюмосиликатными – имеют размеры до первых сотен метров по простиранию при мощности в несколько метров; трещинно-жилые тела обычны среди интрузивных и эффузивных пород. Часто встречаются рудные тела комбинированной формы, сочетающие в себе элементы всех морфологических типов.

Руды тесно ассоциируют с пироксеновыми и другими скарнами, участками их окварцевания и хлоритизации, иногда кварц-анкеритовыми метасоматитами. На многих месторождениях отмечается горизонтальная рудная зональность.

1.5.5. Жильные месторождения – широко распространенный в мире тип свинцово-цинковых месторождений, имеющих лишь средние и мелкие размеры. Эти месторождения локализуются, как правило, в неблагоприятных для метасоматоза породах (гранитоиды, песчаники, липариты). Рудные тела образованы кварцевыми, кварцево-карбонатными, кварцево-флюоритовыми и кварцево-баритовыми жилами и прожилками, обычно крутопадающими. На месторождениях нередко проявлена вертикальная минералогическая зональность, выражающаяся в повышенном содержании золота, барита и флюорита в верхних частях рудных тел, максимальном содержании свинца и цинка в их средних частях, а меди – на глубине.

1.5.6. Значительными запасами цинка обладают **месторождения медно-цинкового колчеданного типа**, которые рассмотрены в «Методических рекомендациях по применению Классификации запасов к месторождениям медных руд».

1.5.7. Интерес для освоения могут представлять **техногенные месторождения**, образовавшиеся в результате складирования забалансовых полиметаллических руд, свинец- и цинксодержащие отходы обогатительного (хвосты) и металлургического (шлаки, кеки) процессов. Состав и строение техногенных месторождений определяются промышленным типом исходного природного месторождения, способом добычи и технологической схемой переработки минерального сырья, а также условиями складирования и сроками хранения отходов. Указанные

факторы требуют специфических подходов к изучению и оценке техногенных месторождений, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденным Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения свинца и цинка месторождения свинцовых и цинковых руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными залежами простой формы, подчиняющимися стратиграфическому и литологическому контролю, с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением свинца и цинка. Размеры рудных тел по простиранию составляют несколько километров, по падению (ширине) сотни метров – первые километры. Мощности рудных тел до первых десятков метров. Примером месторождения 1-й группы является Миргалимсайское (Казахстан).

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными и средними линзообразными и протяженными пластообразными залежами неоднородного строения, нередко имеющими большую, но невыдержанную мощность или неравномерное распределение свинца и цинка (Озерное, Горевское, Холоднинское и другие месторождения), а также лентовидными залежами, жиллообразными телами относительно небольшой невыдержанной мощности с неравномерным распределением свинца и цинка (Белоусовское, Иртышское, Березовское месторождения – Казахстан). Размеры рудных тел по простиранию и падению составляют от сотен метров до 1,0–2,5 км, мощность – от первых метров до нескольких десятков и даже первых сотен метров.

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и небольшими по размерам линзообразными и пластообразными залежами, протяженными жильными зонами и жилами с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием свинца и цинка (Садонское, Рубцовское и другие месторождения) и небольшими очень сложного строения трубообразными, линзовидными залежами с резко изменчивой мощностью и исключительно неравномерным распределением свинца и цинка (Архонское, Кварцевая Сопка). По простиранию и падению рудные тела имеют длину десятки-сотни метров с мощностью от 1,0 до 20 м.

Месторождения свинцово-цинковых руд **4-й группы** Классификации, представленные мелкими жилами, залежами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений, промышленного значения, как правило, не имеют.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождений к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях свинцово-цинковых руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:500–1:200; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний свинца, цинка и благородных металлов и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений свинцово-цинковых руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками с использованием геофизических методов исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – виды и объемы геологических исследований, их назначение и соотношение с буровыми и горными работами, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе месторождения по сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности, обеспечивающий выяснение с необходимой полнотой особенностей

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений свинца и цинка и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы свинцово-цинковых руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера окolorудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения.

Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний свинца и цинка и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама по интервалам с их различным выходом с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников.

При низком выходе керна или его избирательном истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

При разведке верхних частей рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд (зона окисления), следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно проводить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд на месторождениях 2-й и 3-й групп, а также служат для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

На месторождениях, разведка которых осуществляется горными выработками, должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках сплошность и изменчивость оруденения по простиранию и падению: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам – пересечением квершлагами, ортами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намеченных при составлении технико-экономического обоснования к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования геофизических методов (наземных, скважинных, шахтно-рудничных) для оконтуривания рудных тел и изучения их сплошности.

Таблица 4

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке
свинцово-цинковых месторождений в странах СНГ**

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Крупные пластообразные залежи простой формы с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением свинца и цинка	Скважины, горные выработки	40–50	40–50	–	–	–	–
		Скважины	–	–	80–100	80–100	160–200	160–200
2-я	Крупные и средние линзообразные, протяженные пластообразные залежи неоднородного строения, нередко имеющие большую, но невыдержанную мощность или неравномерное распределение свинца и цинка	Горные выработки, скважины	–	–	50–75	50–75	100–150	100–150
		Штреки, штольни	–	–	Непрерывно	50–60	–	–
		Орты, рассечки	–	–	20–30	–	–	–
		Восстающие	–	–	80–120	–	–	–
3-я	Средние и небольшие по размерам линзообразные и пластообразные залежи, протяженные жильные зоны и жилы с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием свинца и цинка. Небольшие очень сложного строения трубообразные, столбообразные, линзовидные тела, метасоматические залежи с резко изменчивой мощностью и исключительно неравномерным распределением свинца и цинка.	Штреки, штольни	–	–	–	–	Непрерывно	40–60
		Орты, рассечки	–	–	–	–	20–30	–
		Восстающие	–	–	–	–	80–120	–
		Скважины	–	–	–	–	50–60	30–40
			* Для отдельных выдержанных рудных тел оценка запасов по категории В возможна по скважинам при условии доказанной достоверности буровой разведки.					
			Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С ₂ по сравнению с сетью для категории С ₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.					

Приведенные в табл. 4 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений свинцово-цинковых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождений должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы на таких участках или горизонтах должны быть разведаны по категориям А+В, 2-й группы – по категории В, 3-й группы – категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики, геометрии и плотности разведочной сети, а также выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.4.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. При проверке следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.5. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.5.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных

геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических^{*}) и способов (керновый, бороздовый, задириковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. и «Методические рекомендации по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.5.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса, при этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и кернавая проба, обрабатываются и анализируются отдельно

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки, в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Для изучения неравномерности оруденения (порционной контрастности руд) длина интервалов интерпретации каротажа не должна превышать 1 м, а в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м. Для изучения контрастности руд на уровне

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

штуфа результаты ядерно-геофизического опробования должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска, в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.5.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов.

Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 – 20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна, а бороздового – сопряженными бороздами того же сечения.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90%).

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

При наличии избирательного истирания керна, существенно искажающего результаты опробования, его достоверность по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Достоверность принятых метода и способа опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки.

Для действующих предприятий достоверность принятых способов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и буровым скважинам.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.6. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.7. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных, шлакообразующих компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и

Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на свинец, цинк и медь, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (сера, серебро, барит и др.). Другие полезные компоненты (золото, кадмий, висмут, селен, теллур, индий и др.) и вредные примеси (сурьма, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты, вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.8. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.8.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.8.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.8.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 5. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы

лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 5

**Предельно допустимые относительные
среднеквадратические погрешности анализов по
классам содержаний**

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Te, Ge, In, Tl, Ga, Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Te, Ge, In, Tl, Ga, Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность
Pb	>10	2,5	In	>500	13
	5–10	3,5		100–500	20
	2–5	6,0		50–100	25
	1–2	8,5		20–50	28
	0,5–1	11		5–20	30
	0,2–0,5	13		1–5	30
Zn	>10	2,5	As	>2	3
	5–10	3,5		0,5–2	6
	2–5	6		0,05–0,5	16
	0,5–2	11		0,01–0,05	25
	0,2–0,5	13		<0,01	30
Cu	>5	2,5	BaSO ₄	>60	4
	3–5	4,5		40–60	5,5
	1–3	5,5		20–40	9
	0,5–1,0	8,5		10–20	12
	0,2–0,5	13		5–10	15
	0,1–0,2	17		1–5	17
	S	20–30		1,5	Sb
10–20		2	0,5–2,0	10	
2–10		6	0,1–0,5	17	
1–2		9	<0,1	25	
Au	64–128	4,5	Cd	>0,1	11
	16–64	10		0,02–0,1	18
	4–16	18		<0,02	25
	1–4	25	Tl, Ga	>50	18
	0,5–1,0	30		10–50	24
	<0,5	30		<10	30
Ag	100–300	7	Se	50–100	20
	30–100	12		20–50	25
	10–30	15		5–20	28
	1–10	22		1–5	30
Te	50–100	22	Hg	0,2–1,0	8,5
	20–50	25		0,04–0,2	17
	5–20	30		0,01–0,04	20
	1–5	30		0,005–0,01	25
Ge	>50	18	Bi	0,05–0,2	15
	10–50	26		0,02–0,05	20
	<10	30		0,005–0,02	30

*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.8.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории

аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.9. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.10. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется минералам основных компонентов: определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.11. Определение объемной массы и влажности необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд, внутрирудных некондиционных прослоев и вмещающих пород, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.12. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических,

лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды в тяжелых суспензиях, с использованием крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200 +20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При проведении геолого-технологического картирования следует руководствоваться стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить степень измельчаемости руд, которая обеспечит

максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания.

4.4. При исследовании обогатимости руд изучают степень их окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовый, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и стадийную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов и их характеристики, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и металлургических заводах по переработке свинцовых и цинковых руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

4.6. Технология переработки руд свинцово-цинковых месторождений зависит от их минерального состава, степени окисления, комплексности, текстуры и структуры, крупности зерен, степени взаимного прорастания одних минералов другими, сопротивляемости руд дроблению и степени шламообразования при их дроблении и измельчении.

4.6.1. Вследствие комплексного состава и относительно невысоких содержаний ценных компонентов руды полиметаллических месторождений подвергаются обогащению, преимущественно флотации. Реагентный режим флотации предусматривает использование в качестве собирателей различных ксантогенатов, дитиофосфатов и их сочетаний. Из вспенивателей применяют Т-80, МИБК, сосновое масло. Реагенты регуляторы: известь, медный купорос, сернистый натрий.

В целях повышения содержаний свинца и цинка в рудах, направляемых на флотацию, нередко применяется предварительное гравитационное обогащение в тяжелых суспензиях, в результате чего отделяется 30–40% пустой породы с небольшими потерями свинца, цинка и меди в легкой фракции. Применение гравитации позволяет вовлечь в промышленное освоение руды с относительно низкими содержаниями металлов. Кроме того, для предобогащения руд возможно применение радиометрической сортировки и радиометрической сепарации. Для флотации свинцово-цинковых руд применяются следующие схемы: коллективная флотация с последующей селекцией коллективного концентрата, коллективно-селективная схема и последовательная селективная флотация.

Коллективная флотация особенно эффективна для обогащения бедных вкрапленных полиметаллических руд. Она позволяет отделить в голове процесса основную массу пустой породы и получить отвальные хвосты с минимальным содержанием металлов.

Коллективно-селективная схема обогащения применяется, когда в руде кроме свинца и цинка в заметных количествах присутствует медь. В этом случае сначала получают свинцово-медный концентрат, который затем разделяется на свинцовый и медный. Материал, оставшийся от свинцово-медной флотации, содержит в себе сфалерит и пирит, последовательно извлекаемые в отдельные концентраты.

По схеме последовательной селективной флотации обогащается большинство свинцово-цинковых руд, характеризующихся относительно равномерной вкрапленностью полезных минералов. Как правило, вначале получают свинцовый концентрат, а затем – цинковый.

Технология обогащения окисленных и смешанных свинцовых руд зависит не только от состава окисленных минералов и их флотируемости в ряду: церуссит > англезит > вульфенит > плюмбоярозит, но и от состава вмещающих пород. Легче всего обогащаются руды с силикатной породой, хуже – с карбонатной. Наиболее трудно обогатимы руды, содержащие значительное количество железа. Поэтому применяется предварительное гравитационное обогащение в тяжелых суспензиях с отсадкой на винтовых сепараторах, позволяющее выделить часть породы в отвальные хвосты перед флотацией. Флотацию проводят после предварительной сульфидизации.

Окисленные цинковые минералы флотируют после извлечения сульфидных и окисленных свинцовых минералов.

В целом при обогащении обычно получают свинцовый, цинковый, пиритный, баритовый, а иногда медный, флюоритовый, реже оловянный и другие концентраты.

Качество свинцовых, цинковых и серноколчеданных концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и перерабатывающими металлургическими и химическими заводами или существующими ГОСТами и техническим условиями. Ранее в практике стран СНГ качество концентратов устанавливалось требованиями ГОСТов и ОСТов, которые приводятся ниже в качестве справочного материала (табл. 6–9).

Таблица 6

Требования к качеству свинцовых концентратов (ОСТ 48-92–75)

Марка концентрата	Содержание, %			Марка концентрата	Содержание, %		
	свинца, не менее	примесей, не более			свинца, не менее	примесей, не более	
		цинка	меди			цинка	меди
КСО-А	74	2,5	1,5	КС4-А	56	7,0	3,3
КСО	73	2,5	1,5	КС4	55	8,0	3,5
КС1-А	71	3,0	1,7	КС5	50	10	4,0
КС1	70	3,0	1,7	КС6	45	11	5,0
КС2-А	66	4,0	2,0	КС7	40	13	6,0
КС2	65	4,0	2,0	ППС	30	Не нормируется	Не нормируется
КС3-А	61	5,5	2,5	ПСМ	20	Не нормируется	20,0
КС3	60	6,0	2,3				

Цинковый концентрат выпускался семи марок КЦ, а также в виде цинково-индиевого концентрата – КЦИ, химический состав которых в пересчете на сухую массу должен удовлетворять требованиям, указанным в табл. 7.

Таблица 7

Требования к качеству цинковых концентратов (ОСТ 48-31-81)

Марка концентрата	Массовая доля, %					
	цинка, не менее	индия, не менее	примесей, не более			
			железа	кремнезема	меди	мышьяка
КЦ-0	59	Не нормируется	4,0	2,0	0,9	0,05
КЦ-1	56	То же	5,0	2	1,0	0,05
КЦ-2	53	«	7	3	1,5	0,1
КЦ-3	50	«	9	4	2,0	0,3
КЦ-4	45	«	12	5	3,0	0,5
КЦ-5	40	«	13	6	3,0	0,5
КЦ-6	40	«	16	10	4,0	0,6
КЦИ	40	0,04	18	6	3,5	0,5

Примечание. Во всех марках цинкового концентрата по требованию потребителя определяется массовая доля фтора. Концентраты с массовой долей фтора более 0,02% поставляются по соглашению сторон.

Требования к качеству серного колчедана и баритового концентрата приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

Требования к качеству колчедана серного флотационного (ГОСТ 444-75)

Показатель	Нормы для марок				
	КСФ-0	КСФ-1	КСФ-2	КСФ-3	КСФ-4
Внешний вид	Сыпучий порошок (не допускаются инородные включения: куски породы, дерева, бетона, металла и др.)				
Содержание сульфидной серы, %, не менее	50	48	45	42	38
Суммарное содержание свинца и цинка, %, не более	Не нормируется	1	1	1	1
Содержание мышьяка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Содержание фтора, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание влаги, %, не более	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8

Примечание. По согласованию с потребителем допускается поставка флотационного серного колчедана с суммарным содержанием свинца и цинка более 1%; в колчедане марки КСФ-0 суммарное содержание свинца и цинка устанавливается по согласованию с потребителем.

Свинцовый концентрат выпускался восьми марок КС и пяти марок КС-А, а также в виде свинцового промпродукта (ППС) и свинцово-медного продукта (ПСМ), химический состав которых в пересчете на сухую массу должен был удовлетворять требованиям, указанным в табл. 6.

4.6.2. Основным способом получения свинца является восстановительная плавка агломерированных концентратов в шахтных печах. Выплавляемый черновой свинец, содержащий также благородные металлы и другие примеси, подвергается рафинированию, которое проводится пирометаллургическим или электролитическим способом. При рафинировании извлекаются все ценные компоненты и происходит очистка свинца от вредных примесей. Выплавка свинца из особо богатых и чистых концентратов (с содержанием металла не менее 75%) может производиться методом реакционной плавки.

Переработка цинковых концентратов производится двумя способами – пирометаллургическим (дистилляционным) и гидрометаллургическим (электролитным).

Переработка коллективных полиметаллических концентратов в последние десятилетия успешно осуществляется в электропечах. Накопленный опыт в этой области привел к созданию и освоению в России нового комбинированного способа переработки медно-цинковых и свинцово-цинковых концентратов – кивцэтного, в котором сочетаются различные формы автогенной плавки с электротермической доработкой шлаковых расплавов.

Таблица 9

Требования к качеству концентрата баритового (ГОСТ 4682–74)

Показатель	Нормы для марок					
	КБ-1	КБ-2	КБ-3	КБ-4	КБ-5	КБ-6
Содержание сернокислого бария, %, не менее	95	92	90	87	85	80
Содержание SiO ₂ , %, не более:						
для класса А	1,5	1,5	2,5	3,5	4,5	4,5
для класса Б	Не нормируется					
Содержание железа в пересчете на Fe ₂ O ₃ , %, не более:						
для класса А	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5
для класса Б	Не нормируется					
Содержание суммы кальция и магния в пересчете на CaO, %, не более:						
для класса А	0,5	1,0	1,5	6,0	7,0	7,0
для класса Б	Не нормируется					
Содержание водорастворимых солей, %, не более	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45
в том числе кальция: для класса А	Не нормируется					
для класса Б	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание влаги, %, не более	2	2	2	2	2	2
Содержание остатка после просева на сите с сеткой № 009К по ГОСТ 3584–73, %, не более:						
для класса А	Не нормируется					
для класса Б	4	4	4	4	4	4
Содержание фракции 5 мкм, %, не более:						
для класса А	Не нормируется					
для класса Б	5	5	10	15	20	20
Реакция водной вытяжки:						
для класса А	6–8	6–8	6–8	6–8	6–8	6–8
для класса Б	Не нормируется					
Примечание. Гранулометрический состав баритового концентрата определяется по требованию потребителей.						

4.7.3. Многие ценные попутные компоненты при обогащении извлекаются в свинцовый, цинковый и пиритный концентраты, из которых они могут быть получены в процессе последующей металлургической переработки.

До 50% золота, находящегося в рудах в самородном виде, выделяется в голове процесса гравитацией; остальное его количество накапливается в свинцовом, цинковом, медном и пиритном концентратах. Суммарное извлечение золота колеблется в широких пределах, достигая 70–80%. Серебро сосредоточивается преимущественно в свинцовом и цинковом концентратах.

Кадмий на 80–85% извлекается в основном в цинковый и частично в свинцовый концентраты, а при металлургическом переделе улавливается в пыли заводов.

Таллий в основном сосредоточивается в цинковых концентратах; извлекается из пыли сернокислотных заводов и цехов, а также из медно-кадмиевых осадков, получаемых при очистке цинкового электролита.

Индий, связанный главным образом со сфалеритом, извлекается в цинковый концентрат (извлечение индия находится на уровне 50–60%). При пирометаллургической переработке концентратов индий накапливается в пыли и отходах, а при гидрOMETаллургическом производстве цинка – в кеках от выщелачивания огарка и в медно-кадмиевом кеке.

Селен и теллур, рассеянные обычно по всем сульфидам, извлекаются (20–40%), как правило, в свинцовый и цинковый, а также в пиритный концентраты; в свинцовом и цинковом производстве селен и теллур получают из пыли обжиговых печей.

Основная масса галлия сосредоточивается в цинковом концентрате (извлечение в концентрат составляет 6–20%), при пирометаллургической переработке галлий в основном

переходит в ретортные остатки (раймовки); при гидрометаллургическом процессе галлий остается в кеках после выщелачивания огарков.

Германий, присутствующий в качестве примеси в силикатах, теряется с хвостами флотации, а связанный с рудными минералами может извлекаться в цинковом производстве из кадмиевой пыли, ретортных остатков и кеков после выщелачивания огарков.

Висмут извлекается при рафинировании свинца.

Ртуть накапливается в свинцовом (до 87–98%) и цинковом (до 76–83 %) концентратах и может быть получена в свинцовом и цинковом производстве.

Сурьма – вредная примесь, но может быть полностью извлечена даже при содержаниях в рудах 0,001 % при рафинировании свинца по щелочному способу.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в ТЭО кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод.

Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей (по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков);
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов, который производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных горных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным

Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений свинцово-цинковых руд производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновывается в ТЭО кондиций

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов, указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.); объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и

вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Специфика техногенных источников воздействия на окружающую среду на месторождениях свинцовых и цинковых руд определяется способом разработки (подземным и открытым), применением флотации в качестве ведущего метода обогащения и невозможностью полного улавливания при металлургии отдельных элементов, загрязняющих атмосферу (особенно сернистыми газами) и воды.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений свинцово-цинковых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, количество руды в которых не должно превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество их в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений свинцово-цинковых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных скважинами и горными выработками, без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных и готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации, а на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации.

Контур запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах, с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощности, состава руд и содержаний свинца и цинка.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических и др.).

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием промышленных компонентов («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний промышленных компонентов по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при эксплуатационной разведке или разработке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, содержаний, метропроцентов) и их оценивания с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям, составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера, и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию

отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** свинцовых и цинковых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых

предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;

- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_B + N_3} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.48

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 42 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений никелевых и кобальтовых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче никелевых и кобальтовых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 30 декабря 1982 г.

Методические рекомендации по применению классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд

1. Общие сведения

1.1. Никель – серебристо-белый металл, имеющий плотность 8,35–8,90 г/см³, температуру плавления 1452 °С; обладает ферромагнитностью, сильным блеском, хорошо полируется, поддается прокатке, ковке и сварке, легко вытягивается в проволоку.

Кобальт – металл белого цвета с красноватым оттенком, имеющий плотность 8,7–8,9 г/см³, температуру плавления 1493 °С; отличается сильной и устойчивой ферромагнитностью, ковкостью и тягучестью.

1.2. Среднее содержание никеля в земной коре (кларк) 0,0058%, кобальта – 0,0036%. Наиболее высокие содержания обоих элементов отмечаются в ультраосновных горных породах.

Известно более 40 никелевых и около 30 кобальтовых минералов, большинство из которых представляют собой простые или сложные сульфидные, арсенидные и сульфоарсенидные соединения. До 10 минералов никеля являются водными силикатами. В более чем 100 минералах никель и кобальт содержатся как изоморфная примесь или находятся в адсорбированной форме. Главнейшие минералы никеля и кобальта приведены в табл. 1.

1.3. Основная часть получаемого никеля (65%) расходуется на производство жаропрочных, конструкционных, инструментальных и нержавеющей сталей, где никель применяется в качестве легирующего элемента. До 20% никеля используется в производстве сплавов и суперсплавов совместно с железом, хромом, медью, цинком и другими металлами. Кроме того, значительное количество никеля (до 7%) расходуется на электролитическое покрытие поверхностей других металлов и сплавов. Никель также применяется в качестве катализатора при многих химических процессах и при производстве аккумуляторов.

Кобальт (до 40%) в виде металла или оксида применяется в жаропрочных и жаростойких сплавах и сталях, где служит легирующей добавкой к другим металлам. До 20%

кобальта идет на изготовление магнитных сплавов, обладающих большей магнитной энергией на единицу объема, чем магниты из других сплавов. В большом количестве (16%) кобальт применяется для изготовления твердых сплавов, среди которых различаются литые (стеллиты) и металлокерамические сплавы (керметы), в состав которых кроме кобальта входят хром, вольфрам, титан, молибден и углерод. В химической и керамической промышленности потребляется до 20% кобальта в качестве катализатора или для изготовления красок и эмалей. В последнее время кобальт широко применяется в производстве литиево-кобальтовых аккумуляторов и элементов питания. Радиоактивный изотоп ^{60}Co применяется в медицине, дефектоскопии и сельском хозяйстве.

Таблица 1

Важнейшие промышленные минералы никеля и кобальта

Название минерала и химическая формула	Содержание, %	
	никеля	кобальта
I Сульфиды		
Пентландит $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	22–42	1–3
Никелистый пирротин FeS	0,4–0,7	–
Миллерит NiS	61–64	0,1–0,5
Линнеит Co_3S_4	–	40–53
Кобальтпирит $(\text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$	–	0,05–3
II. Арсениды, сульфоарсениды и арсенаты		
Скуттерудит CoAs_3	0–9	11–20
Саффорит $(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$	0–0,3	10–30
Шмальтин – хлоантит $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_2$	1–21	4–24
Кобальтин CoAsS	0,5–2	26–34
Эритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	0–6	20–30
III. Силикаты, гидросиликаты и гидроксиды		
Гарниерит $(\text{Ni}, \text{Mg})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	16–35	0–0,1
Ревдинскит $(\text{Ni}, \text{Mg})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	16–35	0,0–0,1
Никелевый керолит $(\text{Mg}, \text{Ni})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	10–15	Следы
Нонтронит $m\{\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\} \cdot p\{(\text{Al}, \text{Fe})_2 \cdot [\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\}$	0,5–2,0	Следы
Никелевый серпофит $(\text{Mg}, \text{Ni}, \text{Fe})_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	4–5	Следы
Никелевый гидрохлорит $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_6[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	2–6	0,03–1,2
Асболаны и псиломеланвады $m(\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	0,8–20	0,8–32
Гетерогенит $\text{CoO} \cdot 2\text{Co}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	–	10–20

1.4. Основными геолого-промышленными типами месторождений никеля и кобальта являются магматические сульфидные медно-никелевые, гипергенные силикатные никелевые коры выветривания и гидротермальные арсенидные и сульфоарсенидные никель-кобальтовые и собственно кобальтовые месторождения (табл. 2).

1.4.1. Сульфидные медно-никелевые месторождения (37% мировых запасов никеля и более 10% кобальта) генетически связаны с дифференцированными массивами ультраосновных и основных магматических пород (перидотитов, габбро-норитов, габбро и габбро-диабазов). Медно-никелевые рудные тела располагаются преимущественно в придонной части интрузивов, а иногда во вмещающих интрузивы породах. Руды представлены вкрапленными и прожилковыми разностями, в меньшей степени – сплошными и брекчиевидными. Рудные тела имеют, как правило, крупные размеры: протяженность по падению и простиранию до нескольких километров, мощность до 100 м; плитообразные, пластообразные, линзообразные, жилообразные и более сложные формы; залегают субгоризонтально, реже полого- или крутонаклонно. Господствующее развитие имеют согласные пластообразные залежи вкрапленных руд. К лежащему боку рудных тел приурочены сплошные руды, образующие отдельные пласты, линзы и жилы, сложенные массивными, брекчиевидными и густовкрапленными разновидностями. Характерной особенностью сульфидных месторождений является сравнительно выдержанный минеральный состав руд. Главными минералами руд являются пирротин, пентландит, халькопирит и магнетит; второстепенными – пирит, кубанит, миллерит, валериит, минералы

группы платины; редкими – хромит, маккинавит, самородное золото и др. Руды содержат никель, медь, кобальт, платиноиды, а также селен и теллур, золото, серебро и серу.

Месторождения описываемого типа являются ведущими в запасах и добыче никеля и кобальта в России. В зарубежных странах роль сульфидных медно-никелевых месторождений подчиненная.

Таблица 2

Главные промышленные типы месторождений никеля и кобальта

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Главные рудные минералы	Содержание в рудах		Наиболее характерные попутные компоненты	Примеры месторождений
			никеля	кобальта		
Сульфидные медно-никелевые	Согласные пластообразные залежи, линзы	Никелистый пирротин, пентландит, халькопирит (талнахит, моихукит), кубанит, магнетит	От десятых долей до нескольких процентов	От сотых до десятых долей процента	Платиноиды, золото, серебро, селен, теллур	Норильск-I, Талнахское, Октябрьское, Ждановское, Семилетка (Россия), Седбери (Канада), Инсизва (ЮАР), Никола-Нивола (Финляндия)
Силикатные никелевые коры выветривания	Пластообразные, плащеобразные залежи	Гарниерит, ревдинскит, керолит, нонтронит, гидрохлориты	От 0,7–0,8% до нескольких процентов	От сотых до десятых долей процента	Железо	Серовское, Буруктальское, Сахаринское (Россия), месторождения Кемпирсайской (Казахстан), Побужской групп (Украина), Новой Ковалевки (Куба)
Арсенидные и сульфоарсенидные никель-кобальтовые и собственно кобальтовые	Трещинные жилы, жиллообразные тела	Шмальтин, хлоантит, никелин, скуттерудит, кобальтин	От десятых долей до нескольких процентов	Первые проценты	Золото, сурьма, ртуть	Ховуаксы (Россия), Бу-Аззер (Марокко), месторождения района Кобальт (Канада)

1.4.2. Силикатные никелевые месторождения коры выветривания (63% мировых запасов никеля и 58% кобальта) развиваются при латеритном выветривании основных и ультраосновных пород. По условиям образования, геологическому строению и формам залегания выделяют три основных морфологических типа месторождений, соответствующие трем основным типам коры выветривания: площадной (Буруктальское, Сахаринское, Серовское), линейный (Синарское), линейно-площадной (Черемшанское). Рудные тела силикатных никелевых месторождений, как правило, значительные по размерам: протяженность сотни метров – первые километры, мощность от 1 до 30–50 м; форма их обычно плащеобразная, пластообразная со сложными контурами в плане; встречаются линзовидные, нередко с карманообразными углублениями, клинообразные и гнездовидные тела; не имеют четких геологических границ и оконтуриваются по данным опробования.

Залегание рудных тел обычно горизонтальное или пологонаклонное; исключение составляют рудные тела месторождений контактово-карстового подтипа коры выветривания (Черемшанское). Минеральный состав руд очень сложный. Никель в рудах распределен во многих минеральных формах и представлен как силикатными, так и оксидными соединениями. Руды, кроме никеля, содержат в небольшом количестве кобальт, концентрирующийся в марганцевых минералах в охрах и обохренных серпентинитах.

Эти руды характеризуются тонкодисперсным и аморфно-кристаллическим распределением металла, обычно входящего в различные минеральные фазы.

Остаточные коры выветривания образованы гипергенным серпентином,

феррисаполитом, нонтронитом, гётитом-гидрогётитом, маггемитом, гипергенным магнетитом, кобальт-никелевыми асболанами и железо-кремниевыми фазами. Зонам инфильтрации свойственны никелевые и магний-никелевые серпентины, талькоподобные магний-никелевые минералы (керолит, пимелит), а также их смеси. В преобразованных корях выветривания развиты никелевый бертьерит, гипергенный магнетит, маггемит, миллерит, магний-никелевые серпентины и амезиты.

Руды по комплексу рудообразующих минералов и компонентов (никель и кобальт, железо, магнезия, кремнезем и глинозем) подразделяются на два основных типа: железистые (охристые, лептохлоритовые, гематитовые) и магнезиальные (серпентиниты с никелевыми силикатами).

Силикатные никелевые руды являются необогатимыми с помощью традиционных механических методов и поэтому подвергаются непосредственно гидро- или пирометаллургическому переделу.

Содержание никеля в рудах варьирует от 0,5% до первых процентов, а кобальта – от нескольких сотых до первых десятых процента.

Вредными примесями в силикатных никелевых рудах являются медь и хром, а при плавке на ферроникель – и фосфор.

Силикатные никелевые месторождения в России играют подчиненную роль в запасах и добыче никеля и кобальта. В зарубежных странах месторождения этого типа – ведущие в запасах никеля и кобальта и их производстве.

1.4.3. Арсенидные и сульфоарсенидные никель-кобальтовые и собственно кобальтовые месторождения представлены трещинными жилами и жилообразными телами вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд гидротермального происхождения (Ховуаксы). Жилы имеют сложные формы, с раздувами и пережимами. Встречаются кулисообразно залегающие серии линз с переходом в зоны прожилков и вкрапленности. Помимо главных рудных минералов присутствуют леллингит, самородное серебро, аргентит, электрум, самородный висмут, арсенопирит, теннантит, антимонит, киноварь, реже отмечаются сфалерит, галенит. Среди минералов зоны окисления наиболее распространены арсенаты кобальта и никеля группы эритрина–аннабергита. Жильными минералами являются кварц, кальцит, доломит, реже анкерит и хлорит. Руды содержат кобальт, никель, медь, серебро, золото, висмут и мышьяк.

Месторождения этого типа не имеют широкого распространения, и роль их в запасах никеля и кобальта в России невелика; доля участия их в запасах и добыче зарубежных стран также ничтожно мала.

1.4.4. Кроме описанных геолого-промышленных типов за рубежом выявлены **ильменит-магнетитовые никеленосные** (Норвегия), **колчеданные никеленосные** (Финляндия) и **жильные «пятиэлементной формации»** (ЮАР) месторождения, на долю которых приходится менее 1% мировых запасов никеля. В России месторождения этих типов не известны.

1.4.5. Значительная доля запасов кобальта сосредоточена **в комплексных кобальтсодержащих месторождениях**, которые кроме указанных выше сульфидных медно-никелевых и силикатных никелевых включают в себя следующие геолого-промышленные типы: медистых песчаников и сланцев, железорудные (магнетитовые) и медноколчеданные.

Стратиформные месторождения кобальтсодержащих медистых песчаников и сланцев выявлены только в Республике Конго, Замбии и Уганде. Рудные тела представлены пластообразными, реже жилообразными формами. Кобальт присутствует в рудах в основном в виде кобальтсодержащего пирита, линнеита и карролита в ассоциации с минералами меди и урана. Содержание кобальта до 0,3% в сульфидных и 0,25–2,0% в окисленных рудах. Масштаб месторождений этого типа очень крупный, запасы кобальта в них составляют до 50% общемировых, а производство свыше 40%. В России аналогичных месторождений не выявлено.

В железорудных месторождениях кобальт присутствует в кобальтсодержащем пирите,

частично в магнетите, а также, реже, в арсенидах и сульфоарсенидах. Содержание кобальта в рудах 0,007–0,028%. Месторождения этого типа известны во многих странах мира, в том числе и в России. В настоящее время при переработке этих руд кобальт не извлекается, несмотря на наличие технологий, по экономическим причинам.

В месторождениях медноколчеданного типа кобальт сосредоточен в пирите в виде изоморфной примеси и реже встречаются собственные минералы – кобальтин, линнеит и др. Содержание кобальта в рудах 0,013–0,07%. Месторождения этого типа известны в Финляндии, Норвегии и России. Извлекается кобальт из таких руд только в Финляндии.

1.4.6. Новым потенциально-промышленным типом являются **железомарганцевые конкреции** (ЖМК), встречающиеся во всех океанах на поверхности абиссальных равнин дна глубинах 4500–5500 м. Подавляющее число рудных полей сосредоточено в Тихом океане, особенно в зоне Кларион – Клиппертон (1500 x 2000 км). Плотность залегания конкреций (их масса приходящаяся на 1 м² дна) варьируется в широких пределах, редко превышая 30 кг/м².

Залежи являются комплексными месторождениями Mn, Ni, Co и Cu. Диаметр конкреций составляет 0,1–10 см, преимущественно 3–7 см. Конкреции содержат (%): Mn 25–30, Fe 6–12, Ni 1–2, Co 0,2–1,5, Cu 1–1,5, P 0,5–1; в качестве примесей в них обнаружены Mo, PЗЭ, V, платиноиды, Au и другие компоненты.

Потенциальный интерес представляют также кобальт железомарганцевые конкреционно-корковые (КМК) образования* Мирового океана, известные на подводных горах и океанических поднятиях на глубинах от 300 до 4000 м, где они нередко образуют покрытия мощностью от нескольких миллиметров до 10 см на коренных породах или уплотненных осадках. Коры сложены гидроксидами Fe и содержат Mn, Ni, Cu, Co и P.

1.4.7. Интерес для освоения могут представлять **техногенные месторождения**, образовавшиеся в результате складирования забалансовых никелевых и кобальтовых руд, никель- и кобальтсодержащие отходы обогатительного (пирротиновый концентрат, хвосты) и металлургического (шлаки, кеки) процессов. Состав и строение техногенных месторождений определяются геолого-промышленным типом исходного природного месторождения, способом добычи и технологической схемой переработки минерального сырья, а также условиями складирования и сроками хранения отходов. Указанные факторы требуют специфических подходов к изучению и оценке техногенных месторождений, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденном Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения никеля месторождения никелевых руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам, а месторождения кобальтовых руд – 4-й группе

* Требования к изучению железомарганцевых конкреций и кобальтомарганцевых корок Мирового океана регламентируются «Основными положениями по подсчету и учету запасов и прогнозных ресурсов железомарганцевых конкреций Мирового океана», утвержденными Председателем ГКЗ СССР в 1989 г. и другими нормативными и методическими документами, содержащимися в сборниках «Методика проведения геологоразведочных работ на железомарганцевые конкреции Мирового океана» (М., 1997) и «Кобальтомарганцевые корки Мирового океана» (М., 1996)

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

сложности, установленных «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся сульфидные медно-никелевые месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными залежами вкрапленных руд с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением никеля (залежи вкрапленных руд месторождений Талнах-Октябрьского района и Норильск-1).

По простиранию длина рудных тел достигает нескольких километров при ширине от 300 м до 1,5 км. Мощность тел обычно составляет 30–40 м, снижаясь на фланговых частях месторождения до 5–10 м, а в центральных осевых частях достигает 60–100 м.

Ко **2-й группе** относятся:

- сульфидные медно-никелевые месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными и плитообразными залежами сложного строения, невыдержанной мощности, с раздувами, пережимами и ответвлениями или с неравномерным распределением никеля (залежи богатых руд Октябрьского и Талнахского месторождений, месторождения Ждановское, Заполярное, Котсельваара-Каммикиви, Семилетка). Длина рудных тел составляет от первых сотен метров до нескольких километров. По ширине аналогичные размеры имеют субгоризонтальные тела. Длина отдельных наклонных и крутопадающих тел по падению может достигать 1,5 км и более. Мощность тел изменяется в пределах от первых метров до 100 м;
- силикатные никелевые месторождения с крупными, средними и мелкими залежами пластообразной, плащеобразной, линзообразной и клиновидной формы, невыдержанной мощности, с раздувами, пережимами, карманообразными углублениями, со сложным характером выклинивания и неравномерным распределением никеля (Буруктальское, Черемшанское, Серовское, Сахаринское). Размеры рудных тел, залегающих практически горизонтально или слабонаклонно, варьируют от сотен метров до первых километров при мощности от 1 до 30–50 м.

К **3-й группе** относятся:

- медно-никелевые месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и мелкими залежами очень сложной формы (линзовидными, жилообразными), весьма невыдержанными по мощности, с многочисленными ответвлениями, раздувами, пережимами, со сложным характером выклинивания и неравномерным распределением никеля. Длина рудных тел по простиранию и падению десятки – первые сотни метров, мощность от 1–2 м до первых десятков метров (Спутник, Шануч, участки «медистых» руд Октябрьского и Талнахского месторождений);
- месторождения силикатных никелевых руд, связанные с корой выветривания смешанного типа со средними и мелкими узколинзообразными и клиновидными залежами весьма невыдержанной мощности. Размеры рудных тел по простиранию и падению составляют первые сотни метров при мощности от 1 до 10–20 м (Кунгурское, Покровское, Синарское месторождения).

К **4-й группе** относятся арсенидные и сульфоарсенидные никель-кобальтовые и собственно кобальтовые месторождения весьма сложного геологического строения с рудными телами, представленными мелкими по размерам сложными трещинными жилами весьма невыдержанной мощности, с многочисленными ответвлениями, раздувами и пережимами, со сложным характером выклинивания и весьма неравномерным распределением кобальта. Протяженность рудных тел колеблется от 100 до 400 м по простиранию и от 20 до 600 м по падению при мощности от 0,5 м до первых метров (Ховуаксы).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается

по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности могут использоваться и количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях никелевых и кобальтовых руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000, в зависимости от размеров и сложности месторождения (для месторождений силикатных никелевых руд – также на карте развития коры выветривания того же масштаба), на геологических разрезах, планах, проекциях, а в некоторых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями, а для месторождений силикатных никелевых руд – также о типе кор выветривания (линейный, площадной), взаимоотношениях их с коренными породами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон, кор выветривания должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы. Детальность изучения должна позволить установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления или кор выветривания, а также степень окисленности сульфидных руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний никеля и кобальта и провести подсчет запасов окисленных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка сульфидных медно-никелевых и силикатных никелевых месторождений

* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений никеля и кобальта и рудопоявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы никелевых и кобальтовых руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

на глубину проводится в основном скважинами (месторождений сложного строения, особенно арсенидных и сульфоарсенидных, – в основном горными выработками в сочетании со скважинами) с использованием геофизических методов исследования – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе месторождения по сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа. При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера окolorудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами – весовым, объемным.

Величина представительного выхода керна для определения содержания никеля и кобальта и мощностей рудных интервалов должна быть определена исследованиями с учетом возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд, следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения и количественной оценки запасов необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении, и обеспечивать возможность дифференциальной интерпретации результатов измерений с целью последующего использования их для оценки неравномерности оруденения в недрах.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углом не менее 30°. Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности

разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – и веера скважин подземного бурения. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки проходятся, как правило, для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб, а на месторождениях сложного строения – для изучения (в сочетании со скважинами) условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд. На месторождениях арсенидных и сульфоарсенидных руд горные выработки (в сочетании со скважинами) являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности и вещественного состава руд.

На месторождениях, разведка которых осуществляется горными выработками, должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках сплошность и изменчивость оруденения по простиранию и падению: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам – пересечением квершлагами, ортами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров и особенностей геологического строения.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений никелевых и кобальтовых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные.

Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождений должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы на таких участках или горизонтах должны быть разведаны по категориям А+В, 2-й группы – по категории В, 3-й и 4-й групп – по категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании для подсчета запасов методов геостатистического моделирования, метода обратных расстояний и других на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, заключающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом конкретном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при

подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений никелевых и кобальтовых руд в странах СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Вид выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категории запасов, м					
			А		В		С ₁	
			по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению
1-я	Крупные пластообразные залежи вкрапленных руд простого строения с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением никеля	Скважины	100	100	200	200	400	400–600
2-я	Крупные пластообразные и плитообразные залежи сложного строения невыдержанной мощности или с неравномерным распределением никеля	То же	–	–	50–100	50–100	100–200	75–100
	Крупные, средние и мелкие пластообразные, плащеобразные и линзовидные залежи невыдержанной мощности с неравномерным распределением никеля	„	–	–	20–50	20–50	50–100	50
3-я	Средние и мелкие залежи очень сложных форм с весьма неравномерным распределением никеля	„	–	–	–	–	50	25–50
4-я	Мелкие сложные жилы невыдержанной мощности с весьма неравномерным распределением никеля и кобальта	Горные выработки	–	–	–	–	Непрерывное прослеживание	30–40
		Скважины	–	–	–	–	50	50
Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С ₂ по сравнению с сетью для категории С ₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.								

На месторождениях с прерывистым оруденением (4-я группа), оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность селективной выемки.

3.4.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. При проверке следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их

положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералоготехнологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.5. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.5.1. Выбор методов (геологических, геофизических*) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Они должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических) и способов (керновый, бороздовый, задииковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.5.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок; в разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются они отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов сурьмы деление керна при опробовании на половинки не производится.;

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

- в горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки, в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м, а для арсенидных и сульфоарсенидных месторождений 1–2 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок являются основой для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), равной 1 м; увеличение интервалов опробования возможно при выдержанности параметров оруденения, а уменьшение – в случае крайней неравномерности его, но должно оставаться кратным 1 м. Методика дифференциальной интерпретации геофизических данных для прогнозирования показателей радиометрической сепарации должна обеспечивать оценку содержания ценного компонента с достаточной точностью при линейных размерах пробы, соответствующих куску максимальной крупности (100–200 мм). По данным опробования и результатам документирования каменного материала скважин и горных выработок производится также количественная оценка распространенности в рудах пустых (некондиционных) прослоев, включаемых в контур подсчета запасов в соответствии с принятыми параметрами кондиций.

3.5.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения и надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 –20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, керового опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90%).

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

При наличии избирательного истирания керна, существенно искажающего результаты опробования, его достоверность по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Достоверность принятого метода и способа опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки.

Для действующих предприятий достоверность принятых способов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и буровым

скважинам.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.6. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.7. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих компонентов. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с утвержденными «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Рядовые пробы анализируются на все компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности.

На месторождениях сульфидных медно-никелевых руд рядовые пробы анализируются на никель, медь, кобальт и серу, а в рудах с повышенным содержанием платиноидов и золота определяются также и эти компоненты. Другие полезные компоненты (серебро, селен, теллур и др.), вредные примеси (цинк, свинец, мышьяк, фтор, кадмий, висмут), а также шлакообразующие компоненты (SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , MgO и CaO) определяются обычно по групповым пробам.

На месторождениях силикатных никелевых руд в рядовых пробах определяются никель, кобальт и железо (для железистых разностей). Групповые пробы анализируются на никель, кобальт, железо, на шлакообразующие компоненты (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , CaO , иногда FeO , MnO , TiO_2) и вредные примеси (Cr_2O_3 , Cu и P_2O_5).

На месторождениях арсенидных и сульфоарсенидных никелевых и кобальтовых руд в рядовых пробах определяются никель, кобальт, иногда мышьяк, в групповых – медь, мышьяк, висмут, золото, серебро, сера, сурьма, свинец, цинк и шлакообразующие компоненты (SiO_2 , CaO и MgO).

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные и шлакообразующие компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

На месторождениях силикатных никелевых руд шлакообразующие компоненты должны быть изучены во всех скважинах по сети, соответствующей категории C_1 .

Для выяснения степени окисления сульфидных, арсенидных и сульфоарсенидных руд и установления границы зоны окисления, а также для определения количества никеля и кобальта, связанных с силикатами, должны выполняться фазовые анализы.

3.8. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные, шлакообразующие компоненты и

вредные примеси.

3.8.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.8.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержание. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.8.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.8.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Ni	1–2	5	Te	100–500	17
	0,5–1	7		50–100	22
	0,2–0,5	10		20–50	25
Co	>1	2,5		5–20	30
	0,5–1,0	3,5		1–5	30
	0,1–0,5	6,0		Cr ₂ O ₃	10–20
	0,05–0,1	10	5–10		3
	0,01–0,05	25	1–5		5
Cu	1–3	5,5	0,1–1		8,5
	0,5–1	8,5	0,1–0,3	11	
	0,2–0,5	13	0,05–0,1	15	
	0,1–0,2	17	0,01–0,05	25	
S	30–40	1,2	P ₂ O ₅	0,001–0,01	30
	20–30	1,5		0,1–1	11
	10–20	2		0,05–0,1	15
	2–10	6		0,01–0,05	25
	1–2	9		0,001–0,01	30
Au	4–16	18	SiO ₂	>50	1,3
	1–4	25		20–50	2,5
	0,5–1	30		5–20	5,5
	<0,5	30		1,5–5	11
Ag	100–300	7	Fe ₂ O ₃	10–20	3
	30–100	12		5–10	6
	10–30	15		1–5	12
	1–10	22	FeO	5–12	5,5
	0,5–1	25		3,5–5	10
Se	100–500	15	<3,5	20	
	50–100	20	MgO	20–40	3
	20–50	25		10–20	4,5
	5–20	30		1–10	9
	1–5	30		Al ₂ O ₃	15–25
		10–15	5		
		5–10	6,5		
		1–5	12		

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией

3.9. По результатам выполненного контроля опробования (отбора, обработки проб и анализов) должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.10. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов, характеристикой их физических свойств производится также количественная оценка их распространенности.

В сульфидных медно-никелевых, арсенидных и сульфоарсенидных рудах особое внимание должно быть уделено минералам, содержащим никель, кобальт, медь и платиноиды, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и соотношений различных по крупности классов; для руд, требующих обогащения, должно быть определено количество никеля и кобальта, не связанных с сульфидами и уходящих в

хвосты.

Для силикатных никелевых руд коры выветривания ультраосновных пород первостепенное значение имеют сведения о их химическом составе, закономерностях распределения в пределах рудных тел никеля, кобальта, шлакообразующих компонентов, триоксида хрома и других вредных примесей. Наряду с этим должен быть определен минеральный состав, тщательно изучены минералы, содержащие никель и кобальт.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.11. Определение объемной массы и влажности необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд, внутрирудных некондиционных прослоев и вмещающих пород, руководствуясь «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.12. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии с известными месторождениями, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геологотехнологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы (в соответствии со СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

На лабораторных и укрупнено-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить степень измельчаемости руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.3. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (рентгенорадиометрической и др.) сепарации. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденные Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сепарации; уточняются данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения. Устанавливаются основные показатели радиометрического обогащения – выход хвостов и концентрата, извлечение и содержание в них полезных компонентов, коэффициент обогащения.

4.4. При исследовании обогатимости сульфидных и арсенидных руд изучают степень их окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовой,

дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и стадийную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателей, определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов и их характеристики, извлечение полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного балансов. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10% и должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и металлургических заводах по переработке никелевых и кобальтовых руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

4.6. В России для получения никеля и кобальта в настоящее время используются руды только двух промышленных типов: сульфидные медно-никелевые и силикатные никелевые коры выветривания.

4.6.1. *Сульфидные медно-никелевые руды* по содержанию никеля подразделяются на богатые (сплошные) и рядовые (вкрапленные).

Рядовые руды печенгского типа подвергаются обогащению с получением коллективного медно-никелевого концентрата. Рядовые руды норильского типа обогащаются по гравитационно-флотационной схеме с получением никелевого, медного, пирротинового и гравитационного концентратов. Последний представляет собой обогащенный платиновыми металлами продукт.

Богатые руды печенгского типа с содержанием никеля не менее 1,5% направляются непосредственно в плавку. Богатые руды норильского типа большей частью перерабатываются по схеме обогащения с получением легкой фракции, представляющей собой рядовую вкрапленную руду, никелевого, медного, пирротинового и гравитационного концентратов. Часть богатых руд без обогащения отгружается для прямой переработки на металлургические заводы.

Коллективный медно-никелевый концентрат подвергается окатыванию и обжигу в специальном цехе с получением окатышей. В настоящее время производится замена этого процесса на брикетирование концентрата. Переработка окатышей (в дальнейшем брикетов) вместе с богатой рудой осуществляется в плавильном цехе, конечной продукцией которого является медно-никелевый фанштейн.

Полученная при обогащении легкая фракция перерабатывается совместно с вкрапленными рудами на обогатительной фабрике с получением селективных концентратов.

Частично никелевый концентрат после предварительной агломерации и медный – после сушки направляются на пирометаллургическую переработку.

Пирротиновый концентрат, представляющий собой сульфидный промпродукт, перерабатывается отдельно по гидрометаллургической автоклавно-окислительной

технологии с получением сульфидного концентрата и отвальных железогидратных хвостов. Указанный концентрат в дальнейшем совместно с частью никелевого и медного концентратов с обогатительных фабрик перерабатываются по схеме взвешенной плавки с получением фанштейна, анодной меди и технической серы.

Полученный гравитационный концентрат объединяется затем с медным флотационным концентратом и перерабатывается на медном заводе.

Все попутные компоненты при обогащении переходят в различные концентраты и извлекаются при дальнейшей их металлургической переработке. Кобальт извлекается из конверторных шлаков никелевого производства на кобальтовых заводах гидрометаллургическим способом. Из отходящих газов при выплавке фанштейна и анодной меди производятся серная кислота и техническая сера.

Благородные металлы, селен и теллур накапливаются в анодных шламах никелевого и медного производства, перерабатываемых пиро- и гидрометаллургическими способами с получением платиновых концентратов (ПК), из которых в дальнейшем на аффинажном заводе получают чистые металлы.

Вредными примесями в сульфидных медно-никелевых рудах являются цинк, свинец, мышьяк, фтор, кадмий, висмут; предельные содержания их устанавливаются техническими условиями.

Товарной продукцией, получаемой из руд сульфидных медно-никелевых месторождений, являются: никель и медь электролитные, кобальт металлический и кобальтовые продукты, металлы платиновой группы, золото, серебро, селен, теллур, техническая сера и серная кислота.

4.6.2. Силикатные никелевые руды в России по комплексу рудообразующих минералов представляют собой единый природный (геологический) и технологический тип. Руды после предварительного агломерирования или брикетирования подвергаются пирометаллургическому процессу – шахтной восстановительной сульфидизирующей плавке на штейн, который в последующем перерабатывается на металлический никель. В состав проплавляемой шихты включаются кокс, известняк (мрамор), пирит и гипс. Эта технологическая схема достаточно хорошо освоена на практике, что является ее единственным достоинством. Главные недостатки заключаются в сложности (многостадийности) технологии, высоком расходе дорогостоящего и дефицитного кокса, низком извлечении никеля и особенно кобальта и, наконец, в полной потере всего железа руды. Кобальт извлекается из конверторных шлаков по сложной технологической схеме с получением металла и оксида кобальта.

В зарубежных странах силикатные никелевые руды перерабатываются по пирометаллургической схеме – электроплавка предварительно прошедших восстановительный обжиг руд на ферроникель, или по гидрометаллургическим схемам – амиачное выщелачивание с получением товарного продукта «синтера» и сернокислотное выщелачивание с получением сульфидного концентрата с содержанием никеля до 50% и кобальта 5–6%.

Вредными примесями в силикатных никелевых рудах являются медь и хром, а при плавке на ферроникель – и фосфор; предельные содержания этих компонентов устанавливаются техническими условиями.

4.6.3. Качество руд, направляемых непосредственно в переработку без обогащения, а также получаемых коллективных, селективных концентратов и промпродуктов должно быть в каждом конкретном случае регламентировано договором между поставщиком (рудник, обогатительная фабрика) и металлургическим (гидрометаллургическим) заводом или должно соответствовать существующим техническими условиями.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и протокатов;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них полезных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов, который производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных горных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях;

инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

Разработка месторождений никелевых и кобальтовых руд производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого одним и другим способом. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновывается в ТЭО кондиций. Месторождения силикатных никелевых руд обрабатываются только открытым способом.

5.3. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.) должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.4. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.5. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов, о возможности использования вскрышных или вмещающих пород изучаемого месторождения в качестве строительных материалов, указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.6. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Специфика техногенных источников воздействия на окружающую среду на месторождениях никелевых и кобальтовых руд определяется способом разработки (подземным или открытым), применением флотации в качестве ведущего метода обогащения и невозможностью полного улавливания при металлургии (гидрометаллургии, автоклавном выщелачивании) загрязняющих атмосферу и воды отдельных элементов (особенно с сернистыми газами).

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить

мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

Должна быть определена технология хранения хвостов производства с учетом их воздействия на окружающую среду, изучена возможность использования оборотных вод, оценены направления использования отходов предложенной схемы обогащения руд, даны рекомендации по очистке промстоков и объему потребления технической воды.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.7. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.8. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений никелевых и кобальтовых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, количество руды в которых не должно превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений никелевых и кобальтовых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях

1-й группы в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками, без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы категории В при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.3. К категории С₁ относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации, а на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации.

Контур запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории С₂ подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах, с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощности, состава руд и содержаний никеля и кобальта.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, горнотехнических, экологических и др.).

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием основных полезных компонентов (ураганные пробы), проанализировано и при необходимости ограничено их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня ураганных значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний основного полезного компонента по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности запасов, выявленных при эксплуатации, необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются данными разработки или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при эксплуатационной разведке или разработке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности,

содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, содержаний, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должно быть достаточным для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера, и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, а минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния ураганных проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.),

результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** никелевых и кобальтовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных,

представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических

расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):
Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.45

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям оловянных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 49 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений оловянных руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче оловянных руд и их переработке.

С выходом данных «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям оловянных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 30 ноября 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям оловянных руд

1. Общие сведения

1.1. Олово – мягкий ковкий металл серебристо-белого цвета, кристаллической структуры, имеющий плотность $7,3 \text{ г/см}^3$, температуру плавления $231,8 \text{ }^\circ\text{C}$ и кипения $243 \text{ }^\circ\text{C}$. При нормальной температуре олово может быть прокатано в листы толщиной $0,005 \text{ мм}$ (оловянная фольга). С повышением температуры его ковкость резко возрастает и достигает максимума при $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Специфические свойства олова (антикоррозийность, легкоплавкость, способность давать антифрикционные сплавы с рядом цветных металлов, безвредность солей олова для здоровья человека и др.) обусловили широкое его использование во многих отраслях промышленности: пищевой, автомобильной, тракторной, авиационной, химической, стекольной, электротехнической и др. Основное применение олово находит в сплавах (припоях, баббитах, бронзах, типографском и др.), а также при изготовлении белой жести и фольги. Соли олова употребляются при производстве эмалей, в красильном деле, стекольной промышленности, гальванопластике, сельском хозяйстве. Олово высокой чистоты используется в производстве полупроводников.

1.2. Олово принадлежит к малораспространенным элементам, средне содержание его в земной коре составляет $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ (по массе), в различных горных породах оно колеблется от $0,5 \cdot 10^{-4}\%$ до $3 \cdot 10^{-4}\%$.

Олово – характерный элемент верхней части земной коры, где оно в определенных геологических условиях образует промышленные концентрации оловянных и комплексных руд.

В природе известно более 90 оловосодержащих минералов, и список их ежегодно пополняется. Они представлены самородным оловом, интерметаллическими соединениями (станнопалладинит), оксидами (касситерит, воджинит, торолит), гидроксидами (варламовит), силикатами (малайяит, стокезит, арандизит), сульфидами (станнин, тиллит, герценбергит),

сульфосолями (франкеит, канфильдит, цилиндрит), гидростаннатами (викманит, натанит). В ряде случаев значительные количества олова содержатся в минералах-концентраторах, таких как гранат, пироксен, людвигит, магнетит и др.

Касситерит в рудах имеет основное промышленное значение, однако не является, как это считалось ранее, единственным промышленно ценным минералом. В современных условиях промышленность может использовать также руды, содержащие наряду с касситеритом и станнином норденшельдин, франкеит, тиллит, цилиндрит, канфильдит, гулсит, варламовит, натанит и другие минералы, которые в отдельных типах руд целого ряда месторождений в количественном отношении не только не уступают касситериту, но часто преобладают над ним, образуя промышленные концентрации. Краткие сведения о главных минералах олова приведены в табл. 1.

Таблица 1

Главнейшие минералы олова

Минерал	Химическая формула	Содержание олова, %
Касситерит	SnO ₂	78,62
Станнин	Cu ₂ FeSnS ₄	27,5
Тиллит	PbSnS ₂	30,51
Цилиндрит (килиндрит)	Pb ₆ Sn ₆ Sb ₂ S ₂₁	26,63
Канфильдит	Ag ₈ (Sn, Ge)S ₆	10,1
Франкеит	Pb ₅ Sn ₃ Sb ₂ S ₁₄	9,48–17,36
Норденшельдин	CaSn[BO ₃] ₂	53,65
Гулсит	(Fe ²⁺ Mg) ₂ (Fe ³⁺ Sn)[O ₂][BO ₃]	11,92
Малайяит	CaSnSiO ₅	46,20
Натанит	FeSn(OH) ₆	42,90
Варламовит	FeSn(O, OH) ₂	56,25

Касситерит (оловянный камень) содержит примеси Fe, Mn, W, Ta, Nb, Sc, In, Zr и другие, из-за чего фактическое содержание олова в нем колеблется от 68 до 78%. Примеси тантала, ниобия, скандия, индия в касситеритах отдельных месторождений могут достигать промышленных концентраций и попутно извлекаться при переработке оловянных концентратов. В поверхностных условиях касситерит представляет собой весьма стойкое инертное соединение, что обуславливает сохранение его в толще рыхлых отложений и образование оловоносных россыпей. В зоне окисления касситерит также устойчив. Вследствие этого на существенно касситеритовых месторождениях не происходит вторичного обогащения руд в зоне окисления, но может иметь место остаточное обогащение за счет выщелачивания вблизи поверхности менее стойких минералов (сульфидов, карбонатов). Поэтому при оценке месторождений олова с мощной и хорошо выраженной зоной окисления необходимо учитывать возможность обогащения касситеритом окисленных руд по сравнению с первичными.

Станнин (оловянный колчедан) – второй по распространенности минерал олова после касситерита. В некоторых месторождениях на его долю приходится от 40 до 90% общего количества олова в руде, встречается в оловорудных месторождениях практически всех промышленных типов. По составу станнины представляют собой изоморфный ряд от железистой до цинковой разновидности (кестерита). В составе станнина помимо Sn (27,5%), Cu (29,5%), Fe или Zn (10–13%) присутствует S (29,9%). Характерные примеси – Sb, Cd, Pb, Ag, в количестве 1–3% каждого. Наиболее часто встречается серебро. В зоне гипергенеза станнин окисляется одним из первых среди сульфидов и сульфосолей, замещаясь вторичными минералами олова – натанитом, висмирновитом, мушистонитом, варламовитом.

Тиллит характерен для оловянных руд, богатых сульфидами и сульфосолями, наиболее тесно ассоциирует со сфалеритом и сульфостаннатами – франкеитом и канфильдитом. Известны месторождения, в рудах которых тиллит присутствует в значительных количествах и может быть отнесен к числу главных минералов (Боливия, Приморье, Киргизия).

Франкеит, канфильдит, цилиндрит – наиболее известные и распространенные сульфостаннаты поздних низкотемпературных ассоциаций серебро-полиметалльно-

оловянных месторождений. Встречаются совместно с тиллитом, касситеритом, станнином, сульфидами полиметаллов и минералами серебра.

Норденшельдин, гулсит, малайяит в крупных скоплениях встречаются в основном в рудах, образованных по карбонатным породам и скарнам, где они порой существенно преобладают над касситеритом (Лост-Ривер на Аляске, Учкошкон в Киргизии, Титовское, Каньон в России).

Гидростаннаты (натанит, висмирновит, мушистонит и др.) и *варламовит* в последние годы выявлены в зоне окисления оловорудных месторождений практически всех промышленных типов, где они образуют псевдоморфозы по сульфидам олова (станнину, тиллиту, окартиту, герценбергиту и др.) в виде землистых рыхлых или плотных скрыто- и тонкокристаллических агрегатов, корочек, просечек.

Различная степень растворимости оловосодержащих минералов в кислотах позволяет производить фазовый анализ оловянных руд и определять количество олова, связанного с его оксидными, сульфидными и иными минеральными формами, что имеет существенное значение при разработке технологических схем переработки руд.

1.3. Олово добывается из коренных и россыпных* месторождений. В России главная роль принадлежит коренным месторождениям (около 90% разведанных запасов), обеспечивающим до 80% добычи, в то время как за рубежом более 50% олова добывается из россыпей.

По запасам олова (в тыс. т) коренные месторождения подразделяются на мелкие – до 20, средние – от 20 до 50, крупные – от 50 до 100 и весьма крупные, или уникальные – более 100.

Все известное многообразие оловянного оруденения принадлежит двум геолого-геохимическим формациям оловорудных месторождений с присущими им ассоциациями рудогенных литофильных и сидеро-халькофильных элементов: редкометалльно-вольфрам-оловянной (соответствует минеральная касситерит-кварцевая формация) и железисто-полиметалльно-оловянной (охватывает касситерит-силикатную и касситерит-сульфидную минеральные формации).

Редкометалльно-вольфрам-оловянная формация включает разнообразные минеральные ассоциации, типы и фации высокотемпературного литофильного оловянного оруденения, формировавшегося в связи с тектоно-магматической активизацией щитов, платформ и структур ранней консолидации геосинклинально-складчатых областей (геоантиклинали, срединные массивы) и приуроченного преимущественно к продольным глубинным разломам и шовным зонам по границам тектонических структур. Оруденение пространственно и генетически непосредственно связано с поздними кислыми и ультракислыми гипабиссальными интрузиями пород гранодиорит-гранит-лейкогранитной магматической формации, нередко дифференцированными до пегматоидных разностей, или с менее дифференцированными субвулканическими интрузиями гранофилов и кварцевых порфиоров.

Железисто-полиметалльно-оловянная формация охватывает разнообразные среднетемпературные сидеро-халькофильные проявления оловянного оруденения, формировавшегося в этапы позднеорогенного развития складчатых систем и приуроченного к поперечным глубинным разломам геосинклинальных прогибов и вулканических поясов. Оруденение парагенетически связано с вулcano-плутоническими комплексами дзиорит-монцогранодиорит-гранитной магматической формации, в том числе с наиболее поздними их гранитными производными.

В объемах указанных оловорудных формаций выделяются следующие промышленные типы месторождений оловянных руд (табл. 2).

* Требования к изученности россыпных месторождений олова регламентируются «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям» (ГКЗ, 2005).

Промышленные типы месторождений оловянных руд

Промышленный тип месторождений	Природный тип руд	Структурно-морфологический тип рудных тел	Главные рудные минералы	Основные попутные компоненты	Содержание Sn, %. Технологический тип руд; способ переработки	Примеры месторождений
Апоскарновый оловянный	Оловоносный пироксен-гранатовый с оксидами и боратами олова	Пласто-линзообразный, залежный, неправильные метасоматические тела; протяженность по простиранию и падению от десятков до сотен метров	Гулсит, пайгеит, малайяит, касситерит; оловоносные гранат, пироксен, людвицит; вольфрамит, шеелит, магнетит, сфалерит	Вольфрам, редкие металлы, цинк	0,3–0,7. Апоскарновый оловянный; комбинированная обогатительно-металлургическая переработка	Кителя, Титовское (Россия), Хаммерляйн (Германия), Майхура (Таджикистан), Маунт-Линдсей (Австралия) Злата Копец (Чехия)
Олово-грейзеновый	Берилл-вольфрамит-касситеритовый в алюмосиликатных породах и гельвин-даналит-шеелит-касситеритовый в карбонатных породах	Жильно-штокверково-плащеобразный; в интрузивно-околоинтрузивных зонах глубина до первых сотен метров, в надинтрузивных – многосотметровые по простиранию и на глубину линейные штокверки	Касситерит, стокезит, кестерит, вольфрамит (шеелит), минералы редких земель	Бериллий, ниобий, тантал, индий, скандий, вольфрам, висмут	0,3–0,6 (в отдельных блоках до 1,0 и более). Бессульфидный и малосульфидный оловянный; сортировка, гравитация	Правоурмийское, Экуг, Таризель, Одинокое (Россия), Сырымбет (Казахстан), Альтенберг (Германия), Циновец (Чехия)
Олово-кварцевый	Вольфрамит-касситеритовый, вольфрамит-станнин-касситеритовый	Штокверково-жильный; жилы и жильные системы протяженностью до нескольких сотен метров, штокверки площадью тысячи квадратных метров.	Касситерит, станнин, вольфрамит, молибденит, берилл, висмутин, арсенопирит, пирит	Вольфрам, висмут, тантал, ниобий, иногда бериллий	0,2–0,4 – штокверки, 0,5–1,5 – жилы. Бессульфидный и малосульфидный оловянный, обычно с вольфрамом; сортировка, гравитация	Иультин, Светлое, группа Пыркакайских штокверков, Полярное (Россия), Маучи (Мьянма), Панаскейра (Португалия), Эренсфридерсдорф (Германия)
Олово-силикатный:						
подтип турмалиновый	Касситеритовый в алюмосиликатных породах и касситерит-норденшельдиновый в карбонатных породах, халькопирит-касситеритовый	Штокверково-жильный; жилы, минерализованные зоны, линейные штокверки протяженностью до 1 км и более	Касситерит, норденшельдин, станнин, халькопирит, арсенопирит, пирит, висмутин, редко вольфрамит (шеелит)	Медь, висмут, иногда вольфрам, индий	0,5–0,7 (иногда до 3,0) Бессульфидный и малосульфидный оловянный, реже сульфидный оловянный с медью; флотогравитация, флотация	Депутатское, Солнечное, Валькумей (Россия), Учкошкон (Киргизия), Корнуэлл (Великобритания), Монте-Бланко (Боливия)

Промышленный тип месторождений	Природный тип руд	Структурно-морфологический тип рудных тел	Главные рудные минералы	Основные попутные компоненты	Содержание Sn, %. Технологический тип руд; способ переработки	Примеры месторождений
подтип хлоритовый	Касситеритовый	Штокверково-жильный; минерализованные зоны, линейные штокверки протяженностью сотни метров	Касситерит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит	Цинк, индий, висмут, медь	0,4–0,5, до 1,5. Бессульфидный и малосульфидный оловянный; гравитация, флотогравитация	Хрустальное, Дубровское, Тернистое (Россия), Барраскота, Сойкира (Боливия)
Олово-сульфидный:						
подтип колчеданный	Станнин-касситеритовый, халькопирит-станнин-касситеритовый	Прожилково-жильный; минерализованные зоны, сложные прожилково-жильные системы протяженностью несколько сотен метров	Касситерит, станнин, халькопирит, арсенопирит, пирротин, пирит, сфалерит, галенит	Медь, цинк, висмут, серебро, кадмий, индий	0,4–0,8. Сульфидный оловянный; флотогравитация, флотация	Перевальное, Эге-Хая, Дальнетаежное, Хапчеранга (Россия), Мушистон (Таджикистан), Чан-по (Китай), Маунт-Бишоф (Австралия)
подтип сульфосольный	Касситерит-станнин-сульфостаннатовый	Жильно-прожилковый; минерализованные зоны, жилы, столбо- и трубообразные тела протяженностью от первых до нескольких сотен метров	Станнин, касситерит, франкеит, канфилдит, тиллит, галенит, сфалерит, сульфосоли серебра, свинца, цинка, сурьмы, висмута	Свинец, цинк, сурьма, серебро, индий, кадмий, висмут	0,5–1,5. Сульфидный оловянный с полиметаллами и серебром; флотогравитация, металлургический передел	Зимнее, Черемуховое, Смирновское (Россия), Ренисон-Белл (Австралия), Малаге (Китай), Ллалагуа, Потоси (Боливия)

Апоскарновые пластово-залежные месторождения относятся к перспективному, но на территории России пока слабо изученному типу, значение которого в последние годы возрастает. Масштабы месторождений самые различные: наряду с мелкими (Кителя, Питкяранта в Северном Приладожье) встречаются крупные и весьма крупные (Хаммерляйн в Германии, Титовское в России). Месторождения представляют собой проявления высокотемпературного оловянного оруденения, наложенного на скарны, и, вследствие этого, обладают рядом морфогенетических и минералогических особенностей. Для апоскарновых месторождений кроме штокверковых рудных образований характерны весьма сложные неправильные метасоматические тела, трубо-, гнездо-, линзо- и столбообразные залежи, широко варьирующие по размерам от гнезд и труб малого сечения до крупных залежей. Протяженность рудных тел колеблется от первых метров до нескольких сотен метров при мощности от нескольких сантиметров до десятков метров. Диапазон распространения оруденения по вертикали нередко значительный, порой достигает 500 м по восстанию от скрытого на глубине рудоносного гранитного интрузива.

Минеральный состав руд крайне разнообразен, наряду с касситеритом, иногда в преобладающих количествах присутствуют малайяит, пайгеит, гулсит, оловоносный людвигит, а также новообразованные минералы-концентраторы олова – гранат, пироксен. Своеобразие среды минералообразования обусловило многообразие минеральных форм и сопутствующих олову элементов. Так, вольфрам в рудах представлен шеелитом и вольфрамитом; фтор – флюоритом, хондродитом, флюоборитом, топазом, селлаитом; бор – данбуритом, аксинитом, датолитом, реже турмалином.

Распределение олова в рудах весьма неравномерное, преобладают руды с содержаниями 0,3–0,7%.

Грейзеновые жильно-штокверковые месторождения распространены достаточно широко, и роль их в отечественной добыче олова возрастает. Они подразделяются на две группы: интрузивно-околоинтрузивных и надынтрузивных грейзенов.

Месторождения первой группы представляют собой грейзенизированные купольные части рудоносных гранитных интрузий, их апофиз, а также прикровлевые участки прорываемых ими более древних гранитов или осадочных вмещающих пород (Экуг, Тариэль, Одинокое в России; Циновец в Чехии; Альтенберг в Германии). Наиболее интенсивная грейзенизация и связанное с ней прожилково-вкрапленное оруденение тяготеет к пологим участкам куполовидных выступов, а также к зонам нарушений и их сочленений, развитым в приконтактных частях интрузий. Морфология рудных образований – изометричные, грибообразные или неправильной формы залежи и минерализованные зоны типа линейных штокверков. Глубина распространения оруденения в рудопродуцирующих гранитах обычно ограниченная и колеблется от нескольких десятков метров до 100–150 м, в дайках-апофизах и крутопадающих минерализованных зонах иногда достигает 250–300 м. Масштабы месторождений – от мелких до средних, редко встречаются крупные и весьма крупные месторождения. Содержания олова в рудах в целом невысокие, обычно первые десятые доли процента. По составу – это классические кварц-топаз-мусковитовые оловоносные грейзены и их минеральные разности с широкими количественными вариациями флюорита, турмалина, сидерофиллита, лепидолита и циннвальдита.

Месторождения второй группы развиты в основном в экзоконтактных зонах над скрытыми на значительных глубинах рудоносными гранитными интрузиями и локализируются в виде протяженных (до 2 км) и мощных (до десятков метров) линейно-штокверковых зон грейзенизации, контролируемых разломами, субсогласными поверхностями контактов дайкоподобных интрузий гранит-порфиров более ранних фаз оловоносных магматических комплексов (Правоурмийское, Тигриное, Хинганское в России; Сырымбет в Казахстане). Глубина распространения оруденения достигает 600 м и более, наиболее обычные содержания олова в рудах 0,3–0,4%, но нередко выделяются довольно крупные участки-блоки с содержанием до 1% и более. Месторождения второй группы, кроме значительно более крупных масштабов, отличаются несколько повышенным количеством сульфидных

минералов в составе руд, в том числе оловянных (станнин, станноидит и др.).

Кварцевые штокверково- жильные месторождения нередко встречаются совместно с грейзеновыми, но, как правило, масштабными в этом случае являются либо те, либо другие. Среди месторождений кварцевого типа отмечаются как мелкие, так и крупные, до уникальных объекты (Пыркакайские в России, Маучи в Мьянме).

Месторождения нередко расположены весьма компактно, что повышает их экономическую значимость. Промышленное оруденение локализуется в эндоконтактах рудоносных гранитных интрузий и в их экзоконтактовых зонах. Глубина распространения оруденения в материнских интрузиях редко превышает 100–150 м, вертикальный размах оруденения в надкупольных частях скрытых гранитных интрузий порой достигает 600–700 м. Рудные тела образуют жильные системы, минерализованные зоны и штокверки. Протяженность их по простиранию колеблется от десятков и первых сотен метров до 800 м и более (Иультин, Маучи). Руды месторождений обычно комплексные, вольфрам-оловянные. Характерная особенность руд – резкое преобладание в жильной массе кварца; присутствуют слюды, полевой шпат, топаз, флюорит и др. Среди рудных минералов кроме ведущих касситерита и вольфрамита, нередко присутствующих в виде крупных кристаллов и агрегатных скоплений, отмечаются берилл, молибденит, арсенопирит, пирит, сфалерит, редко галенит. Станнин вместе с основной массой сульфидов обычно тяготеет к фланговым и верхним частям жил. Суммарное содержание олова и триоксида вольфрама в рудах может достигать 1,5% и более при нередком преобладании вольфрама на более эродированных месторождениях. Касситерит и вольфрамит в месторождениях кварцевого типа характеризуются наиболее высокими содержаниями примесей тантала и ниобия среди месторождений других промышленных типов.

Силикатные штокверково- жильные месторождения относятся к числу наиболее распространенных, перспективных и крупномасштабных и составляют основу сырьевой базы по добыче олова из коренных руд в России и ряде других стран (Великобритания, Австралия, Боливия и др.).

Месторождения силикатного типа, парагенетически связанные с многофазными гранитоидными интрузиями оловоносных магматических комплексов, локализуются в эндоконтактовых зонах массивов, над скрытыми интрузивными массивами слабоэродированных рудных полей, а также на значительном удалении от интрузивов.

Силикатный тип включает месторождения оловянных руд *двух подтипов* – *турмалинового* и *хлоритового*, выделяемых по ведущим жильным минералам. Оба подтипа имеют близкие характеристики, нередко встречаются совместно и представляют собой члены единого ряда вертикальной зональности оруденения, в котором нижнюю, более высокотемпературную и, как правило, наиболее протяженную часть занимает турмалиновый подтип. Рудные тела представлены жилами, минерализованными зонами, штокверками, преимущественно линейными. Протяженность их в крупных месторождениях измеряется многими сотнями метров и более по простиранию и на глубину.

Руды, сформированные несколькими стадиями минерализации, имеют довольно сложный состав. В составе жильной массы наряду с турмалином или хлоритом ведущая роль принадлежит кварцу, присутствует значительное, но не более 5–8%, количество сульфидов (арсенопирит, пирит, халькопирит, сфалерит, висмутин и др.). При формировании оруденения турмалинового подтипа в карбонатных породах и скарнах образуется его фациальная касситерит-норденшельдин-боросиликатная (датолит, данбурит) разновидность. В жильных телах месторождений силикатного типа содержания олова от десятых долей до первых процентов, в штокверках более низкие. Наиболее частый попутный компонент – медь, иногда висмут, редко вольфрам.

Сульфидные прожилково- жильные месторождения включают *колчеданный* и *сульфосольный промышленные подтипы*. Масштабы месторождений от мелких и средних до крупных; значение их в запасах олова меньше, чем месторождений силикатного типа, но также существенно. В российской добыче роль месторождений рассматриваемого типа

ограниченная, главным образом из-за трудностей внедрения современных методов технологии переработки сложных олово-сульфидных, обычно комплексных руд, хотя в Китае подобные руды вполне успешно разрабатываются.

Особенностью месторождений является приуроченность значительной их части к областям широкого развития карбонатных и разнообразных вулканогенных пород, являющихся наиболее благоприятной средой для отложения сульфидных руд. Руды колчеданного подтипа нередко слагают верхние и фланговые части слабо эродированных оловорудных месторождений силикатного типа и представляют собой члены ряда вертикальной и латеральной зональности оруденения железисто-полиметалльно-оловянной формации. На месторождениях сульфидного типа руды колчеданного и сульфосольного подтипов часто присутствуют совместно, также образуя ряд зональности (снизу вверх и от центра к флангам): колчеданный – сульфосольный подтипы.

Рудные тела характеризуются значительным разнообразием морфологических типов, среди которых встречаются сложные метасоматические жилы и минерализованные зоны невыдержанной мощности, с пережимами и раздувами, столбо- и трубообразные залежи с рудами брекчиевой текстуры, жилы выполнения и линейные прожилковые зоны с участками вкрапленного и гнездового оруденения. Параметры рудных тел широко варьируют – от первых десятков до нескольких сотен метров по простиранию и падению.

Наиболее существенные отличия минерального состава руд месторождений сульфидного типа от охарактеризованных выше типов заключаются в обилии (до 70%) разнообразных сульфидных минералов, в основном олова, железа и меди (станнин, пирротин, пирит, халькопирит) в рудах месторождений колчеданного подтипа, а в рудах месторождений сульфосольного подтипа – сульфидов и сульфосолей олова, полиметаллов и серебра (тиллит, франкеит, канфильдит и др.; галенит, сфалерит, джемсонит, буланжерит, аргентит, пираргирит и др.). В окисленных рудах широко распространены вторичные минералы олова (висмирновит, натанит, мушистонит, варламовит и др.).

Содержания олова в рудах колчеданных месторождений колеблются в пределах 0,4–0,8%, сульфосольных – нередко превышают 1%. Соотношения нерастворимого (оксидного) и растворимого (сульфидного и прочего) олова в рудах изменяется от 1:3 до 1:5 в ту и другую сторону.

Из руд коренных оловянных месторождений в зависимости от промышленного типа можно попутно получать вольфрам, тантал, ниобий, висмут, индий, германий, кадмий, медь, цинк, свинец, серебро и др.

Помимо указанных типов месторождений источником получения олова могут служить оловоносные редкометальные пегматиты. В пегматитах касситерит обычно является второстепенным компонентом и повсеместно содержит повышенную примесь тантала и ниобия. Масштабы оловянного оруденения в пегматитах находятся в прямой зависимости от интенсивности проявления наложенных метасоматических процессов – грейзенизации, в меньшей мере альбитизации. Оловоносные редкометальные пегматиты служат источником формирования комплексных редкометально-оловоносных россыпей.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения олова месторождения оловянных руд соответствуют 2-й и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными:

- крупными штокверками с внутренним строением, характеризующимся чередованием промышленных руд с безрудными и участками некондиционных руд (Пыркакайские

штокверки, Одинокое в России);

- крупными, преимущественно линейными штокверками и минерализованными зонами сложной формы с неравномерным распределением олова (Правоурмийское, Депутатское, Фестивальное, Солнечное в России; Сырымбет в Казахстане);
- крупными протяженными жилами с непостоянной, но сравнительно большой мощностью и неравномерным распределением олова (основные рудные тела Дубровского и Хрустального месторождений в России).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам жилами, штокверками, минерализованными зонами небольшой мощности с неравномерным распределением олова (Верхнее, Тернистое, Арсеньевское, Иультинское, Валькумейское, Светлое месторождения в России; Трудовое, Учкошкон в Киргизии).

Месторождения **4-й группы**, как правило, самостоятельного промышленного значения не имеют. Они обычно представлены мелкими, реже средними по размерам жилами, залежами, линзами, столбо- и трубообразными телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений (Кителя в России, Сарыбулак в Киргизии).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться и количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на оловорудных месторождениях обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

* По району месторождения и рудному полю представляется геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены канавами, шурфами, шурфами с рассечками, расчистками, пройденными при необходимости по простиранию рудных тел, и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний олова и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений оловянных руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения с рудными телами небольшой мощности или с весьма неравномерным распределением олова – преимущественно горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и в горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел и характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний олова и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания, а также всех минералов, с которыми связаны промышленные концентрации олова, в особенности главного – касситерита, обладающего высокой хрупкостью. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна, шлама и мути (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников.

Более низкое, по сравнению с установленным по всем пробам, содержание олова в классе проб с низким выходом керна указывает на избирательное истирание минералов олова (касситерита и др.). При этом содержание олова в шламе и мути должно быть выше, чем в кернах. Для установления величины избирательного истирания керна результаты его

отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений олова и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы оловянных руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

опробования сопоставляются с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При несущественном искажении содержания олова в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных, полученных в контрольных выработках – скважинах ударного бурения, в подземных выработках по валовым и бороздовым пробам большого сечения, а также данных геофизического опробования.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении*.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и характера распределения олова; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке оловорудных месторождений в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при
разведке отечественных оловорудных месторождений**

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработки для категории запасов, м			
			В		С ₁	
			по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению
2-я	Крупные штокверки простой и сложной формы с изменчивым внутренним строением или с неравномерным распределением олова	Штольни, штореки	–	60–80	–	–
		Орты, горизонтальные скважины	40–60	–	–	–
		Восстающие	80–120	–	–	–
		Скважины	60–80	40–60	100–120	80–100
	Крупные линейные штокверки и минерализованные зоны с неравномерным распределением олова	Штольни, штореки	–	60–80	–	–
		Орты, горизонтальные скважины	20–40	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–
		Скважины	80–100	60–80	80–120	60–80
	Крупные протяженные жилы и жильные зоны с непостоянной, но сравнительно большой мощностью и неравномерным распределением олова	Штольни, штореки	–	60–80	–	–
		Рассечки, орты, горизонтальные скважины	20–40	–	–	–
		Восстающие	80–100	–	–	–
		Скважины	60–80	40–60	80–100	60–80
3-я	Средние по размерам жилы, штокверки, минерализованные зоны небольшой мощности с неравномерным распределением олова	Штольни, штореки	–	–	–	60–80
		Рассечки, орты, горизонтальные скважины	–	–	10–20	–
		Восстающие	–	–	80–120	–
		Скважины	–	–	60–80	40–60

Примечания:
1. Для месторождений 4-й группы систематизировать данные о плотности разведочной сети вследствие их большого разнообразия не представляется возможным.
2. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны преимущественно по категории В, а на месторождениях 3-й группы – по категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не меньше чем в 2 раза, по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистики, метода обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки первоочередной отработки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются

в каждом конкретном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и отработки. На месторождениях с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм, размеров участков кондиционных руд и распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования на ранних стадиях оценочных и разведочных работ производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях оловянных руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности и достоверности результатов в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения. В случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; она не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контур балансовых руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов олова деление керна при опробовании на половинки не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам, а в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м (допустимость увеличения шага опробования должна быть подтверждена экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть также проведены работы по изучению возможного выкрашивания оловосодержащих минералов при принятом для горных выработок способе опробования, особенно на участках трещиноватых руд и руд с прожилковым оруденением.

Для изучения возможностей крупнопорционной сортировки руд (порционной контрастности) длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, а для изучения возможностей покусковой сепарации – результаты ядерно-физического опробования (каротажа) должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска, в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке

месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, ядерного опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением полученных данных с данными геологического опробования при высоком выходе керна по спорным интервалам, для которых доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на олово, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (триоксид вольфрама, медь, свинец, цинк и др.). Другие полезные компоненты (кадмий, индий, висмут, серебро и др.) и вредные примеси (мышьяк) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные

компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

В случае значительных содержаний в рудах станнина (более 10%) или других оловосодержащих минералов (гранатов, боратов, пироксенов и т. д.), особенно в рудах апоскарновых месторождений, для установления количества олова, связанного с касситеритом, а также для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год) отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных

анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержания компонентов в руде, % (Ag, Au и In, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержания компонентов в руде, % (Ag, Au и In, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Sn	>5	3	Ag	30–100	12
	1–5	6,0		10–30	15
	0,5–1	7,5		1–10	22
	0,2–0,5	10		0,5–1	25
	0,1–0,2	15	Au	4–16	18
	0,05–0,1	20		1–4	25
WO ₃	1–2	8	Au	0,5–1	30
	0,5–1	9		<0,5	30
	0,5–1	9	CaF ₂	10–20	5
	0,2–0,5	12		2–10	10
	0,1–0,2	16		0,5–2	17
	0,05–0,1	18		>500	13
Mo	0,02–0,05	25	In	100–500	20
	>0,1	3,5		50–100	25
	0,5–0,1	6		20–50	28
	0,2–0,5	8,5		5–20	30
	0,1–0,2	13	1–5	30	
	0,05–0,1	18	Ta ₂ O ₅	0,1–0,5	12
0,02–0,05	23	0,05–0,1		17	
Pb	2–5	6		0,02–0,05	22
	1–2	8,5		0,01–0,02	25
	0,5–1	11	0,005–0,01	30	
	0,2–0,5	13	Nb ₂ O ₆	1–10	9
	0,1–0,2	17		0,5–1	11
	Zn	2–5		6	0,2–0,5
0,5–2		11		0,1–0,2	16
0,2–0,5		13		0,05–0,1	20
0,1–0,2		17		0,02–0,05	23
0,02–0,1		22	>2	3	
Cu		1–3	5,5	As	0,5–2
	0,5–1	8,5	0,05–0,5		16
	0,2–0,5	13	0,01–0,05		25
	0,1–0,2	17	<0,01		30
	0,05–0,1	25			
	0,01–0,05	30			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и

определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства (в первую очередь, гравитационные и магнитные) должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным НСОММИ и НСАМ. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется оловосодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен касситерита и других оловосодержащих минералов и соотношений различных по крупности классов. Если в рудах одновременно присутствуют касситерит и станнин или другие минералы олова, необходимо определить относительные количества и вариации содержания каждого из этих минералов в разных типах руд.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен баланс их распределения по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений. Определение объемной массы необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутрирудных некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного γ -излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты. Достоверность определения объемной массы по образцам при наличии горных выработок должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие раздельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные способы использования.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Для переработки оловянных руд основных промышленных типов базовой является схема с предварительным радиометрическим обогащением и последующим стадийным гравитационным обогащением, в основу которой закладывается принцип извлечения ценного компонента по мере его раскрытия, не допускающий переизмельчения и потерь с отвальными хвостами.

4.2. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в

технологических контурах эксплуатационных блоков. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей, физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, оценены показатели радиометрической сортировки для порций разного объема. Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнопорционной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную, некондиционную руды и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должны быть заверены контрольным валовым опробованием.

При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды.

4.3. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с ременным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.4. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств в пределах выделенных промышленных (технологических) типов руд и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы, в соответствии со стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-002-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-

технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие оловосодержащих минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами или повышения содержания олова в руде после крупнопорционной сортировки. По гранулометрическому составу пробы должны соответствовать отбитой горнорудной массе принятой системы отработки.

4.5. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической сепарации. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сортировки и (или) сепарации

4.6. При исследовании обогатимости оловянных руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей, оцениваются дробимость и измельчаемость, проводится ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды с использованием приемов и методов технологической минералогии. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки оловянных концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.7. Технологические свойства руд оловянных месторождений зависят от их минерального состава, размера зерен рудообразующих минералов или их агрегатных скоплений, текстурно-структурных особенностей, а также от содержания и минеральной формы проявления олова в руде.

По содержанию металла руды делятся на богатые (более 1,0% олова), среднего качества (0,4–1,0%), бедные (0,2–0,4%) и весьма бедные (0,1–0,2%).

По крупности зерен минералов олова промышленные оловянные руды подразделяются на четыре группы: тонковкрапленные – до 0,1 мм, мелковкрапленные – до 0,2 мм, средневкрапленные – до 1 мм и крупновкрапленные – от 1 мм и более.

Для получения товарной продукции – оловянных концентратов – все оловянные руды подвергаются обогащению. Технология обогащения оловянных руд основана на трех отличительных признаках минералов олова, других рудных и породообразующих минералов: плотности, радиометрической и флотационной контрастности. В настоящее время ведущими являются гравитационные методы обогащения. Применение предварительного обогащения в тяжелых суспензиях после крупного дробления руды позволяет выделить в голове процесса значительную часть пустых пород и снизить эксплуатационные расходы на последующих обогатительных операциях. Гравитационное обогащение получило широкое распространение и в качестве основной технологии переработки оловянных руд. В этом случае используются развитые многостадийные схемы обогащения, включающие отсадку, обогащение на винтовых и конусных сепараторах, концентрацию на столах и шлюзах, с последовательным выделением оловосодержащих сростков по мере их раскрытия. Доводка черновых концентратов проводится различными методами:

- флотацией для выделения сульфидных минералов;
- гравитацией для отделения породообразующих минералов;
- магнитной и электрической сепарацией для выделения шеелита, вольфрамит, топаза, слюды и др.

Конечными продуктами доводочных операций являются товарные оловянные концентраты с содержанием олова 30–70%. Для обогащения шламового материала (мельче 0,074 мм) используются как гравитационные, так и флотационные процессы. В шламовые концентраты извлекается до 30% олова с содержанием до 15%.

Особенности вещественного состава оловянных руд определяют технологические схемы обогащения и способы доводки черновых концентратов.

Бессульфидные и малосульфидные оловянные руды месторождений грейзенового, кварцевого и силикатного промышленных типов, содержащие менее 10% сульфидов железа и цветных металлов, в зависимости от крупности вкрапленности минералов олова обогащаются по схеме, включающей:

- предварительное обогащение в начале процесса методами радиометрической или тяжелосредней сепарации;
- гравитационное обогащение с оптимальным сочетанием гравитационных аппаратов, имеющих различные разделительные характеристики, где каждая предыдущая операция по отношению к последующей является подготовительной, например: отсадка – винтовая сепарация – концентрация на столах;
- обогащение шламов с применением шлюзов «Мозли», ленточных концентраторов или флотации. Флотацию шламов проводят на обезыленном материале –74 +10 мкм в кислой среде при pH 3,5–5,5. В качестве собирателей применяют «Аспарал-Ф», ИМ-50, «Флолол-7,9» и др. Реагенты-регуляторы – жидкое стекло, кремнефтористый натрий;
- доводку черновых оловянных концентратов методами флотогравитации и магнитной сепарации.

Товарными продуктами являются: высокосортный оловянный концентрат, содержащий 40–60% олова при извлечении 75–85%, и шламовый концентрат, содержащий 5–8% олова при извлечении 5–7%.

Сульфидные оловянные руды месторождений сульфидного, реже силикатного промышленных типов характеризуются высокой комплексностью. Они содержат промышленные концентрации олова в виде касситерита, станнина и сульфостаннатов, сульфиды цветных металлов – меди, цинка, свинца, серебра, редкие и рассеянные элементы (индий, скандий и др.). В зависимости от минерального состава и количества сульфидов, а также степени их взаимного прорастания и дисперсности в промышленной практике применяются три варианта схем обогащения:

- при значительной доле (более 10%) сульфидных и сульфосольных минералов олова применяется гравитационное обогащение с получением коллективного оловянно-сульфидного концентрата и последующей доводкой его методами селективной флотации и магнитной сепарации. Товарные продукты: зернистый (30–40% Sn) и шламовый (5–8% Sn) оловянные концентраты с общим извлечением 65–75%; медный, свинцовый и цинковый концентраты с извлечением 75–80%. Серебро, редкие и рассеянные элементы извлекаются из концентратов при металлургической переработке;
- при меньшем количестве сульфидных и сульфосольных минералов олова и преобладании касситерита в голове схемы проводится флотация сульфидов. Из хвостов флотации с использованием разветвленных схем гравитационного обогащения выделяется оловянный концентрат. Товарные медные, свинцовые и цинковые концентраты получают методами селективной флотации. Извлечение олова составляет 65–70%, цветных металлов 65–85%;
- тонкодисперсные сульфидные оловянные руды флотируются с получением коллективного концентрата, который направляется на пирометаллургическую переработку (хлоридовозгонка, фьюмингование). При выходе концентрата 15–25% с содержаниями олова 5–8%, меди 3–5%, свинца 7–8%, цинка 8–10% и серебра 200–300 г/т извлечение каждого элемента составляет 80–85%.

При суммарном содержании сульфидов и сульфосолей олова и цветных металлов от 7–10% комплексные тонкодисперсные оловянные руды перерабатываются без механического обогащения прямыми пирометаллургическими методами.

Апоскарновые оловянные руды. Переработка этих руд вследствие их трудной обогатимости до настоящего времени не получила распространения в отечественной промышленности. Опытные работы проводились по схеме с радиометрическим предобогащением, флотацией и хлоридовозгонкой коллективных концентратов или в варианте фьюмингования концентратов радиометрической сепарации. Обоганительные фабрики по переработке апоскарновых оловянных руд известны в Великобритании, Китае, Австралии и других странах.

Окисленные сульфидно-оловянные руды характеризуются высокой комплексностью. Содержания олова, меди, свинца, сурьмы, мышьяка в отдельных месторождениях достигают 1–5% (каждого элемента). Однако вследствие высокой дисперсности вкраплений и сложных минеральных форм основных рудных минералов использование механических методов обогащения не обеспечивает получения качественных оловянных концентратов. Они дорабатываются металлургическим способом (фьюмингование, хлоридовозгонка). Для окисленных малосульфидных руд с высокими содержаниями гидростаннатов и варламовита основным методом обогащения является высокоградиентная магнитная сепарация.

Для более полного и комплексного использования оловянных руд наряду с дальнейшим совершенствованием традиционных методов обогащения (гравитации, флотации) перспективно применение комбинированных обогачительно-металлургических схем с использованием фьюмингования, различных методов хлорирования, кивцетной плавки, вакуумного рафинирования, центрифугирования, автоклавного и бактериального выщелачивания, позволяющих помимо касситерита извлекать большую гамму попутных компонентов при переработке сложных олово-полиметаллических руд, бедных концентратов и промпродуктов обогащения, в том числе – содержащих мышьяк.

4.8. Качество оловянных концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 5 в качестве ориентировочных приведены технические требования к оловянным концентратам в бывшем СССР.

Существующая промышленная технологическая схема переработки оловянных концентратов предусматривает после доводки, обжига и выщелачивания плавку концентрата в электропечах и переработку низкосортных продуктов доводки способом фьюмингования с

последующей плавкой фьюминговых возгонов в электропечах.

Таблица 5

Марки оловянных концентратов, требования к химическому составу и области применения

Марка, сорт	Марка, сорт	Химический состав, %							
		олова, не менее	Примеси, не более						трехокиси вольфрама
			свинца	мышьяка	серы	меди	цинка	фтора	
КО-1	Концентрат оловянный гравитационный	60	2	0,3	0,3	Не нормируется			3,3
КО-2		45	2	0,3	0,3	Не нормируется			5
КОЗ-1	Концентрат оловянный зернистый гравитационный	30	2	Не нормируется					5
КОЗ-2		15	2	Не нормируется					5
КОШ-1	Концентрат оловянный шламовый гравитационный или флотационный	15	2	2	5	0,5	3	Не нормируется	5
КОШ-2		8	2	1,5	5	0,5		Не нормируется	5
КОШ-3		5	3	0,5	Не нормируется				5
КОС-1	Концентрат оловянный свинцовистый гравитационный или флотационный	15	5	2	15	0,5	3	1	5
КОС-2		8	5	1,5	15	0,5	3	1	5
КОС-3		5	5	0,5	Не нормируется			1	5

Примечание. Требования по мышьяку и фтору в концентратах обогащения регламентируются потребителями.

4.9. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования и технико-экономического обоснования схемы переработки с комплексным извлечением содержащихся в рудах компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по предусмотренным кондициям показателям, установлены особенности их при добыче и определены основные технологические показатели обогащения или передела (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.). Качество продуктов переработки должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентрате и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках по переработке оловянных руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должен быть определен объем потребления технической воды, изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков, а также предусмотрено складирование отходов крупнокускового и глубокого обогащения, оценена возможность их использования для производства строительных материалов при рекультивации земель с учетом перспектив ввода их в сельскохозяйственный оборот.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные

водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них полезных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация подземных дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов этих вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с

развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного промерзания и оттаивания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений оловянных руд производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновывается в ТЭО кондиций.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Должны быть определены факторы, влияющие на здоровье человека (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалы пустых пород. Следует дать рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель, привести данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вмещающих и вскрышных пород месторождения.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений оловянных руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве одного из ведущих методов обогащения, присутствием в руде и продуктах переработки в качестве примесей вольфрама, редких металлов, висмута, свинца, цинка, меди, сурьмы, серебра, индия, кадмия, скандия.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность

образования на них растительного покрова.

Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений оловянных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, в которых запасы руды не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений оловянных руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях

2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На штокверковых месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным доразведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. К категории С₁ относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации. При невозможности геометризации и оконтуривания промышленных (технологических) типов руд количество и качество их в подсчетном блоке определяются статистически. На штокверковых месторождениях при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых, забалансовых и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

Контуры запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории С₂ подсчитываются путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощностей, состава руд и содержаний олова.

Возможность использования этих запасов для проектирования следует обосновать аналогией геологических особенностей их залегания с запасами более высоких категорий и подтвердить результатами перевода запасов категории С₂ в более высокие категории на представительных детально разведанных участках месторождения.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способом отработки (карьерными, штольневными горизонтами, шахтами), выделенным промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При невозможности оконтуривания количественные соотношения различных промышленных (технологических) типов и сортов руд определяются статистически. При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчитанных параметров.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для

последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических, горнотехнических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием олова («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержания олова по мере сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры утвержденных ранее органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившиеся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий: изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются данными разработки или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным

является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, линейных содержаний) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны) и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного ископаемого в эксплуатационных блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть строго контролируемы в своем применении и

подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов с использованием традиционных методов рекомендуется использовать программные комплексы, обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** оловянных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и

вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются

недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных

примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и **коэффициент вариации содержания** (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.463

ББК 26.341.3

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям вольфрамовых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 44 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений вольфрамовых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче вольфрамовых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Кёлассификации запасов к месторождениям вольфрамовых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 30 ноября 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям вольфрамовых руд

1. Общие сведения

1.1. Вольфрам – серебристо-белый металл, имеющий плотность 19,3 г/см³ и обладающий самой высокой тугоплавкостью (температура плавления – 3395±15 °С, кипения – 5930 °С).

Высокая температура плавления и химическая стойкость, эмиссионная способность и светоотдача в накалинном состоянии, повышенная механическая прочность в холодном и горячем состояниях, способность образовывать очень твердые и изнаноустойчивые соединения (карбиды и бориды) и другие специфические свойства определили широкое применение вольфрама при производстве качественных сталей (как легирующей добавки), твердых, кислотоупорных и других специальных сплавов, а также в электротехнике, радиоэлектронике и других отраслях промышленности.

1.2. Вольфрам по распространенности в земной коре занимает 28-е место, его кларк $(1-1,3) \cdot 10^{-4}\%$ (по массе).

Вольфрам входит в состав 22 минералов; промышленное значение имеют только минералы группы вольфрамита и шеелит (табл. 1).

Таблица 1

Главнейшие минералы вольфрама

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание WO ₃ , %	Плотность, г/см ³
Ферберит	FeWO ₄	76,3	7,5
Вольфрамит	(Fe, Mn) WO ₄	76,5	7,1–7,5
Гюбнерит	MnWO ₄	76,6	7,1
Шеелит	CaWO ₄	80,6	5,8–6,2

Вольфрамит представляет собой изоморфную смесь вольфраматов железа и марганца; при преобладании вольфрамата железа (>80%) минерал называется ферберитом, а при преобладании вольфрамата марганца – гюбнеритом. В природе чистые ферберит и гюбнерит встречаются очень редко.

Минералы группы вольфрамита окрашены в черный, коричневый или красновато-коричневый цвет. В вольфрамитах иногда в значительных количествах содержатся примеси тантала (до 1,6% Ta₂O₅), ниобия (до 2,3% Nb₂O₅), скандия (до 1%), реже индия (до 0,016% In₂O₃).

Шеелит представляет собой почти чистый вольфрамат кальция. Цвет минерала белый, желтый, серый или бурый. Шеелит часто содержит примеси молибдена (MoO до 1,0%), бария (BaO до 0,1%), стронция (SrO до 0,5%), редких земель (TR₂O₃ до 1,5%). В разновидности шеелита – молибдошеелите (зейригите) содержание молибдена достигает 6–16%. Под воздействием ультрафиолетовых лучей шеелит флюоресцирует сине-голубым светом. При содержании молибдена более 1% флюоресценция приобретает желтую окраску.

Зона окисления вольфрамовых месторождений, как правило, фиксируется по появлению тунгстита WO₂(OH)₂, купротунгстита Cu₂[(OH)₂WO₄] или ферритунгстита Ca₂Fe₂²⁺Fe³⁺[WO₄]₇·9H₂O.

1.3. Вольфрамовые руды по ведущему рудному минералу подразделяются на вольфрамитовые и шеелитовые.

Подавляющее большинство месторождений вольфрама представлено комплексными рудами. В некоторых из них существенная роль принадлежит нескольким полезным компонентам (Тырныаузское – вольфрам и молибден, Иультинское – вольфрам и олово, Агылкинское – вольфрам и медь, Караобинское – вольфрам, висмут, молибден, олово). В рудах отдельных месторождений в качестве попутных компонентов учтены молибден, висмут, сера пиритная, золото, серебро, скандий, тантал, ниобий и бериллий, представленные как самостоятельными минералами, так и в виде изоморфных примесей в вольфрамовых минералах. Основными вредными примесями являются пирит, пирротин, арсенопирит, апатит, барит.

В ряде месторождений вольфрам является второстепенным компонентом и добывается попутно с оловом, молибденом, свинцом, цинком, сурьмой, золотом и др.

1.4. Промышленные типы вольфрамовых месторождений представлены в табл. 2. По запасам месторождения вольфрама подразделяют следующим образом (тыс. т WO₃): мелкие – до 30, средние – 30–100, крупные – 100–250, уникальные – свыше 250. Промышленное значение имеют также вольфрамоносные россыпи и коры выветривания*. В элювиальных и аллювиальных россыпях минералы вольфрама (вольфрамит, реже шеелит) накапливаются в ассоциации с самородным золотом, касситеритом и другими минералами повышенной прочности до концентраций порядка 0,25–1,0 кг/м³ и более.

Более 98% мировых запасов вольфрама заключено в эндогенных месторождениях, которые по морфоструктурному строению подразделяются на три главных структурно-морфологических типа: штокверковые, пласто- и линзообразные и жильные. Нередко в одном месторождении присутствует оруденение не одного, а разных типов. Промышленный тип месторождения определяется по характеру ведущей (не менее 70%) минерализации или может быть смешанным – жильно-штокверковым, пластово-штокверковым и т. д. По средним содержаниям WO₃ (%) руды делятся так: богатые – 1–2,5, рядовые – 0,3–1, бедные – 0,15–0,3.

* Требования к изученности россыпных месторождений вольфрама регламентируются «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям» (ГКЗ, 2005)

Таблица 2

Промышленные типы месторождений вольфрамовых руд

Промышленный тип		Породы, вмещающие оруденение	Промышленный (технологический) тип руд	Содержание WO ₃ в рудах, %	Попутные компоненты	Структурно-морфологический тип рудных тел	Примеры месторождений
морфологический	по вещественному составу руд						
Штокверковый	Шеелит-вольфрамитовый Молибденит-шеелит-вольфрамитовый Молибденит-вольфрамитовый Вольфрамитовый	Граниты и контактово-измененные вмещающие породы	Металлургический вольфрамовый (сортировочный, гравитационный) Металлургический молибден-вольфрамовый (сортировочный, гравитационно-флотационный)	0,15–0,8	Олово, цинк, свинец, медь, золото, серебро, висмут	Изометричные и столбообразные формы, рудные зоны площадью в десятки и сотни тысяч квадратных метров в плане, глубиной до 1000 м и более	Верхне-Кайрактинское, Богутинское (Казахстан); Спокойнинское, Инкурское (Россия); Циновец (Чехия)
Пласто- и линзообразный	Молибденит-шеелитовый Шеелитовый	Скарны, терригенные, карбонатные, силикатно-карбонатные породы и амфиболиты	Металлургический молибден-вольфрамовый (сортировочный, флотационный) Металлургический вольфрамовый (сортировочный, флотационный)	0,2–2,0	То же	Залежи полого- и крутопадающие мощностью до 100 м и более, протяженностью до 2 км и более, по падению до 1 км	Тырныаузское, Восток-2, Лермонтовское, Кти-Теберда, Скрытое, Агылкинское (Россия); Митерзиль (Австрия); Сандонг (КНДР)
Жильный	Касситерит-вольфрамитовый Молибденит-вольфрамитовый Вольфрамит-шеелитовый	Граниты, альбитизированные и грейзенизированные граниты, контактово-измененные вмещающие породы	Металлургический олово-вольфрамовый (сортировочный, гравитационно-магнитный) Металлургический молибден-вольфрамовый (сортировочный, гравитационно-флотационный) Металлургический вольфрамовый с висмутом (сортировочный, флотационный)	0,5–2,5	Олово, цинк, свинец, медь, золото, серебро, висмут, иногда сурьма и ртуть	Жилы и жильные зоны мощностью до нескольких метров, протяженностью до 2 км и более, по падению до 700 м	Холтосонское, Шумиловское, Букунинское, Иульгинское (Россия); Акчатауское, Караобинское (Казахстан)

Штокверковые месторождения являются наиболее крупными по запасам вольфрама – от нескольких сотен тысяч тонн до 1 млн. т WO_3 (Верхне-Кайрактинское, Казахстан). В то же время эти месторождения характеризуются, в основном, бедными рудами: 0,12–0,18% WO_3 (Верхне-Кайрактинское, Инкурское). Оруденение представлено прожилковыми и прожилково-вкрапленными шеелитовыми с вольфрамитом рудами в песчано-сланцевых или вулканогенных породах в надынтризивных зонах гранитов. Кварцевые прожилки с рудными минералами находятся в гидротермально-измененных породах и контролируются трещинами нескольких направлений, среди которых обычно преобладают одно-два, реже более. Менее крупные штокверки расположены в апикальных частях гранитов и представлены прожилково-грейзеновым и грейзеновым оруденением с вольфрамитом. С глубиной это штокверковое оруденение нередко переходит в грейзеновые зоны и кварцево-грейзеновые жилы. Кроме основного полезного компонента могут присутствовать в качестве сопутствующих, обычно раздельно, молибден и олово.

Пласто- и линзообразные месторождения в скарнах, скарноидах, мраморизованных карбонатных породах и амфиболитах располагаются на контакте интрузива гранитоидов и карбонатных пород или в зонах его ближнего и дальнего экзоконтакта.

Вольфрамовое оруденение наиболее часто локализуется в пироксеновых и гранат-пироксеновых скарнах, имеет наложенный характер и зачастую распространяется не на всю их массу, местами выходит за пределы скарнов в мраморизованные известняки, образуя обособленные участки, контролируемые структурными особенностями и минеральным составом скарнов и других пород. Основной промышленный минерал – шеелит. По положению относительно гранитоидных интрузивов выделяются контактовые, межформационные и секущие скарново-рудные тела. Контактные и межформационные рудные тела характеризуются многообразием форм: наиболее распространены пласто-, кармано-, линзообразные; при дополнительных осложнениях возникают корытообразные, седловидные и столбообразные залежи, а также жильно-штокверковые тела (Тырныаузское, Россия; Ингичкинское, Койташское, Узбекистан). В рудах месторождений этого типа содержания WO_3 заметно выше, чем в рудах штокверкового типа.

К этому же промышленному типу относятся грейзеново-скарновые шеелитовые или вольфрамит-шеелитовые месторождения: по геологической позиции и приуроченности к контактам алюмосиликатных и карбонатных пород они аналогичны собственно скарновым образованиям. Их основное отличие – значительное развитие наложенного процесса грейзенизации. В рудах, наряду с относительно высокими концентрациями триоксида вольфрама (до 1–3%), также присутствуют висмут, медь, золото, серебро, олово, повышающие их промышленную ценность. В России к подобным образованиям можно отнести месторождения Восток-2 и Лермонтовское (Приморский край).

Жильные грейзеновые и кварцево-грейзеновые месторождения характеризуются тесной пространственной и генетической связью с кислыми и ультракислыми лейкократовыми, иногда пегматоидными гранитами. Среди них выделяются локализованные в грейзенах и сопряженных с ними кварцево-полевошпатовых метасоматитах апикальных частей гранитных массивов; по своей морфологии и условиям залегания эти месторождения аналогичны, как правило, собственно жильным и метасоматическим залежам. В подавляющем числе таких месторождений основным вольфрамсодержащим минералом является вольфрамит, нередко это вольфрамит и шеелит, сопровождаемые минералами грейзенового парагенезиса: кварцем, слюдами, топазом, флюоритом и турмалином.

Вольфрамовое оруденение в грейзеновых месторождениях может совмещаться с оловянным, молибденовым, ниобиевым и танталовым (Акчатауское, Караобинское в Казахстане и месторождения Рудных гор).

Жильные гидротермальные (существенно кварцевые) месторождения различного минерального состава по условиям образования и пространственному положению тяготеют к метаморфически- и гидротермально-измененным породам экзо- и эндоконтактов малоглубинных гранитоидных плутонов, хотя у некоторых из них отсутствует видимая связь

с интрузивными образованиями. Содержание триоксида вольфрама в руде этих месторождений колеблется от 0,6 до 1,5%. К этой группе относятся:

- кварцево-вольфрамитовые (иногда с молибденитом и минералами висмута) месторождения. Примерами таких месторождений являются Бом-Горхонское, Калгутинское (Россия), Харбертон и др. (Австралия), месторождения провинции Цзянси (КНР);
- кварцево-касситерит-вольфрамитовые месторождения, также приуроченные к экзо- и эндоконтактовым зонам апикальных частей гранитных массивов; залегают среди контактово-преобразованных песчано-сланцевых пород, преимущественно в виде жил или минерализованных зон. К представителям данной группы относятся месторождения Иультинское в России, Кишу в КНДР, Шанцин и другие в КНР, Маучи в Бирме и т. д.;
- кварцево-сульфидно-вольфрамитовые (гюбнеритовые) месторождения, в большинстве случаев расположенные в надынтрузивных зонах гранитов, в ассоциации с сериями дайковых пород. Примерами таких месторождений являются Холтосонское и Букуинское (Россия);
- кварцево-антимонит-киноварно-вольфрамитовые (ферберитовые, шеелитовые) месторождения, как правило, лишенные видимой связи с интрузивами, но нередко ассоциирующие с дайковыми породами среднего состава или локализирующиеся в полях вулканитов. Характерна их приуроченность к зонам крупных разрывных нарушений. Подобные месторождения известны в России (Барун-Шивеинское и Тамватнейское), США и Боливии.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения триоксида вольфрама месторождения вольфрамовых руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными штокверками простой формы и простого внутреннего строения с относительно равномерным распределением триоксида вольфрама (Верхне-Кайрактинское, Казахстан). Размеры: в плане до 1 км², глубина до 1 км.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными штокверками (Богутинское, Казахстан, Инкурское, Спокойненское) и скарновыми залежами (Тырныаузское, Ингичкинское, Восток-2) сложной морфологии или с неравномерным распределением триоксида вольфрама, а также крупными жилами или оруденелыми зонами преимущественно крутого падения с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама (Холтосонское, Акчатауское). Размеры: по простиранию до 1,5 км, по падению до 0,8–1,0 км, мощность – 1–2 м (до 40 м).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам жилами (Иультинское, Бом-Горхонское), сложными пласто- и линзообразными скарновыми залежами (Лермонтовское, Чорух-Дайронское) с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама. Размеры: по простиранию до 0,8–1,0 км, по падению до 600–700 м, мощность до 1,5–2,0 м.

Месторождения (участки) вольфрамовых руд **4-й группы** Классификации, представленные мелкими жилами, небольшими штокообразными залежами, линзами, гнездами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения не имеют и пригодны лишь

для попутной разработки действующими предприятиями (участок Юбилейный Чорух-Дайронского месторождения; отдельные участки Барун-Шивейнского месторождения).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях вольфрамовых руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальнейших геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабах не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для увязки рудных тел и обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и мелкими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний триоксида вольфрама и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений вольфрамовых руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений вольфрама и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы вольфрама.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержания триоксида вольфрама, характер пространственного распределения вольфрамовых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное выкрашивание вольфрамсодержащих минералов (в особенности шеелита) при бурении и опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержания триоксида вольфрама и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания вольфрама в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности

разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания вольфрамосодержащих минералов при отборе бороздовых проб и истирания при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных бороздового и скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений вольфрамовых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны наиболее детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны преимущественно по категориям А+В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгустить, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Для штокверковых месторождений, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения,

типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений вольфрамовых руд в СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Крупные штокверки простой формы и простого строения с относительно равномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	60–80	–	–	–	–
		Орты, рассечки	50–60	–	–	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–	–	–
		Скважины	–	–	100–120	100–120	120–200	120–200
2-я	Крупные штокверки и скарновые залежи сложной формы или с неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	–	–	50–60	–	–	–
		Восстающие	–	–	100–120	–	–	–
		Скважины	–	–	50–60	50–60	100–120	100–120
	Крупные жилы или оруденелые зоны преимущественно крутого падения, с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	–	–	20–30	–	–	–
		Восстающие	–	–	100–120	–	–	–
		Скважины	–	–	60–80	40–50	100–120	60–80
3-я	Средние по размерам жилы, сложные пласто- и линзообразные скарновые залежи с непостоянной мощностью и весьма неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	–	–	40–60
		Орты, рассечки	–	–	–	–	10–20	–
		Восстающие	–	–	–	–	60–120	–
		Скважины	–	–	–	–	60–80	40–50

Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения

структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях вольфрамовых руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ** 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

** Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленную кондициями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов вольфрама деление керна при опробовании на половинки не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м (допустимость увеличения шага опробования должна быть подтверждена экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания вольфрамсодержащих минералов (особенно шеелита) и молибденита при принятом для горных выработок способе опробования.

Для изучения возможностей крупнопорционной сортировки руд (порционной контрастности) длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, а для изучения возможностей кусковой сепарации – результаты ядерно-физического опробования (каротажа) должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска, в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 –20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования скважин и горных выработок контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с утвержденными ГКЗ «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на триоксид вольфрама, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (молибден, олово, висмут и др.). Другие полезные компоненты (медь, золото, серебро, свинец, цинк, селен, теллур, индий и др.) и вредные примеси (фосфор, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной

лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным НСОММИ и НСАМ. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространения.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
WO ₃	>5	6	Cu	0,1–0,2	17
	2–5	7		0,05–0,1	25
	1–2	8		0,01–0,05	30
	0,5–1	9	Au	4–16	18
	0,1–0,5	16		1–4	25
	0,05–0,1	18		0,5–1	30
Mo	0,5–1,0	6	Ag	<0,5	30
	0,2–0,5	8,5		10–30	15
	0,1–0,2	13		1–10	22
	0,05–0,1	18	0,5–1	25	
	0,02–0,05	23	Se	50–100	20
Sn	0,5–1	7,5		20–50	25
	0,2–0,5	10		5–20	30
	0,1–0,2	15		1–5	30
	0,05–0,1	20	Te	50–100	22
Bi	0,6–1	8,5		20–50	25
	0,2–0,6	11		5–20	30
	0,05–0,2	15		1–5	30
	0,02–0,05	20	Re	1–5	26
Cu	1–3	5,5		0,5–1	30
	0,5–1	8,5		0,1–0,5	30
	0,2–0,5	13		0,01–0,1	30

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

Особое внимание уделяется вольфрамсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и соотношений различных по крупности классов.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам при наличии горных выработок должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие раздельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей, физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, оценены показатели радиометрической сортировки для порций разного объема. Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнопорционной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную и некондиционную руду и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должны быть заверены контрольным валовым опробованием.

При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды.

4.2. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется

руководствоваться стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламование и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.4. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сепарации. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сепарации; уточняются данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения. Устанавливаются основные показатели радиометрического обогащения – выход хвостов и концентрата, извлечение и содержание в них вольфрама, коэффициент обогащения.

4.5. При исследовании обогатимости вольфрамовых руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов, устанавливается наличие попутных

компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивается дробимость и измельчаемость, проводится ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

Технологические свойства вольфрамовых руд зависят от содержания WO_3 , минерального состава, наличия попутных компонентов в рудах, текстурных и структурных особенностей руд, крупности зерен и степени взаимного прорастания минералов. Важное значение имеют количественное соотношение вольфрамита и шеелита, физические свойства которых различны (табл. 5.).

Таблица 5

Физические свойства основных минералов вольфрама

Свойства	Вольфрамит	Шеелит
Плотность, г/см ³	6,7–7,5	5,8–6,2
Твердость по шкале Мооса	5,0–5,5	4,0–5,0
Удельная магнитная восприимчивость, м ³ /кг	(34,4–42,4)·10 ⁻³	(0,13–0,31)·10 ⁻³
Диэлектрическая постоянная	15–18	3,5–10,6
Люминесценция	Не люминесцирует	В УФ-свечении – бледно-желтый, оранжевый; в катодном – голубой

Природная и технологическая типизация руд производится по соотношению вольфрамита и шеелита, а их разновидности – по преобладающим вольфрамовым или попутным минералам. Приведенная классификация позволяет предварительно оценить обогатимость руд и ориентировочные показатели их переработки (табл. 6).

При получении товарной продукции (вольфрамовых концентратов) все вольфрамовые руды подвергаются обогащению. Для вольфрамитовых (гюбнеритовых, ферберитовых) руд применяются обычно гравитационные методы мокрого обогащения на отсадочных машинах, гидроциклонах и концентрационных столах. Основные методы обогащения шеелитовых руд – флотация и флотогравитация.

Практически все вольфрамовые руды испытывают по гравитационно-флотационной и флотационной схемам, так как наличие в руде вольфрамита (ферберита и гюбнерита) обычно является предпосылкой проведения в начале процесса гравитационного цикла (винтовая сепарация, концентрация на столах, реже тяжелые суспензии). При тонкой вкрапленности тяжелые вольфрамовые минералы извлекают гравитационными методами из хвостов сульфидной флотации. В этом случае применяют как обычное, так и шламовое оборудование. Доводка такого концентрата проводится с использованием магнитной сепарации. Из вольфрамовых (шеелитсодержащих) руд молибденит флотируется в первую очередь. Шеелит извлекается из хвостов молибденовой флотации.

Извлечение вольфрамита (гюбнерита, ферберита) при гравитационном обогащении составляет для крупновкрапленных руд 70–85%, для средне- и мелковкрапленных – 52–70%, а шеелита при флотации – 80–92%. Вольфрамовые минералы зоны окисления – тунгстит и ферритунгстит – существующими методами не извлекаются.

При наличии в шеелитовых рудах повеллита и молибдошеелита, близких по флотационным свойствам шеелиту, эти минералы поступают в коллективный повеллит-шеелитовый концентрат, который в дальнейшем подвергают гидрометаллургической переработке с получением вольфрамового и молибденового ангидритов, молибдата кальция и трехсернистого молибдена.

4.6. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Таблица 6

Основные природные и технологические типы вольфрамовых руд

Природный тип руд	Природная разновидность руд	Рудные минералы		Извлекаемые компоненты, %		Примеры месторождений
		главные	второстепенные	основные	попутные	
Вольфрамитовый с шеелитом	Средне- и мелко-вкрапленная (0,2–0,5 мм)	Вольфрамит-гюбнерит (85% отн.), шеелит (15% отн.)	Молибденит, вис-мутин, самородный Вi, галенит	WO ₃ – 0,15–0,5	Mo, Pb, Bi	Инкурское; Караобинское (Казахстан)
Шеелитовый с вольфрамитом и висмутом	То же	Шеелит (75–90% отн.), вольфрамит (10–15% отн.)	Молибденит, висмутин, халькопирит, пирит, самородные Вi, Ag	WO ₃ – 0,1–0,4	Mo – 0,02–0,03 Bi – 0,02–0,03	Богутинское; Верхне-Кайрактинское (Казахстан)
Вольфрамитовый	«	Вольфрамит	Молибденит, висмутин	WO ₃ – 0,15–0,35	Sn – 0,05, Mo, Bi	Спокойнинское, Шумиловское
Касситерит-вольфрамитовый с литием	«	Вольфрамит, касситерит	Слюды	WO ₃ – 0,1–0,4 Sn – 0,05–0,1	Li – 0,35, слюда	Циновец (Чехия)
Касситерит-вольфрамитовый	Крупновкрапленная (> 2 мм)	То же	–	WO ₃ – 0,3–0,5 Sn – 0,2–0,3	–	Иультинское
	Среднекрупная (~ 0,5 мм)	Вольфрамит, касситерит, шеелит	Флюорит	WO ₃ – 0,3–0,5 Sn – 0,3–0,5	Флюорит	Трудовое (Киргизия)
Молибденит-вольфрамитовый с висмутом	Крупновкрапленная (> 2 мм)	Вольфрамит, гюбнерит, шеелит, молибденит	–	WO ₃ – 1,0	Mo – 0,01	Калгутинское
	Среднекрупная (~ 0,5 мм)	Вольфрамит, молибденит	Касситерит, халь-копирит, висмутин	WO ₃ – 0,3–0,5 Mo – 0,02–0,05	Sn, Bi	Караобинское (Казахстан); Холтосонское
Молибденит-вольфрамитовый с бериллием	То же	То же	Касситерит, висмутин, берилл	WO ₃ – 0,3–0,5 Mo – 0,02–0,05	Bi – 0,04–0,05 BeO – 0,03–0,06	Акчатауское (Казахстан)
Молибденит-шеелитовый малосульфидный (сульфиды <5%)	Малокарбонатная (карбонаты < 5%)	Шеелит, молибдо-шеелит, молибденит, повеллит	Халькопирит, висму-тин, самородные Вi, Au, пирит	WO ₃ – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т, Au – 0,2–0,5 г/т, S – 2–3	Тырныаузское
	Карбонатная (карбонаты 5–20%)	Молибденит, повеллит	Халькопирит, само-родные Вi, Au, пирит	WO ₃ – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т	Тырныаузское, Ингичкинское; Северный Катпар (Казахстан)
	Многокарбонатная (карбонаты > 20%)	То же	То же	WO ₃ – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т	Тырныаузское, Ингичкинское

Природный тип руд	Природная разновидность руд	Рудные минералы		Извлекаемые компоненты, %		Примеры месторождений
		главные	второстепенные	основные	попутные	
Шеелитовый многосульфидный (сульфиды > 5–10%)	Первичная (гидроксиды Fe < 3%)	Шеелит, вольфрамит, тунгстит	Халькопирит, пир-ротин, висмутин, самородные Bi, Ag, сульфосоли Ag	WO ₃ – 0,7–2,0	Cu – 0,5–2,7 Bi – 0,02–0,05 Ag – 1,5 г/т, Au – 0,2–0,5 г/т, S – 20–30	Восток-2, Лермонтовское, Агылкинское
	Окисленная (гидроксиды Fe > 3–10%)	Шеелит, тунгстит	–	WO ₃ – 0,7–2,5	–	Восток-2, Лермонтовское
Шеелитовый с вольфрамитом	Средне- и мелко-вкрапленная (0,5–0,2 мм)	Шеелит (75–90% отн.), вольфрамит (10–25% отн.)	–	WO ₃ – 0,2–0,5	–	Баянское, Кти-Теберда, Скрытое; Миттерзиль (Австрия)

Таблица 7

Технические требования к вольфрамовым концентратам

Марка и наименование вольфрамового концентрата	WO ₃ , Не менее, %	Содержание примесей, не более, %												Влаги, не более, %	Область преимущественного применения
		MnO	SiO ₂	P	S	As	Sn	Cu	Mo	CaO	Pb	Sb	Bi		
КВГ(К) – вольфрамит-гюбнеритовый с Государственным знаком качества	67	15,0	3	0,05	0,05	0,07	0,9	0,05	0,01	1,7	0,2	Не нормируется	Не нормируется	1,5	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрита для твердых сплавов
КВГ-1 – вольфрамит-гюбнеритовый 1-го сорта	65	18,0	5	0,05	0,7	0,1	0,15	0,1	0,1	Не нормируется	0,20	0,20	0,20	2	То же
КВГ-2 – вольфрамит-гюбнеритовый 2-го сорта	60	15,0	5	0,05	0,8	0,1	0,2	0,15	0,2	То же	0,40	0,40	0,40	2	Производство ферровольфрама
КШИ – шеелитовый искусственный	65	1,0	1,5	0,02	0,45	0,1	0,1	0,05	0,5	«	0,02	0,01	0,01	6	То же
КШ – шеелитовый	60	2,0	10	0,04	0,6	0,05	0,08	0,10	1,0	«	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	6	«
КМШ-1 – молибден-шеелитовый 1-го сорта	65	0,1	1,2	0,03	0,3	0,02	0,1	0,10	3,0	«	0,01	0,01	0,01	4	«
КМШ-2 – молибден-шеелитовый 2-го сорта	60	1,1	5	0,04	0,3	0,04	0,02	0,10	3,0	«	0,1	0,01	0,01	6	«

Марка и наименование вольфрамового концентрата	WO ₃ , Не менее, %	Содержание примесей, не более, %											Влаги, не более, %	Область преимущественного применения	
		MnO	SiO ₂	P	S	As	Sn	Cu	Mo	CaO	Pb	Sb			Bi
КМШ-3 – молибден-шеелитовый 3-го сорта	55	4,0	10	0,04	0,6	0,2	0,2	0,10	3,0	«	0,10	0,10	0,10	6	«
КВГ(Т) – вольфрамит-гюбнеритовый (твердосплавный)	60	Не нормируется	5	0,1	1,0	0,10	1,0	0,10	0,06	2,5	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	2	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрита для твердых сплавов
КВГ(К) – вольфрамит-гюбнеритовый (кислотный)	65	То же	5	0,1	0,7	0,08	1,0	0,4	0,01	2,0	То же	То же	То же	2	Производство вольфрамовой кислоты
КШ(Т) – шеелитовый (твердосплавный)	55	«	Не нормируется	0,3	1,5	0,10	0,2	0,20	0,04	Не нормируется	«	«	«	6	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрита для твердых сплавов

Примечания:

1. В концентрате марки КВГ-1, поставляемом для производства твердых сплавов, содержание молибдена не должно быть более 0,04%.
2. Допускается по соглашению сторон поставка концентрата марки КМШ-2 с содержанием олова не более 1,2%.
3. Допускается поставка концентрата марок КМШ-2 и КМШ-3 с содержанием фосфора не более 0,08% в количестве не более 15% от общей годовой поставки этих марок.
4. Содержание влаги в концентратах, предназначенных для длительного хранения, не должно превышать: 1% – во всех марках вольфрамит-гюбнеритовых концентратов, 4% – во всех марках шеелитовых концентратов

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и ГМЗ по переработке вольфрамовых руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

Качество вольфрамовых концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 7 в качестве ориентировочных приведены технические требования к вольфрамовым концентратам, которые использовались в бывшем СССР.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в

обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение **инженерно-геологических исследований** на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

Учитывая, что указанный тип месторождений связан в основном с изверженными комплексами пород, характеризующимися высокой прочностью и хрупкостью, а также с другими породами, метаморфически и метасоматически измененными, особое внимание следует уделить оценке тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, мощности, степени и характеру дробления пород, руд и заполнителя нарушений, оценке возможности водопритоков по нарушениям как по простиранию, так и по падению, оценке структурной блочности массива.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений вольфрамового сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий

залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

Перспективным направлением в отработке вольфрамовых месторождений является скважинная гидродобыча (СГД). Геотехнологические способы добычи позволяют эффективно обрабатывать самые мелкие месторождения, характеризующиеся сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, дорабатывать запасы за контуром карьеров и шахтных полей, под поверхностью водоемов, в болотистых местностях.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений вольфрамовых руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве ведущего метода обогащения, присутствием в руде и продуктах переработки в качестве примесей висмута, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, мышьяка, рения, селена, теллура, германия, скандия.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки

и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений вольфрамовых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений вольфрамовых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками. На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На штокверковых месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На штокверковых месторождениях при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых, забалансовых и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

Контуры запасов категории C_1 , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геологоструктурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний вольфрама.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахты), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы подсчитываются для сухой руды с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием вольфрама («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний вольфрама по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных при эксплуатации запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и

качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее 1/4 средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** вольфрамовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения).

Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов,

технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p),

показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_B + N_3} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($V\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.462

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям молибденовых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 42 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений молибденовых руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче молибденовых руд и их переработке. С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям молибденовых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 30 ноября 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям молибденовых руд

1. Общие сведения

1.1. Молибден – серебристо-серый ковкий металл с плотностью 10,02–10,32 г/см³, обладающий высокой термостойкостью (температура плавления 2620 ± 20 °С), легкой дегазацией, небольшой упругостью пара, высокими значениями электро- и теплопроводности, малым коэффициентом линейного расширения, значительной прочностью, высоким модулем упругости и хорошей обрабатываемостью.

Основная область применения молибдена – металлургическая промышленность (85–90%), где он используется в качестве легирующей добавки, главным образом при производстве сталей, а также в производстве (совместно с V, W, Cu, Ni и Co) твердых, жаростойких и кислотоупорных сплавов. Кроме того, молибден применяется в машиностроении, радио- и электротехнике в чистом виде для изготовления лопаток турбин, в качестве конструкционного материала в энергетических ядерных реакторах, при изготовлении деталей электроламп.

Широко используются химические соединения молибдена: дисульфид молибдена (чистый молибденит) – как смазочный материал для трущихся частей механизмов; молибдат натрия – в производстве лаков и красок; оксиды молибдена – как катализаторы в нефтяной и химической промышленности. Расширяется применение соединений молибдена (преимущественно в форме молибдата аммония) в производстве удобрений.

1.2. Молибден принадлежит к малораспространенным элементам, среднее содержание его в земной коре составляет 1,1·10⁻⁴% (по массе). Из 20 известных минералов молибдена основное промышленное значение имеют пять (табл. 1)

Главнейший минерал молибденовых руд – молибденит, более 98% всей добычи молибдена производится из молибденитовых руд, второстепенную роль играет молибдошеелит, известный в некоторых скарновых месторождениях, и совсем незначительную – повеллит, ферримолибдит и вульфенит, развивающиеся в зоне окисления.

Промышленное значение имеют также молибдаты урана, широко распространенные в молибден-урановых месторождениях.

Таблица 1

Главнейшие минералы молибдена

Минерал	Химическая формула	Содержание Mo, %
Молибденит	MoS_2	57,1–60
Молибдошеелит (зейригит)	Ca(W, Mo)O_4	1–24
Повелит	CaMoO_4	48,2
Ферримолибдит	$\text{Fe}_2^{3+} (\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	39,7–60,2
Вульфенит	$\text{Pb} (\text{MoO}_4)_3$	27–46

Различная растворимость молибденсодержащих минералов в соляной кислоте и щелочах позволяет отдельно определять количество молибдена, связанного с молибденитом, повеллитом, ферримолибдитом и вульфенитом.

Другие молибденсодержащие минералы (кехлинит, комозит, линдгрениит, чиллагит, иордизит и др.) встречаются редко.

1.3. Молибденовые руды по составу подразделяются на собственно молибденовые, медно-молибденовые и вольфрам-молибденовые. Из этих руд попутно получают: висмут, свинец, цинк, медь, олово, золото, серебро, рений, селен, теллур, германий, скандий. В свою очередь, молибден попутно учитывают и извлекают из руд некоторых урановых, вольфрамовых, медных и полиметаллических месторождений.

Месторождения монометалльных молибденовых руд формировались в процессах тектоно-магматической активизации на платформах и в областях завершённой складчатости, пространственно и генетически связаны с крупными интрузивами умеренно-кислых гранитоидов, с их экзо- и эндоконтактами.

Медно-молибденовые месторождения образовались в позднеорогенную стадию развития геосинклиналей. Интрузивы, с которыми генетически или парагенетически связано оруденение, представлены породами монзонитового ряда. Месторождения располагаются преимущественно в эндоконтактных зонах материнских плутонов.

Вольфрам-молибденовые месторождения локализируются в областях завершённой складчатости или на участках древних платформ, подверженных процессам тектоно-магматической активизации, пространственно и генетически связаны с лейкократовыми гранитами.

1.4. Промышленные эндогенные концентрации молибдена (табл. 2) связаны с кварцевыми жилами и прожилками, скарновыми и грейзеновыми залежами, брекчиевыми трубками. Помимо монометалльных молибденовых руд, широко распространены руды комплексные, в которых молибден ассоциирует с медью или вольфрамом, висмутом, бериллием, а также ураном. В месторождениях с медью и вольфрамом молибден нередко характеризуется весьма крупными запасами и присутствует в качестве одного из основных и (или) попутного компонентов. В молибден-урановых месторождениях – это обычно попутный компонент, значение которого в общей добыче молибдена не превышает 5%.

По запасам молибдена (тыс. т) месторождения подразделяются на мелкие – до 25, средние – 25–150, крупные – 150–500 и весьма крупные (уникальные) – свыше 500. Все разнообразие форм и условий залегания молибденовых руд охватывает четыре типа месторождений: штокверковый, пласто- и линзообразный, жильный и брекчиевых трубок. Кроме того, имеют место техногенные образования – отвалы бедных или забалансовых руд и шламохранилища.

Штокверковый тип месторождений объединяет средние, крупные и весьма крупные рудные тела, пригодные для высокопроизводительной открытой (карьерной) или подземной (блоковым обрушением) разработки. Объем рудного штокверка может достигать 1,5–2,0 км³ при вертикальном размахе до 1,5 км. Формы штокверков изометричные, в виде линейно вытянутых зон, перевернутых чаш и конусов, а также их сочетаний. Внутреннее строение штокверков достаточно сложное, обусловленное сочетанием участков или зон богатого

оруденения с бедными и забалансовыми рудами или даже практически безрудными породами. Однако общее распределение молибдена в штокверках относительно равномерное – значение коэффициента вариации содержания находится в пределах 50–100%. Контуры рудных тел, как правило, не имеют геологических границ и выделяются по данным опробования.

Таблица 2

Промышленные типы месторождений молибденовых руд

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Содержание Мо в рудах, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Штокверковый (грейзеновый)	Молибденовый штокверковый в гранитоидах	Молибденитовый	0,05–0,25	Cu, Pb, Zn, Bi	Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)	Бугдалинское, Жирекенское
	Вольфрам-молибденовый штокверковый в гранитоидах	Шеелит-вольфрамит-молибденитовый	0,03–0,10 (WO ₃ до 0,6)	Cu, Bi	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационно-гравитационный)	Коктенкольское
	Медно-молибденовый штокверковый в монцоноидах, гранодиоритах и гранитах	Халькопирит-молибденитовый	0,00n–0,0n (Cu до 0,3)	Au, Ag, Se, Tl, Bi, Re, Ge	Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Сорское, Каджаранское и др. (Армения)
Пластообразный (скарновый)	Вольфрам-молибденовый пластово-залежный скарновый	Шеелит-молибденитовый	0,003–0,2 (Cu до 0,3; WO ₃ до 0,8)	Cu, Bi, Se, Tl, Au, Ag	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Тырныаузское
	Медно-молибденовый пластово-залежный скарновый	Халькопирит-молибденитовый	0,004 (Cu до 0,3)	Se, Tl, Au, Ag, Sn, Bi	Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Киялых-Узеньское
Жильный	Молибденовый жильный в биотитовых и роговообманковых гранитах и гранит-порфирах	Молибденитовый	0,1–0,9	Pb, Zn, Ag, Bi	Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)	Шахтаминское, Умальтинское
	Вольфрам-молибденовый жильный в лейкократовых гранитах	Волфрамит-молибденитовый	0,05–0,4 (WO ₃ до 2,0)	Sn, Bi, Sc	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, гравитационно-флотационный)	Калгутинское

Пласто- и линзообразный тип месторождений представлен скарновыми и грейзеновыми залежами, которые по форме и размерам рудных тел, а также по распределению в них полезных компонентов, с одной стороны, приближаются к типу крупных штокверковых месторождений, с другой – к небольшим месторождениям жильного типа. Скарновые рудные залежи обычно залегают в экзоконтакте гранитоидных массивов, на контакте между вмещающими породами карбонатного и алюмосиликатного составов. Наиболее выдержанные залежи приурочены к мощным зонам дробления, к пластам карбонатных пород среди алюмосиликатных или алюмосиликатных среди карбонатных. В непосредственном контакте гранита с карбонатными породами крупные скарновые рудные тела образуются реже.

Формы скарновых рудных тел разнообразны. В одних случаях это круто- и (или) пологопадающие моноклинальные пласты и линзы, в других – сложно изогнутые тела, повторяющие складки вмещающих пород или сложный характер контакта интрузива с вмещающими породами, с раздувами в замковых частях складок и местах повышенной трещиноватости и пережимами на крыльях складок и участках менее деформированных пород. Размеры рудных скарновых тел варьируют в весьма широких пределах – протяженность от нескольких десятков до сотен метров и даже километров, мощность от долей до десятков метров.

Пласто- и линзообразная форма характерна также и для многих грейзеновых рудных тел. Обычно это тела небольших размеров, залегающие в апикальных частях гранитов кислого состава: полого- и крутопадающие линзы и зоны мощностью от нескольких десятков сантиметров до первых метров. Редко, например на месторождении Югодзырь (Монголия), пологозалегающие зоны грейзенов мощностью в 3–5 м, прослеживаются на сотни метров (до первых километров).

Жильный тип представлен преимущественно мелкими месторождениями. Это серии параллельных кварцевых жил одного, двух, редко более направлений. Морфология жил весьма разнообразная – простые плитообразные тела с выдержанным простиранием и падением, но гораздо чаще жилы сложной морфологии – с невыдержанным, меняющимся простиранием и падением, линзующиеся, ветвящиеся, с раздувами и пережимами, нарушенные пострудной тектоникой; иногда встречаются столбообразные кварцевые тела. Мощности жил колеблются от долей метра до нескольких метров; протяженность – от десятков до сотен метров. На глубину оруденение может распространяться до 600–800 м.

Распределение молибдена и сопутствующих компонентов редко бывает равномерным, чаще оно очень невыдержанное, коэффициент вариации содержаний колеблется в пределах 120–150%, реже бывает выше. Для жил весьма характерно наличие рудных столбов, образование которых связано с особенностями тектонических условий развития оруденения. Нередко это места увеличения мощностей жил в области их перегиба, узлы пересечения или места сопряжения разрывных структур разных направлений и др.

Месторождения типа брекчиевых трубок и более сложных тел развиты довольно широко. При этом нередко рудные тела этого типа встречаются в штокверковых месторождениях в сочетании с вкрапленно-прожилковым оруденением, составляя до 10–15% от общих запасов руды. Однако имеются месторождения, в которых брекчиевый тип руд является единственным или главенствующим. Морфологически это трубо- и столбообразные тела, зоны, линзы, образования более сложных и неправильных форм. В одних случаях границы рудных тел четкие, в других – расплывчатые и устанавливаются опробованием, так же как и в случае штокверковых месторождений.

Нередко в одном месторождении присутствует оруденение не одного, а разных типов – штокверкового, жильного и брекчиевого (Жирекенское, Сорское), штокверкового и пласто-линзообразного (Тырныаузское) и др. Поэтому промышленный тип месторождения определяется по характеру ведущей минерализации или может быть смешанным – жильно-штокверковым, штокверково-брекчиевым, пластово-штокверковым и т.п.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. Необходимая и достаточная степень детальности изучения месторождений молибденовых руд в процессе разведки определяется в зависимости от сложности их геологического строения.

По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения молибдена месторождения молибденовых руд соответствуют 2-й и 3-й группам. «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными:

- крупными штокверками простой или сложной формы, с внутренним строением, характеризующимся чередованием промышленных руд с безрудными участками и некондиционными рудами (Жирекенское, Орекитканское в России; Агаракское и Каджаранское в Армении);
- крупными пласто- и штокообразными скарновыми залежами сложной формы или с неравномерным распределением молибдена (Тырныаузское);
- крупными протяженными жилами сравнительно устойчивой небольшой мощности (Восточно-Коунрадское, Казахстан).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам жилами (Шахтаминское; Северо-Коунрадское в Казахстане), оруденелыми зонами, жило- и линзообразными скарновыми залежами (Южно-Янгиканское и Каратас 1 в Казахстане) небольшой или резко изменчивой мощности с весьма неравномерным распределением молибдена.

Месторождения (участки) молибденовых руд **4-й группы** Классификации, представленные мелкими жилами, небольшими линзами, трубками, гнездами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения, как правило, не имеют и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться и количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент рудоносности, коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности рудных тел (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях молибденовых руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, шахты, штольни, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также

обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и мелкими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления (в том числе зоны вторичного обогащения медно-молибденовых месторождений), степень окисленности руд и изменения содержания в них молибдена (меди и др.), вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений молибденовых руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов на разведанных месторождениях по категориям B , C_1 и C_2 , соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождений с учетом возможностей горных, буровых, геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе технических средств разведки, методов и способов опробования следует учитывать, что все минералы, с которыми связаны промышленные концентрации молибдена, и в особенности главный – молибденит, ввиду слабой механической прочности обладают высокой способностью к выкрашиванию, что может привести к искажению результатов опробования скважин и горных выработок. Поэтому степень избирательного истирания при бурении и выкрашивания при отборе бороздовых проб должна быть изучена применительно к различным типам руд и осуществлены меры, обеспечивающие достоверное определение содержания молибдена и мощностей рудных интервалов.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера окolorудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами.

* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами, отвечающими требованиям инструкций к картам этого масштаба, а также другие графические материалы, обосновывающие комплексную оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний молибдена и мощностей рудных интервалов должна быть определена с учетом возможности его избирательного истирания, которое может иметь место и при высоком выходе керна, чему способствует, кроме хрупкости минерала – молибденита, его высокая флотуемость. Для этого, в первую очередь, следует для каждой разновидности руд сопоставить результаты опробования керна, шлама и мути, а также сравнить средние содержания молибдена при различных выходах керна.

Если в классе проб с пониженным выходом керна содержание молибдена ниже среднего, установленного по пробам с высоким выходом керна, это означает, что избирательно истирается молибденит. При этом содержание его в шламе и мути должно быть выше, чем в керне. Для установления величины избирательного истирания керна результаты его опробования сопоставляются с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. В случаях низкого выхода керна или его избирательного истирания следует применять другие технические средства разведки. При незначительном искажении содержаний молибдена в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных, полученных в контрольных выработках – скважинах ударного бурения, в подземных выработках по валовым и бороздовым большого сечения пробам, а также геофизического опробования.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также служат для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам жильного типа – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания молибденсодержащих минералов при отборе бороздовых проб и истирания при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных бороздового и скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участке детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных при составлении ТЭО разведки к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и характера распределения молибдена.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений молибденовых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. На штокверковых месторождениях с крупными рудными телами простой формы можно ограничиться проходкой единичных подземных выработок, используя их одновременно в качестве контрольных для колонковых скважин, или бурением скважин большого диаметра. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений молибденовых руд стран СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Вид выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м			
			В		С ₁	
			по проектированию	по падению	по проектированию	по падению
2-я	Крупные штокверки простой формы с изменчивым внутренним строением	Штольни, штреки	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	100–120	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–
		Скважины	100–120	100–120	100–200	100–200
	Крупные штокверки сложной формы с изменчивым внутренним строением	Штольни, штреки	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	50–60	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–
		Скважины	50–60	50–60	100–120	100–120
	Крупные пластообразные, штокообразные скарновые залежи сложной формы или с неравномерным распределением молибдена	Штольни, штреки	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	20–30	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–
		Скважины	40–60	40–50	80–120	80–100
	Крупные протяженные жилы или оруденелые зоны непостоянной, сравнительно небольшой мощности или с неравномерным распределением молибдена	Штольни, штреки	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки	10–20	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–
		Скважины	40–60	40–50	80–120	80–100
3-я	Средние по размерам жилы, жилообразные скарновые залежи небольшой или резко изменчивой мощности или с весьма неравномерным распределением молибдена	Штольни, штреки	–	–	–	40–60
		Орты, рассечки	–	–	10–20	–
		Восстающие	–	–	60–120	–
		Скважины	–	–	30–60	30–50

Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.4.4. Участки и горизонты месторождения, намеченные к первоочередной отработке, должны быть разведаны наиболее детально. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы – категории С₁. При этом сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить

плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождений в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

На месторождениях штокверкового типа, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения участков кондиционных руд должна быть оценена возможность их селективной выемки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-геологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород и применяемых технических средств разведки.

На месторождениях молибденовых руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования. Ядерно-геофизическое опробование должно предусматривать дифференциальную интерпретацию с определением содержания в интервалах 5–10 см и последующую обработку данных для определения контрастности руд с целью прогнозной оценки радиометрической обогатимости в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 ноября 1992 г.

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ –

Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов или обосновывается на новых объектах экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – секциями. Длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контуры балансовых руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При колонковом бурении должны быть установлены минимально допустимый для подсчета запасов выход керна, а величина линейного выхода керна – систематически контролироваться весовым (сравнением теоретической и фактической массы керна) или объемным способом. При этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно, при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.), мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов молибдена деление керна при опробовании на половинки не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам, в выработках, пройденных по

Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживающих выработках обычно не превышает 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб необходимо обосновать экспериментальными работами.

Должны быть также проведены работы по изучению возможного выкрашивания молибденсодержащих минералов при принятом для горных выработок способе опробования, особенно на участках трещиноватых руд и руд с прожилковым оруденением.

3.6.3. Качество опробования по каждому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 – 20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений.

Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением его данных с данными геологического опробования при высоком выходе керна по опорным интервалам, для которых доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки. Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на молибден (общий и окисленный), а в комплексных рудах также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (медь, вольфрам и др.).

Другие полезные компоненты (рений, селен, теллур, золото, серебро, сера и др.) и вредные примеси (фосфор, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Mo	>1	3,5	Au	4–16	18
	0,5–1	6		1–4	25
	0,2–0,5	8,5		0,5–1	30
	0,1–0,2	13		<0,5	30
	0,05–0,1	18		Ag	10–30
	0,02–0,05	23	1,0–10		22
WO ₃	1–2	8	Ag	0,5–1,0	25
	0,5–1	9		Re	>40
	0,2–0,5	12	20–40		19
	0,1–0,2	16	10–20		22
	0,05–0,1	18	5–10		24
	0,02–0,05	25	1–5		25
Cu	1–3	5,5	Se		0,5–1
	0,5–1	8,5		0,1–0,5	30
	0,2–0,5	13	0,01–0,1	30	
	0,1–0,2	17	Te	50–100	20
	0,05–0,1	25		20–50	21
	0,01–0,05	30		5–20	28
Sn	0,5–1	7,5		1–5	30
	0,2–0,5	10	As	50–100	18
	0,1–0,2	15		20–50	21
	0,05–0,1	20		5–20	28
	0,025–0,05	25		1–5	30
Bi	0,6–1	8,5		>2	2,5
	0,2–0,6	11	0,5–2	5	
	0,05–0,2	15	0,05–0,5	13	
	0,02–0,05	20	0,01–0,05	25	
	0,005–0,02	30	<0,01	30	
S	20–30	1,5	P ₂ O ₅	>0,3	7
	10–20	2		0,1–0,3	9
	2–10	6		0,05–0,1	12
	1–2	9		0,01–0,05	20
	0,5–1	12		0,001–0,01	28
	0,3–0,5	15			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространения.

Особое внимание уделяется молибденсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и соотношений различных по крупности классов.

Для выяснения степени окисленности первичных руд и установления границ зоны окисления, а также изучения распределения полезных компонентов по минеральным формам в зоне окисления следует выполнять фазовые анализы.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам при наличии горных выработок должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие селективной выемке и отдельной переработке.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся

опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При проведении геолого-технологического картирования следует руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и химической переработки. При этом важно определить такую степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие молибденитовых чешуек при минимальном ошламовании и попадании их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

4.3. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сепарации. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть

установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сепарации; уточняются данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения. Устанавливаются основные показатели радиометрического обогащения – выход хвостов и концентрата, извлечение и содержание в них молибдена, коэффициент обогащения.

4.4. При исследовании обогатимости молибденовых руд изучают степень их окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и оптимальную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки молибденовых концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

Для получения товарной продукции (молибденовых концентратов) руды подвергаются механическому обогащению (флотации). Флотационная способность молибденита настолько велика, что даже при весьма низком содержании молибдена в исходной руде извлечение его в товарный концентрат составляет обычно не менее 80%, достигая 90–91%.

Практикой работы горно-обогатительных предприятий в России и за рубежом установлено, что промышленным является содержание молибдена от 0,005% в комплексных рудах крупнейших меднопорфировых месторождений, 0,06–0,07% в собственно молибденовых штокверковых до 1,5% в молибденовых рудах жильных месторождений.

Собственно молибденовые руды обогащаются по простым схемам, комплексные – по сложным, что связано с получением из них попутных концентратов. На выбор схем влияет крупность вкраплений минералов, их состав и минеральная форма молибдена, а также присутствие минералов, содержащих вредные примеси (фосфор, медь, мышьяк, олово). Наличие в рудах графита и талька, которые флотируются совместно с молибденитом, снижает качество молибденового концентрата.

Сульфидные молибденовые руды флотируют при грубом измельчении (45–55% размером –0,074 мм) с получением отвальных хвостов и черновых молибденовых концентратов, которые подвергаются многократному доизмельчению (80–90% –0,074 мм) с перечистными операциями между стадиями измельчения. Флотацию проводят в содовой среде (рН = 8,5) с использованием в качестве собирателей углеводородных аполярных реагентов и пенообразователей. В результате получают товарный молибденовый концентрат и хвосты, из которых гравитационными, магнитными и флотационными методами извлекают попутные компоненты.

При флотации *медно-молибденовых руд* основная масса молибдена извлекается в медный концентрат при обычном для медной флотации реагентном режиме. Коллективный концентрат разделяется на медный и молибденовый путем пропарки с сернистым натрием при депрессировании медных минералов и последующей флотации молибденита. В случае когда из-за низких содержаний молибдена в коллективном концентрате не удастся получить кондиционный молибденовый концентрат, применяется гидрометаллургическая переработка.

Вольфрам-молибденовые руды испытывают по гравитационно-флотационной и флотационной схемам, так как наличие в руде вольфрамит, ферберит и гюбнерит требует

проведения в начале процесса гравитационного цикла (винтовая сепарация, концентрация на столах, реже тяжелые суспензии). При тонкой вкрапленности вольфрамовых минералов их извлекают гравитацией из хвостов сульфидной флотации. Доводка такого вольфрамового концентрата проводится с использованием магнитной сепарации.

Из *скарновых шеелитсодержащих руд* молибденит флотируется в первую очередь. Шеелит извлекается из хвостов молибденовой флотации жирнокислотными собирателями. Доводку шеелитового концентрата проводят по методу Петрова.

При наличии в молибденовых рудах *повеллита* его извлекают из хвостов сульфидной молибденовой флотации с использованием жирнокислотных собирателей. Черновой повеллитовый концентрат подвергается доводке с получением окисленных молибденовых продуктов, содержащих 15–20% Мо при извлечении около 60%. Некондиционные промпродукты подвергаются гидрометаллургической переработке, при этом извлечение молибдена в раствор составляет 80–85%.

Технология обогащения окисленных руд, содержащих молибдит, ферромolibдит и молибден в лимоните к настоящему времени не разработана.

Кондиционирование молибденовых концентратов по вредным примесям проводят путем их гидрометаллургической обработки путем выщелачивания:

- меди вторичных сульфидов – растворами цианида натрия;
- меди халькопирита и мышьяка – горячим раствором хлорного железа;
- серы – сульфидами аммония с последующим обжигом;
- мышьяка и фосфора – окисдированием фосфата и арсената железа осадками гидроксидов Fe^{2+} и Fe^{3+} .

В последние десятилетия совершенствование процесса переработки молибденовых руд шло по пути создания безотходных или малоотходных технологий с максимально полным извлечением не только основных, но и попутных компонентов в условиях частичного или полного водооборота. Перспективным направлением является кучное и чановое биохимическое выщелачивание, где выщелачивающим реагентом является накопительная культура ацидофильных тионовых бактерий.

Товарными молибденовыми концентратами являются концентраты, содержащие более 45% молибдена. Промпродукты, получаемые на обогатительных фабриках с более бедным содержанием молибдена (10–40%) и некондиционные по составу вредных примесей, проходят дальнейшее обогащение на доводочных фабриках с использованием флотационной технологии или гидрометаллургических методов.

Товарные концентраты направляют на специализированные заводы, где они подвергаются переработке на ферромolibден, триоксид молибдена, молибдат кальция и другие продукты.

Качество молибденовых концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Ориентировочные технические требования к концентратам и областям их применения указаны в таблице 5.

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.). Качество концентратов должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между

этим балансами не должна превышать 10% и должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и предприятиях по переработке молибденовых руд.

Таблица 5

Марки молибденовых концентратов и области их применения.

Марки	Наименования и характеристики	Содержание, %									Преимущественные области применения
		Молибдена, не менее	Примесей, не более								
			SiO ₂	As	Cu	P	Sn	Na ₂ O	WO ₃	Sb	
КМГ-В	Концентрат молибденовый гидрометаллургический высшего сорта	58	0,3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,8	2,0	0,01	Для производства ферромолибдена и вольфрамсодержащих лигатур на основе молибдена
КМГ-1	Концентра молибденовый гидрометаллургический первого сорта	56	0,4	0,04	0,01	0,01	0,01	0,8	4,5	0,01	Для производства ферромолибдена и вольфрамсодержащих лигатур на основе молибдена
КМГ-2	Концентрат молибденовый гидрометаллургический второго сорта	54	0,7	0,07	0,01	0,02	0,02	1,0	5,0	0,01	Для производства ферромолибдена и вольфрамсодержащих лигатур на основе молибдена
КМФ-В	Концентрат молибденовый флотационный высшего сорта	52	4,0	0,03	0,02	0,02	0,4	Не нормируется		Для производства дисульфида молибдена и солей молибдена	
КМФ-1	Концентрат молибденовый флотационный первого сорта	51	5,0	0,04	0,02	0,02	0,4	Не нормируется		Для производства ферромолибдена, дисульфида молибдена и солей молибдена	
КМФ-2	Концентрат молибденовый флотационный второго сорта	48	7,0	0,05	0,04	0,03	0,7	Не нормируется		Для производства ферромолибдена и солей молибдена	
КМФ-3	Концентрат молибденовый флотационный третьего сорта	47	9,0	0,06	0,05	0,05	1,0	Не нормируется		Для производства ферромолибдена, технической трехокиси молибдена и солей молибдена	
КМФ-4	Концентрат молибденовый флотационный четвертого сорта	45	11,0	0,07	0,07	0,05	2,0	Не нормируется		Для производства технической трехокиси молибдена и солей молибдена	

Примечания:

- Суммарное содержание влаги и масла во флотационных концентратах всех марок не должно превышать 8%, в том числе влаги 4%.
- Суммарное содержание щелочных металлов (калия и натрия) в концентратах, используемых для производства молибденовокислого аммония, должно быть не более 0,4% в марке КМФ-2 и не более 0,5% в марке КМФ-3.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей (по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и протоканов);
- оценить возможность утилизации дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга

геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

Учитывая, что месторождения молибденовых руд связаны в основном с изверженными породами (граниты, гранитоиды) и эффузивами среднего состава, т.е. комплексами пород, характеризующимися высокой прочностью и хрупкостью, особое внимание следует уделить оценке тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, мощности, степени и характеру дробления пород и руд заполнителя нарушений, оценке возможности водопритоков по нарушениям как по простиранию, так и падению, оценке структурной блочности массива.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных его параметров.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений молибденового сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. Перспективным направлением в отработке молибденовых месторождений являются скважинные технологии добычи (СТД): скважинное подземное выщелачивание (СПВ) и скважинная гидродобыча (СГД). Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

Молибденовые месторождения штокверкового типа с выходом на дневную поверхность или залегающие неглубоко (до 100 м), разрабатываются открытым способом – карьерами первой очереди до глубины 300 м и второй очереди до глубины 600 м (Жирекенское, Сорское в России, Квеста в США). Глубокозалегающие (200–900 м) месторождения (Клаймакс, Гендерсон в США) разрабатываются подземным способом, системой массового обрушения.

Месторождения жильного, гнездо- и пластообразного типов в основном разрабатываются подземным способом следующими системами: с креплением и закладкой очистного пространства, с открытым выработанным пространством и магазинированием руды, с массовым обрушением (месторождения Умальтинское, Восточно-Коунрадское, Тырнаузское и др.).

Пластообразное скарновое Тырнаузское месторождение отрабатывается главным образом подземным способом; частично на самых верхних горизонтах применялся открытый способ. В начале эксплуатации месторождения Клаймакс самые верхние его части, вышедшие на дневную поверхность, также отрабатывались карьером, однако основная разработка ведется подземным способом.

Величина потерь и разубоживания, как правило, зависит от принятого способа и системы разработки и горно-геологических условий. Потери составляют: при подземной

отработке 10–25%, при открытом способе – 4–6%, разубоживание – при системах с магазинированием, креплением и закладкой – до 50%, при массовом обрушении – 15–20%, при открытом способе – 5–10%.

Геотехнологические способы добычи позволяют эффективно обрабатывать самые мелкие месторождения, характеризующиеся сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, дорабатывать запасы за контуром карьеров и шахтных полей, под поверхностью водоемов, в болотистых местностях.

Скважинные технологии добычи полезных ископаемых характеризуются меньшим объемом инвестиций в освоение месторождений, более низкими эксплуатационными затратами, меньшими сроками строительства рудников СТД и окупаемости капитальных вложений по сравнению с добычей традиционными методами.

В процессе разведки месторождения необходимо обосновать:

- выбор способа отработки запасов;
- применяемые системы отработки и методы добычи, оптимальную производительность рудника и средства механизации;
- величины потерь и разубоживания, необходимые условия для их минимизации;
- кондиционные параметры и расчетные величины, необходимые для подсчета запасов (граничный и контурный коэффициенты вскрыши, высота уступа карьера, глубина открытой и подземной отработки, минимальная мощность рудного тела и максимальная мощность пустых прослоев, включаемых в подсчет запасов).

5.4. Основная цель геоэкологических исследований заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействий намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Специфика техногенных источников воздействия при эксплуатации месторождений молибденовых руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве ведущего метода обогащения, присутствием в качестве примесей свинца, цинка и других экологически вредных компонентов.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки

и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов, а также о возможности использования в качестве строительных материалов вскрышных или вмещающих пород изучаемого месторождения.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений молибденовых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов;
- при невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений молибденовых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. При невозможности геометризации количество и качество промышленных типов руд в блоке определяются статистически.

На штокверковых месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичных форм и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к данной категории.

6.3.3. К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На штокверковых месторождениях при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

Контур запасов категории C_1 , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

6.3.4. Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержания молибдена.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Забалансовые (потенциально экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием молибдена («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по

разведочным сечениям и подсчетным блокам и, при необходимости, ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня ураганных значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний молибдена по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения

изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробами, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных

результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На оцененных месторождениях молибденовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

(Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется

недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное): Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й группы сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.499

ББК 26.342

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 43 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений ртутных руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче ртутных руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 18 февраля 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд

1. Общие сведения

1.1. Ртуть – серебристо-белый металл, жидкий при нормальной температуре, имеющий плотность $13,54 \text{ г/см}^3$ при $20 \text{ }^\circ\text{C}$. При температуре минус $38,89 \text{ }^\circ\text{C}$ переходит в твердое состояние. Температура кипения ртути $357 \text{ }^\circ\text{C}$, но при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ она обладает заметным давлением паров, равным $0,18 \text{ Па}$.

В настоящее время известно свыше 1000 разнообразных областей использования ртути. Основными ее потребителями являются химическая, электротехническая, радиотехническая, военная промышленность, приборостроение, а также медицина.

1.2. Ртуть входит в состав более 80 самостоятельных минералов, но только некоторые из них образуют промышленные скопления (табл. 1).

Таблица 1

Главнейшие минералы ртути

Минералы	Химическая формула	Содержание ртути, %
Киноварь	HgS	86,21
Метациннабарит	HgS	86,21
Кордероит	Hg ₃ S ₂ Cl ₂	82,6
Галхаит	HgAsS ₂	59,06
Акташит	Cu ₆ Hg ₃ As ₄ S ₁₂	34,5
Блеклые руды (шватцит)	(Cu, Hg, Ag, Zn, Fe) ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃	до 21,6
Ливингстонит	HgSb ₄ S ₇	21,25

На большинстве месторождений в рудах резко преобладает киноварь. В зоне гипергенеза киноварь обычно устойчива. В условиях сухого жаркого климата и в зоне многолетней мерзлоты иногда наблюдается окисление киновари с образованием монтроидита, каломели и различных оксихлоридов ртути.

1.3. Типизация ртутного сырья определяется минеральным составом руд, концентрацией в них ртути и формой ее выделения. Руды подразделяются на собственно ртутные и комплексные. В зависимости от минеральной формы выделения ртути они делятся на сульфидные (киноварные), ртутно-самородные и оксихлоридные. Собственно ртутные руды составляют 90% баланса запасов ртутного сырья, из них на долю киноварных приходится свыше 80%, ртутно-самородных – не менее 9% и оксихлоридных – до 1%.

В сульфидных рудах кроме киновари в подчиненном количестве встречаются метациннабарит, гиперциннабарит, самородная ртуть. По составу породообразующих минералов руды подразделяются на кварцево-джаспероидные, иногда с флюоритом и диккитом; кварцево-опалитовые с алунитом, баритом, гипсом, серой; карбонатные, иногда с битумами; листовенитовые с кварцем, карбонатами, серпентином, глинистыми минералами; аргиллизитовые с диккитом, иллитом, опалитом, галлуазитом, каолинитом. К числу вредных минералов, усложняющих переработку руд, относятся реальгар, аурипигмент, алунит, самородная сера, глинистые минералы, битумы. Попутными полезными компонентами иногда служат дисперсное золото и тунгстенил.

Ртутно-самородные руды характеризуются широким диапазоном содержания ртути – от 1% в кварцево-джаспероидных, карбонатных и листовенитовых разновидностях до 20% в кварцево-диккитовых рудах; в аргиллизитовых рудах ртуть – главный компонент.

Оксихлоридные руды отмечаются в зоне окисления многих ртутных месторождений, но имеются случаи их первичного происхождения (месторождение Мак Дермит, США).

Комплексные ртутьсодержащие руды составляют не более 8% баланса сырья, однако в ряде случаев они играют существенную роль, повышая общую извлекаемую стоимость рудных (сурьма, золото, серебро, вольфрам, селен, теллур, уран, молибден, полиметаллы) и нерудных (флюорит, барит) компонентов.

Основные типы комплексных ртутьсодержащих руд: сульфидно-сульфосольные (блеклые руды), киноварно-антимонитовые, иногда с флюоритом, ливингстонитовые, киноварно-баритовые, киноварно-дисперсно-золотоносные, ртутно-вольфрамовые, ртутно-мышьяковые, ртутьсодержащие полиметаллические руды, каустобиолиты, карбонатные породы.

По содержанию ртути руды делятся на сорта: очень бедные – первые сотые доли процента, бедные – 0,06–0,1%, рядовые 0,1–0,2%, повышенного качества – 0,2–0,3%, богатые – 0,3–1%, очень богатые (штуфные) – единицы процентов, уникальные – десятки процентов.

По структурно-текстурным особенностям ртутные руды делятся на крупнокристаллические, гнездово-вкрапленные (в кварцитовидных песчаниках, джаспероидах и карбонатных породах), тонкокристаллические массивные (в листовенитах), прожилково-вкрапленные (характерны для большинства типов месторождений), рассеянно-вкрапленные (в глинисто-карбонатных породах), с тонкодисперстной киноварью (опалитово-алунитовый и травертиновый типы, встречается также в мраморизованных известняках и доломитах).

Распределение ртутных и ртутьсодержащих минералов в рудах крайне неравномерно. В месторождениях с преобладанием массивных руд (лиственито-аргиллизитовые типы) в богатых штуфных рудах сконцентрировано до 80% запасов металла, во всех остальных случаях соотношение богатых и бедных руд обратное (20–40 и 60–80%). Граница между рудой и вмещающей породой, как правило, нерезкая и определяется по бортовому содержанию ртути.

1.4. Промышленные месторождения ртутных руд концентрируются вдоль глубинных разломов, образуя рудоносные пояса значительной протяженности. В генетическом и структурно-морфологическом отношении месторождения отличаются исключительным многообразием и сложностью. Большинство месторождений ртутных руд принадлежит к гидротермальным, среди которых можно выделить три главных генетических типа: плутоногенные, телетермальные, вулканогенные.

Промышленные типы месторождений ртути

Тип		Рудные тела					Среднее содержание Hg, %	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
генетический	промышленный	форма	залегание	размеры, м					
				по простиранию	по падению	мощность			
Телетермальный	Кварц-диккитовый	Пластообразная, штокверко- и столбообразная, жильная	Чаше крутое, реже пологое	До многих сотен	До первых сотен	До десятков	0,05–0,5	Технико-технологический ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Никитовское (Украина), Западно-Полянское, Звездочка, Терлишайское (Россия), Альмаден (Испания)
	Джаспероидный	Пласто-, плаще-, линзообразная форма	Пологое, крутое	Десятки	Десятки	Первые десятки	0,05–0,2	Технико-технологический флюорит-сурьмяно-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Хайдаркан (Киргизия), Сигуаньшань (КНР)
	Карбонатный	Пластовая, линзо- и гнездообразная, жильная, штокверковая	То же	До сотен	До сотен	До 10	0,1–0,3	Технико-технологический мышьяково-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Ваньшань (КНР), Карасу (Узбекистан)
	Листвениновый	Неправильная линзовидная, столбообразная, жильная	Крутое	Сотни	Сотни	До первых десятков	0,1–0,3	Технико-технологический сурьмяно-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Тамватнейское (Россия), Чонкойское (Киргизия), Нью-Амаден, Нью-Идрия (США)
Вулкано-генный	Карбонатно-полиаргиллитовый	Согласно-гнездовое	Пологое	«	«	«	Единицы – первые десятки	Технико-технологический ртутный (пирометаллургический)	Пламенное (Россия), Идрия (Словения), Монте-Амиата (Италия)
	Травертиновый	Натечная	«	Десятки	Десятки	Единицы	0,02–0,2	То же	Узонское (Россия), Терлингва (США)
	Опалитовый	Трубообразная, жильная, плащеобразная	Крутое, пологое	«	«	«	0,02–0,2	«	Опалит, Мак Дермит (США), Чемпуринское (Россия)

Промышленные месторождения ртутных руд встречаются во всех генетических классах, но ведущая роль по запасам, количеству разрабатываемых месторождений, доле участия в мировом производстве металла принадлежит телетермальному (около 65% мирового производства) и вулканогенному (более 30% мирового производства ртути) типам (табл. 2).

Телетермальные месторождения развиты главным образом в пределах активизированных областей платформ и в периферических частях древних стабильных массивов, а также в геосинклинальных складчатых областях, где практически отсутствуют интрузивные образования, кроме серпентинизированных гипербазитов и даек диабазовых порфиритов. Эти месторождения характеризуются простым вещественным составом, как правило, пространственной обособленностью от месторождений других металлов, за исключением свинцово-цинковых, сурьмяных и низкотемпературных мышьяковых, значительным вертикальным размахом рудоотложения, обширными ореолами гипогенного рассеяния элементов-индикаторов.

К типу телетермальных месторождений принадлежат четыре промышленных типа: кварц-диккитовый, джаспероидный, листовенитовый и карбонатный.

Месторождения кварц-диккитового типа обычно приурочены к геосинклиналям, краевым прогибам, в разрезе которых преобладают песчано-глинистые, реже терригенно-эффузивные комплексы. Ведущими типоморфными жильными минералами этих месторождений являются диккит и кварц, их количественные соотношения могут колебаться в значительных пределах. Из рудных минералов преобладает киноварь, часто являющаяся единственным рудным минералом.

Локализация оруденения определяется сочетанием ряда факторов, и в первую очередь факторами структурного и литологического контроля.

Для описываемых месторождений характерно многообразие форм рудных тел, которые могут быть подразделены на три основных структурно-морфологических типа: согласно-пластообразные, штокверко- и столбообразные, жильные.

Согласно-пластообразные рудные тела имеют размеры от первых десятков до многих сотен метров по простиранию, десятки, иногда первые сотни метров по падению и мощность от первых метров до первых десятков метров. Оруденение локализуется в пластах песчаников, обычно в сводовых частях куполовидных антиклиналей, осложненных зонами крутопадающих разрывов, и в местах перегиба крыльев складок; реже развиты маломощные внутриформационные залежи. Характерной особенностью является многоярусное строение месторождения, т. е. локализация оруденения в нескольких благоприятных горизонтах песчаников (на Никитовском месторождении промышленное оруденение установлено в четырех горизонтах).

Штокверко- и столбообразные тела связаны с зонами интенсивного дробления и трещиноватости в песчаниках и реже – в сланцах, развитыми в ядрах сжатых складок, а также с блоками брекчирования сланцев в местах перегибов крыльев складок. Столбообразные рудные тела контролируются локальными структурами типа воронок взрыва, трубок грязевых вулканов, соляных куполов и т. п. (Константиновское).

Жильные тела являются наиболее распространенной формой проявления кварц-диккитового типа. Они, как правило, невелики по размерам, чрезвычайно сложны морфологически и не имеют большого промышленного значения, но могут служить важным поисковым критерием в качестве индикаторов более крупных скрытых согласных залежей.

К кварц-диккитовому типу относятся месторождения Никитовское, Сахалинское, Белокаменное, Западно-Полянское, Звездочка; из зарубежных к этому типу относится месторождение Альмаден в Испании.

Месторождения джаспероидного типа характерны для районов завершенной складчатости в пределах геосинклинальных областей и зон активизации платформ; они не обнаруживают пространственной связи с проявлениями магматизма, за исключением даек диабазовых порфиритов. Главной отличительной особенностью месторождений этого типа

является ведущая роль структур экранирования и приуроченность рудных тел к сводовым частям куполовидных складок, осложненных крутопадающими сбросами, где на контакте известняков и эранирующих сланцев образуются джаспероиды (метасоматически окремненные известняки).

Морфологически тела рудовмещающих джаспероидов представляют собой мощные (до 40 м) пластообразные, седлообразные и плащеобразные залежи в сводовых частях «многогорбых» складок, линзовидные тела, приуроченные к единому горизонту. Рудные тела обычно имеют очень сложную форму, в основном небольшие размеры и распределены во вмещающих джаспероидах крайне неравномерно.

На месторождениях джаспероидного типа кроме ртути, как правило, в промышленных концентрациях содержатся сурьма и флюорит. Иногда в повышенных концентрациях отмечаются селен и мышьяк.

Типичным примером этих месторождений является ртутно-сурьмяно-флюоритовое месторождение Хайдаркан, а за рубежом классические примеры джаспероидных месторождений установлены в КНР (Сигуаньшань).

Месторождения лиственинового типа тяготеют к зонам глубинных разломов, трассируемых гипербазитами, как правило, нацело серпентинизированными. Рудоконтролирующими являются разломы на контактах серпентинитов и вмещающих вулканогенно-осадочных пород, вдоль которых развиваются кварц-карбонатные метасоматиты (листвениты), служащие основными рудовмещающими породами. На месторождениях лиственинового типа установлена значительная (до 1000 м) протяженность рудоносных зон по простиранию и на глубину. Типичные формы рудных тел – неправильные, линзовидные и столбообразные залежи, жилы и рудные столбы, достигающие первых сотен метров по простиранию. Основным рудным минералом является киноварь. Сульфиды других металлов (антимонит, миллерит, герсдорфит и др.) имеют минералогическое значение. На ряде месторождений отмечаются повышенные содержания шеелита, который может иметь практический интерес. Жильные минералы в основном представлены кварцем и карбонатами – преимущественно железистыми и магниевыми – анкеритом, брайеритом, в меньшей степени – кальцитом, доломитом. К этому типу относятся Чаганузунское месторождение, где впервые был выделен данный тип ртутного оруденения, а также Чонкойское, Чазадырское, Агятагское, Тамватнейское месторождения. Представителем этого типа является также известное месторождение Нью-Альмаден в США.

Месторождения карбонатного типа по тектонической позиции аналогичны месторождениям джаспероидного типа, с которыми они в ряде случаев находятся в пространственной близости, локализуясь в мощных толщах известняков и доломитов. Для концентрации оруденения в месторождениях данного типа особенно важно наличие структур экранирования и расслоения. Выделяются рудные тела согласные и секущие.

Согласные рудные тела, развитые в основном в доломитах, представляют собой или маломощные пласты минерализованных литологически более благоприятных пород, или внутриформационные залежи среди толщ доломитов, контролирующиеся структурами расслоения и отличающиеся выдержанными мощностями, особенно по простиранию рудоконтролирующих структур. В известняках преобладают небольшие линзо- и гнездообразные тела, редко достигающие сколько-нибудь значительных размеров.

На месторождениях секущего типа известны жильные, гнездовые тела и штокверки, которые в доломитах крупнее и выдержаннее, чем в известняках.

К этому типу относятся месторождение Карасу в Узбекистане, а также известные месторождения района Ваньшань в КНР.

Вулканогенные месторождения преобладают в районах недавней и современной вулканической и поствулканической деятельности, преимущественно в молодых складчатых областях. Они часто непосредственно связаны с вулканическими аппаратами. Для этих месторождений характерны: монометалльность, изолированное положение по отношению к месторождениям других металлов (за исключением серебро-золото-полиметаллических),

сложное строение рудных тел, обычно небольшая глубина формирования и ограниченный вертикальный размах рудоотложения, развитие среди жильных минералов монтмориллонита, галлуазита, алунита, барита и, наконец, незначительные по размерам геохимические ореолы. Среди вулканогенных месторождений ведущую роль в балансе производства ртути играют месторождения карбонатно-полиаргиллитового типа, подчиненную – опалит-алунитового и травертинового.

Карбонатно-полиаргиллитовый тип месторождений характерен для областей мезозойского вулканизма. В структурном отношении выделяются рудные залежи: контролирующиеся надвиговыми структурами; связанные с вулканическими аппаратами; локализующиеся в экзоконтактных зонах субвулканических штоков и некков; и приуроченные к разрывным нарушениям в молодых эффузивных образованиях.

Для месторождений карбонатно-полиаргиллитового типа характерна слабая интенсивность и нечеткие границы проявления дорудных изменений (аргиллизация и карбонатизация). Месторождения этого типа широко развиты в Северном Средиземноморье – Монте-Амиата (Италия), Идрия (Словения); в Юго-Восточной Африке – Рас-Эль-Ма (Алжир); в России – Боркут и Пламенное.

Опалит-алунитовые месторождения связаны с субвулканическими образованиями в областях развития кайнозойской складчатости и локализируются в зонах развития интенсивного окварцевания (до вторичных кварцитов), пропилитизации. Месторождения монометалльные – киноварно-метациннабаритовые; форма рудных тел, как правило, трубообразная (пологие залежи в апикальной части некков), реже жильная (в местах пересечения разломов). Наиболее характерными примерами описываемого типа являются месторождения Опалит (США) и Чемпуринское (Россия).

Травертиновые месторождения приурочены к областям развития поствулканической гидротермальной деятельности и формируются вблизи зеркала грунтовых вод в пределах выходов термальных источников. Ртутные проявления – киноварно-метациннабаритовые, иногда с серой, связаны чаще всего с кремнистыми травертинами.

Известные месторождения этого типа – Сульфур-Бэнк и Терлингва (США); аналоги их возможны в Тихоокеанском вулканическом поясе России.

Из вторичных месторождений ртути определенный промышленный интерес представляют лишь крупные остаточные россыпи (месторождения Пламенное, Тамватнейское Россия; район Вань-Шань КНР) и аллювиально-пролювиальные золоторудные россыпи с киноварью, откуда ртуть получают попутно.

По запасам ртути месторождения подразделяются на мелкие – до первых тонн, небольшие – до первых десятков, средние – первые сотни, крупные – тысячи, очень крупные – десятки тысяч, уникальные – сотни тысяч тонн.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. Известные в странах СНГ месторождения ртутных руд отличаются исключительно сложным, гнездообразным распределением рудных скоплений в пределах рудовмещающих горизонтов или тектонических структур. Рудные тела имеют средние или мелкие размеры, очень сложные пластообразную, линзовидную, штокверкообразную, столбообразную и жильную формы, резко изменчивые мощности и внутреннее строение, весьма неравномерное, прерывистое распределение ртути и могут быть выявлены, разведаны и оконтурены только по результатам эксплуатационно-разведочных работ. В процессе оценки и разведки, как правило, выявляются и оконтуриваются только рудонасыщенные участки рудовмещающих горизонтов или зон, а запасы ртутных руд в их пределах подсчитываются с использованием коэффициента рудоносности.

В соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов

Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40. месторождения ртутных руд относятся к 4-й группе (с гнездовым оруденением).

Проектирование и строительство или реконструкция действующего предприятия осуществляется преимущественно на запасах категории C_2 и лишь частично (~20%) – категории C_1 . Дальнейшая разведка месторождения совмещается с отработкой и выполняется недропользователем в увязке с планами развития горных работ и подготовки запасов к отработке. В процессе доразведки осуществляется перевод запасов в более высокие категории.

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях ртутных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:5 000. Все разведочные, эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудоносных горизонтов и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудоносного горизонта и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть изучено детально и отражено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:5 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о стратиграфическом и структурном положении рудовмещающих горизонтов, размерах и форме участков рудоносных зон с промышленным оруденением, условиях их залегания, внутреннем строении и рудонасыщенности, характере изменения вмещающих пород и связи оруденения с разрывными и складчатыми структурами в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. На горизонтальных планах или продольных проекциях должен быть отражен рельеф поверхностей основной рудолокализирующей толщи.

Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части минерализованных зон, рудовмещающих горизонтов и комплексов пород должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить размеры и форму участков с промышленным оруденением, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд и изменения содержания ртути в них, вещественный состав и

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений ртути и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы ртутных руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам руд.

3.4. Разведка месторождений ртутных руд на глубину проводится горными выработками и скважинами с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям C_1 и C_2 в указанном в разделе 2 настоящих «Методических рекомендаций...» соотношении. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождения (условий залегания и внутреннего строения рудоносных зон, их рудонасыщенности, размеров и формы участков, вмещающих кондиционные руды), с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе технических средств разведки, методов и способов опробования следует учитывать, что киноварь из-за слабой механической прочности обладает высокой способностью к истиранию и выкрашиванию, что может привести к искажению результатов опробования скважин и горных выработок. Поэтому степень избирательного истирания при бурении и выкрашивания при отборе бороздовых проб должна быть изучена применительно к различным типам руд и осуществлены меры, обеспечивающие достоверное определение содержания ртути и мощностей рудных интервалов.

3.4.1. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудоносных зон, уточнения коэффициента рудоносности, определения пространственного положения, форм, характерных размеров участков кондиционных руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания киновари при отборе бороздовых проб и избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных опробования, а также результатов геофизических исследований для геологических построений, определения мощностей рудных интервалов, содержания ртути и подсчета запасов.

Горными выработками должны быть пересечены рудоносные зоны на полную мощность и в их пределах оконтурены участки, содержащие кондиционные руды. Форма этих участков, степень их рудонасыщенности, изменчивость содержания ртути на вскрытых горными выработками горизонтах должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудоносным зонам – непрерывным прослеживанием расчистками на поверхности, штреками и восстающими в сочетании с рассечками и подземными скважинами на глубоких горизонтах, а по мощным рудоносным зонам и горизонтам – пересечением ортами, квершлагами и веерами подземных скважин.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем с учетом возможности подсчета в их пределах запасов категории C_1 и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

Полученная на участках детализации информация используется для подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям геологического строения месторождения. Для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.4.2. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания, мощности и внутреннего строения рудоносных зон, выделение интервалов с промышленным оруденением, текстур и структур руд а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом. Величина представительного выхода керна для определения содержания ртути и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна, шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного, шарошечного бурения и колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников, а при возможности – с результатами эксплуатационного опробования горных выработок или разработки. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки или обосновать величину поправочного коэффициента к результатам керна опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудоносных зон под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудоносных зон с учетом возможного столбообразного размещения обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений ртутных руд в бывшем СССР, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по

данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Таблица 3

**Сведения о плотности сети разведочных выработок,
применявшихся при разведке месторождений ртутных руд**

Группа месторождений	Характеристика рудовмещающих залежей	Виды выработок	Расстояние между пересечениями залежей (в м) для категории запасов			
			C ₁		C ₂	
			по падению	по простиранию	по падению	по простиранию
4-я	Средние по размерам согласно залегающие пластообразные, линзовидные залежи вкрапленных руд, минерализованные зоны дробления, штокверкообразные и жилородные залежи сложной морфологии, изменчивой мощности и с весьма неравномерным распределением ртути	Канавы	–	10–20	–	40–60
		Штольни, штреки	40–60	–	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины	–	15–30	–	–
		Восстающие	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины из восстающих	15–30	–	–	–
		Скважины*	40–60	60–80	60–80	80–120
		Канавы	–	10–20	–	20–40
	Мелкие по размерам, пластообразные, линзовидные, столбообразные залежи очень сложной морфологии, с весьма прерывистым, гнездовым распределением ртути.	Штольни, штреки	40–60	–	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины	–	10–20	–	–
		Восстающие	–	40–60	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины из восстающих	10–20	–	–	–
		Скважины*	–	–	40–80	60–100

*При наличии на месторождении горизонтов горных выработок и доказанной достоверности данных опробования скважин.

На месторождениях ртути, подсчет запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов. должна быть оценена возможность их селективной выемки.

3.5. Все разведочные, а также имеющиеся на месторождении эксплуатационные выработки и естественные обнажения рудоносных зон должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями в установленном порядке. Следует также оценить качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-

технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудоносных зон и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях ртутных руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности и достоверности результатов в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ** 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудоносных зон разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудовмещающих горизонтов или зон, контролирующую размещение ртутной минерализации;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудных интервалов, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются раздельно; в пробу отбирается весь керн (шлам), при наличии

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

** Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и кернавая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При этом следует принимать меры по предотвращению обогащения шлама за счет вышележащих рудных интервалов.

Длина пробы не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, учитываемую при выделении рудных интервалов.

В горных выработках, пересекающих рудоносную зону, и в восстающих (и в ортах их) опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудоносной зоны – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в проходках, прослеживающих выявленные конкретные рудные тела или участки обогащенные ртутью, не должно превышать 1–2 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными. В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудоносных зон все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые способы опробования и параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания ртутных минералов при принятом для горных выработок способе опробования

Условия опробования для изучения возможностей крупнопорционной сортировки и покусковой сепарации руд (порционной контрастности) определяются в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность установления границ рудоносных зон и оконтуривания рудных интервалов по мощности, выдержанность принятых параметров проб, соответствие фактической массы проб расчетной, исходя из принятого сечения пробы или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового (или задиркового) опробования следует контролировать сопряженными пробамитого же сечения.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные каротажа должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным интервалам с высоким его выходом (более 95%), для которых доказано отсутствие избирательного истирания. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный картаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на ртуть, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании промышленных руд по мощности (сурьму, флюорит и др.). Другие полезные компоненты (вольфрам, селен, золото, серебро и др.) и вредные примеси (мышьяк, свинец, сера и др.) определяются по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудоносных зон.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода изучения месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов, в том числе «ураганные».

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов (бортовое и минимальное промышленное содержания). В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Hg	>1,0	6,5	CaCO ₃	>10	6
	0,2–1,0	8,5		5–10	8
	0,04–0,2	17		2–5	11
	0,01–0,04	20		1–2	14
	0,005–0,01	25		0,05–0,5	16
Sb	2–5	5,5	As	0,01–0,05	25
	0,5–2	12		<0,01	30
	0,1–0,5	20		Se	20–50
	<0,1	30	5–20		30
CaF ₂	20–50	3,0		1–5	30
	10–20	5,0			
	2–10	10			
	0,5–2	17			

*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты

основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется ртутьсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности. В комплексных сурьмяно-ртутных рудах для смешанных и окисленных сортов должно быть установлено количественное соотношение различных оксидных минералов сурьмы.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного γ -излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. По технологическим свойствам ртутные руды подразделяются на собственно ртутные монометалльные, в которых другие компоненты не имеют промышленного значения, и комплексные, подлежащие переработке по комбинированным схемам с селективным выделением попутных компонентов.

Технологические свойства монометалльных ртутных руд, как правило, изучаются в лабораторных условиях, а комплексных руд сложного состава – в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При наличии опыта

промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их переработки должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей переработки руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с геологоразведочной организацией и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа, с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.3. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сортировки и сепарации. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической

обогащаемости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, крупнопорционная и покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения.

4.4. Основным источником производства ртути являются монометалльные руды. Переработка монометалльных руд, содержащих более 0,04% ртути, осуществляется пирометаллургическим способом путем непосредственного нагрева в печах (трубчатых, многоподовых и кипящего слоя). Образующиеся при обжиге печные газы и пары ртути охлаждаются в системе конденсационных труб, в результате чего получают металлическую ртуть и заводской полупродукт – ступу (содержание ртути в ступе может достигать 80%). Извлечение ртути при переработке руд превышает 90%.

Вредными примесями в ртутных рудах являются мышьяк, сурьма, сера и органические соединения. Характер этого влияния заключается в следующем:

- легкоплавкий антимонит образует при обжиге соединение (кермесит), которое покрывает руду пленкой и мешает окислению киновари;
- значительная часть мышьяка при обжиге переходит в ртутные пары в виде летучего триоксида, что затрудняет последующий процесс конденсации металлической ртути;
- при содержании серы в свободном виде более 3% в конденсационной системе печи образуется налет «черного сульфида ртути», нарушающий режим окислительного обжига.

Нижний предел содержания ртути в монометалльных рудах при использовании пирометаллургического процесса без обогащения составляет 0,04%. Бедные руды с содержаниями менее 0,04% ртути должны подвергаться предварительному флотационному обогащению.

Комплексные руды по вещественному составу подразделяются на три основных промышленных типа: ртутно-сурьмяные, ртутно-сурьмяно-плавиковошпатовые и ртутно-мышьяковые.

Ртутно-сурьмяные руды перерабатываются комбинированным способом, включающим предварительное обогащение гравитационно-флотационным или флотационным методами и пирометаллургическую переработку коллективного ртутно-сурьмяного концентрата.

Вредными примесями в ртутно-сурьмяных рудах являются мышьяк, особенно связанный с реальгаром и аурипигментом, а также сульфиды железа, меди, свинца и цинка.

Ртутносурьмяно-плавиковошпатовые руды (содержащие более 10% флюорита) перерабатываются комбинированным способом: в голове процесса осуществляется сульфидная флотация, хвосты которой подвергаются флотации для извлечения флюорита.

При переработке мышьяково-ртутных руд производится максимальная очистка ртутных концентратов от мышьяка, поскольку последний крайне вреден при последующем пирометаллургическом переделе. Высокая степень разделения ртути и мышьяка достигается либо обратной флотацией реальгара сосновым маслом, либо прямой флотацией киновари с депрессией реальгара крахмалом. Для удаления арсенопирита и аурипигмента в качестве депрессора используется известь или цианид.

Из ртутьсодержащих полиметаллических руд ртуть, накапливающаяся в основном в цинковых концентратах, извлекается из пыли агломерационных и плавильных цехов.

Альтернативным вариантом извлечения из руд и концентратов ртути является гидрометаллургический способ, применяемый для переработки труднообогащаемых руд. Однако в промышленном масштабе он не получил широкого распространения.

В последние годы все большее значение приобретает возможность попутного извлечения ртути при переработке различных видов минерального сырья (табл. 5) – от полисульфидных руд до стройматериалов и каустобиолитов, что диктуется не только необходимостью комплексного использования природных богатств, но и санитарно-гигиеническими требованиями охраны окружающей среды.

Таблица 5

Возможные источники попутного извлечения ртути

Комплексные ртутьсодержащие месторождения	Формы нахождения ртути (киновари) и способы извлечения	Примеры месторождений
Металлов	Содержится в комплексном полисульфидном концентрате, извлекается из отходящих газов при металлургическом переделе	Медно-полиметаллические месторождения Забайкалья, свинцово-цинковые месторождения Алтая, медноколчеданные месторождения Урала. Цинковые месторождения Финляндии
Химического сырья	Содержится в алунитовых и других рудах	Гушсай
Осадочно-метаморфогенные месторождения железных руд, бокситов и др.	Ртутью обогащены иногда отдельные горизонты рудных залежей	Сарасинская зона
Строительных и флюсовых материалов	Киноварь с диккитом уходит в мелкую фракцию при изготовлении щебенки из диккитизированных песчаников и кремнистых сланцев. Может извлекаться из отходящих газов цементных заводов. То же, на известковых заводах. То же, на домнах при использовании в качестве флюса ртутьсодержащих доломитов	Никитовское (Украина), Джизак, Кloverдейл (США)
Горючих полезных ископаемых	Накапливается в отстойниках коксовых батарей при переработке ртутьсодержащих углей, содержится в сырой нефти и газоконденсатных месторождениях	Донбасс

Перспективные методы переработки ртутных руд:

- радиометрическая сепарация комплексных руд с выделением попутных ценных компонентов (флюорит) и снижением содержания вредных примесей (сурьма, мышьяк, свинец);
- тяжелосреднее обогащение класса $-2+0,2$ мм в гидроциклонах с целью замены малопроизводительных концентрационных столов;
- гидрометаллургический метод переработки труднообогатимых руд с выщелачиванием ртути и последующим ее осаждением цементацией или электролизом;
- биохимическая переработка ртутных концентратов флотации с целью удаления вредных примесей (сурьма, мышьяк, свинец, медь, цинк).

Товарной продукцией ртутьсодержащих руд является металлическая ртуть. Основные требования к ее качеству заключаются в том, что она должна быть серебристо-белого цвета, с зеркальной поверхностью и не содержать механических примесей. Требования к металлической ртути приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Основные требования к металлической ртути

Область применения	Массовая доля, %	
	ртути, не менее	нелетучего остатка, не более
Вакуумэлектроника	99,999	0,001
Контрольно-измерительные приборы	99,99	0,01
Амальгамация золота, переработка на соли и другие цели	99,9	0,1

4.5. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям. Должны быть определены необходимая степень измельчения руд, основные технологические показатели пирометаллургической переработки монометалльных руд (степень пылеобразования и декрипитации ртутных руд при их обжиге, оптимальная температура обжига, извлечение ртути, содержание ртути в отходящих газах и сточных водах), оптимальный характер обогатительного процесса для комплексных руд и основные показатели обогащения (выход концентратов и их характеристика, извлечение полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение), методы переработки концентратов. Качество продуктов переработки должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела руд и концентратов (ступа, концентраты, отходящие газы, сточные воды, конденсатная пыль и пр.), а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья. Особое внимание уделяется определению содержания ртути в отходящих газах и сточных водах металлургических заводов. Должны быть даны рекомендации по обезвреживанию промстоков.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями месторождения должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений ртутного сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Ртуть – высокотоксичный металл неясной биологичности. Острое отравление ртутью и ее соединениями проявляется в расстройстве кишечника, рвоте, упадке сердечной деятельности, головокружении, слабости. Систематическое отравление приводит к судорогам, поражению центральной нервной системы.

Опасно попадание ртути в водоемы так как многие микроорганизмы, моллюски и рыбы способны накапливать ртуть. Потребление продуктов с содержанием ртути $0,5 \cdot 10^{-4}$ приводит к отравлению. Металлическая ртуть относится к 1 классу опасности по токсичности. В связи с этим при наличии в руде значительных концентраций самородной ртути должны быть предусмотрены специальные меры по защите производственного персонала.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений ртутных руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве метода обогащения и пирометаллургического способа извлечения ртути из руды, а также присутствием в качестве примесей мышьяка, висмута, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, селена. При металлургической переработке ртутных руд должны быть рекомендованы специальные мероприятия по предотвращению отравлений парами ртути рабочих заводских цехов и жителей ближайших поселков.

Влияние собственно добычи ртутных руд, не содержащих самородную ртуть, на окружающую среду незначительно. Выражается оно в изменении рельефа в результате образования карьеров и формировании отвалов сверхбедных руд, огарков и пустых пород. Главный рудный минерал ртути – киноварь – относится к весьма устойчивым образованиям и поэтому в отвалах сохраняется практически неизменным. Большую опасность представляют рудничные воды, обогащенные ртутью.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к

экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений ртутных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудовмещающих горизонтов или зон, а также рудных тел (при возможности их геометризации), выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой рудонасыщенностью, степенью изменчивости мощностей рудных интервалов, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению подсчетные блоки следует (в случае необходимости) разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений ртутных руд.

6.3.1. Запасы **категории В** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки, горно-подготовительных и нарезных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории С₁** при разведке подсчитываются на участках рудоносных горизонтов или зон с промышленными рудами, для которых по данным горных выработок и скважин выявлены условия залегания, форма, размеры, особенности внутреннего строения и рудонасыщенности, определены на вскрытых горными

выработками горизонтах или по данным эксплуатации типичные формы, размеры и пространственное положение участков кондиционных руд, подлежащих селективной выемке.

Контур запасов категории C_1 должен быть проведен по горным выработкам и скважинам без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории C_1 подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и результатам опробования горно-подготовительных и нарезных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. Запасы категории C_2 подсчитываются на участках месторождений, для которых установлены границы рудоносных зон по мощности и определены контуры распространения промышленного оруденения, оценены размеры, условия залегания участков рудоносных горизонтов или зон с промышленным оруденением, их внутреннее строение и рудонасыщенность по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным вскрытием полезного ископаемого скважинами.

При определении контуров подсчета запасов категории C_2 следует учитывать фактические данные о рудонасыщенности детально разведанных участков рудоносных зон с промышленным оруденением, результаты перевода в их пределах запасов категории C_2 в C_1 , установленные на месторождении закономерности изменения по падению и простиранию состава руд, рудонасыщенности и содержания ртути.

6.4. На месторождениях ртути со сложным и прерывистым распределением оруденения подсчет запасов по категориям C_1 и C_2 обычно выполняется статистическим способом (с использованием коэффициента рудоносности) в пределах обобщающего контура рудовмещающих горизонтов и зон.

Принципы проведения обобщающего контура должны быть обоснованы с геологических, экономических и горнотехнических позиций в ТЭО кондиций.

Подсчет запасов с использованием коэффициента рудоносности выполняется при следующих условиях:

- созданная на месторождении разведочная сеть на момент подсчета не позволяет выделить и надежно геометризовать и оконтурить рудные тела;
- доказана возможность при более детальном изучении оконтурить и селективно отработать участки рудных скоплений.

6.5. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.6. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием ртути («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания

по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в т. ч. особенности изменения распределения проб по классам содержаний вольфрама по данным сгущения разведочной сети).

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.9. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, подсчетным блокам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о геологическом строении месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных интервалов, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.10. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения

изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробами, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны) и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках (рудных телах) и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния ураганных проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных интервалов с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.11. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции подсчетных блоков на горизонтальную или вертикальную плоскость;

каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.12. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.13. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** ртутных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

(Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное): Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.497.2

ББК 26.342

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям сурьмяных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 40 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений сурьмяных руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче сурьмяных руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям сурьмяных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 18 февраля 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям сурьмяных руд

1. Общие сведения

1.1. Сурьма – металл серебристо-белого цвета, хрупкий, геомагнитный, имеющий плотность $6,62 \text{ г/см}^3$, температуру плавления $630,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Около половины производимой сурьмы используется в виде металла и сплавов для изготовления решеток аккумуляторных батарей, подшипников (баббит), типографского шрифта и др. В последние годы возрос выпуск ее оксидных соединений, главным образом для получения огнестойких покрытий. Важная область применения оксидных форм сурьмы – вулканизация резины, а сульфидных (крудум) – спичечное производство. Растет спрос и на сверхчистый металл, используемый для производства полупроводников. Использование сплавов сурьмы в связи с внедрением их заменителей в автомобильной промышленности и ростом потребления оксидов (особенно в производстве противопожарных материалов) с каждым годом сокращается. Однако в целом спрос на сурьму остается стабильным.

Структура потребления сурьмы (в%): защитные покрытия и пропитки – 60; изготовление аккумуляторных батарей и подшипников – 20; химическая продукция – 10; керамическое и стекольное производство, другие производства – 6.

1.2. Сурьма принадлежит к малораспространенным элементам. Кларк сурьмы для земной коры $(2-5) \times 10^{-5}\%$. При магматической дифференциации сурьма накапливается в остаточном сульфидном расплаве ультрабазитового состава и в летучих фракциях гранитоидных очагов, однако основная часть имеет сквозьмагматическое происхождение. Она входит и в состав поствулканических газожидких эманаций и вод термальных источников.

Собственно сурьмяных минералов известно около 340, ртутно-сурьмяных, сурьмосодержащих – 230, ртуть- и сурьмосодержащих – 38. Однако промышленное значение имеют только некоторые из них (табл. 1). Главным и в большинстве случаев практически

единственным является антимонит, присутствующий почти во всех генетических типах сурьмяных месторождений.

Таблица 1

Основные промышленные минералы сурьмы

Минерал	Химическая формула	Содержание сурьмы, %
Антимонит	Sb_2S_3	71,38
Ливингстонит	$HgSb_4S_8$	51,99
Цинкениит	$PbSb_2S_4$	44,7
Гетчелит	$SbAsS_3$	41,57
Джемсонит	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	35,39
Блеклые руды	$Cu_{12}(As, Sb)_4S_{13}$	до 29
Буланжерит	$Pb_5Sb_4S_{11}$	25,9
Сенармонтит	Sb_2O_3	83,54
Стибиконит	$Sb_3O_6(OH)$	76,37
Надорит	$PbSbO_2Cl$	30,71

В зоне окисления сурьмяные руды легко окисляются с образованием оксидов и гидроксидов. Оксидные минералы сурьмы в малых количествах присутствуют на очень многих сурьмяных месторождениях, но лишь в редких случаях образуются самостоятельные промышленные скопления.

1.3. Мировые запасы сурьмы оцениваются в 5,3 млн. т. Основная часть сурьмяных месторождений группируется в пределах Тихоокеанского и Средиземноморско-Азиатского рудных поясов. Первое место в мире по запасам сурьмы занимает КНР – более половины общемировых ресурсов; второе принадлежит Боливии (до 500 тыс. т сурьмы), третье – ЮАР (200–300 тыс. т). Остальные производящие сурьму страны характеризуются неустойчивой сырьевой базой. К ним относятся Мексика, Таиланд, Турция, Австрия, Франция, Испания, Португалия и др. Общемировая добыча сурьмы колеблется в пределах 60–110 тыс. т в том числе КНР – до 70 тыс. т. Среди других ее продуцентов Боливия, ЮАР, Турция, Канада, Гватемала, Мексика. В странах СНГ добычу сурьмы осуществляют в Таджикистане, Киргизии и России.

1.4. Сурьма в виде примеси встречается в эндогенных месторождениях практически всех генетических типов, однако промышленные скопления сурьмяных минералов образуются только при гидротермальных, в том числе поствулканогенных процессах, причем максимальные по запасам месторождения принадлежат к классу телетермальных (амагматогенных). Экзогенных и метаморфогенных месторождений сурьмы не установлено, если не считать мелких остаточных залежей оксидов и гидроксидов сурьмы в Алжире и россыпей конкреций вторичных минералов сурьмы в Китае, а также метаморфизованных палеороссыпей сурьмянистого рутила во Франции, доля которых в мировом балансе сурьмяных руд весьма незначительна. Основные промышленные типы сурьмяных месторождений приведены в табл. 2. Ведущие промышленные типы месторождений сурьмяных руд относятся к телетермальному и вулканогенному классам.

1.4.1. Телетермальные месторождения приурочены к областям завершенной складчатости. Выделяются два промышленных типа: субсогласный и секущий (жильный).

Месторождения субсогласного типа приурочиваются к сводовым частям антиклинальных складок, в строении которых принимают участие переслаивающиеся карбонатные и сланцевые толщи. Рудные залежи локализуются в горизонтах интенсивно окварцованных карбонатных пород (джаспероидов), в условиях экранирования, нередко усиленного надвигами. По структурно-морфологическому принципу среди них выделяются: относительно выдержанные вдоль осей складок плащеобразные залежи джаспероидов (Кадамджай, Киргизия; Сигуаньшань, КНР); менее выдержанные залежи джаспероидных брекчий (Хайдаркан, Киргизия); межформационные залежи и штокверкообразные тела в пределах пологих антиклиналей, разбитых на блоки; часть рудных тел в этом случае может быть связана с предрудными карстовыми полостями (Джизжикрут); невыдержанные сложные

залежи и столбы вдоль разломов (Джижикрут, Кадамджай, участок Кара-Арча в Хайдаркане).

Таблица 2

Основные промышленные типы сурьмяных, комплексных и сурьмосодержащих месторождений

Генетический класс	Промышленный тип месторождений	Геолого-тектоническая позиция и характер разреза	Структурно-морфологический тип	Минеральный тип руд	Масштаб месторождений по сурьме	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Телетермальный	Джаспероидно-антимонитовый	Стабильные массивы, геосинклинальные зоны; сланцы – известняки – сланцы	Плащеобразные, межформационные залежи, контролируемые структурами экранирования	Антимонитовый, антимониткиноварь-флюорит-рельгар-аурипигментный, иногда золото-содержащий	Средний, крупный до уникального	Металлургический сурьмяный (сортировочный, флотационно-гравитационный); ртутно-сурьмяный (сортировочный, флотационно-пирометаллургический)	Сигуаньшань (КНР), Кадамджай, Хайдаркан (Киргизия), Джижикрут (Таджикистан)
	Кварц-золото-антимонитовый	Стабильные массивы; однородные толщи терригенных пород	Секущие жилы	Антимонитовый, антимонит-золоторудный	Средний, крупный	Металлургический золото-сурьмяный (сортировочный, флотационно-гравитационный)	Гравелотт (ЮАР), Сарылахское, Сентачанское (Россия)
Вулканогенный	Полисульфидный сурьмосодержащий субвулканогенный	Области завершённой вулканической деятельности	Сложно-ветвящиеся жилы, штокверки	Антимонит-сульфосольный	Мелкий, средний	Металлургический свинцово-сурьмяный (сортировочный, флотационный)	Байя-Маре (Румыния), Рудняны (Словакия)
	Травертиновый сурьмяный поствулканический	Области молодой или современной вулканической деятельности	Сложные залежи, штокверки, секущие зоны минерализации	Оксидный, оксихлоридный	Мелкий, средний	Металлургический сурьмяный (сортировочный, флотационный)	Хаммимат, Хаммам Н'Байль (Алжир), Сенатор (Турция)
Плутоногенный	Кварц-золотоантимонитовый, кварц-шеелит-антимонитовый, кварц-полисульфидный	Стабильные массивы, геосинклинальные зоны; однородные толщи терригенных пород	Секущие жилы, иногда сложные штокверкообразные зоны	Антимонитовый, антимонит-шеелит-золоторудный, антимонит-полисульфидные	Мелкий, средний		Таоань, Воси (КНР)

Месторождения секущего или жильного типа наиболее характерны для геосинклинальных областей и зон активизации древних массивов. Локализуются они практически только в однородных толщах осадочных пород (песчаников, сланцев) и гнейсов. Эти месторождения обычно представлены сериями жил (Сентачанское, Сарылахское, Россия; месторождения хр. Мэрчисон, ЮАР) и линейных зон дробления (Удереиское, Россия), оперяющих более крупные разрывные нарушения. По составу жилы кварц-

антимонитовые, иногда с золотом, которое нередко приобретает самостоятельное промышленное значение.

1.4.2. Вулканогенные месторождения, среди которых промышленное значение имеет контактово-секущий тип, представлены контактовыми залежами, штокверками, радиально-кольцевыми жилами (Балканская рудная провинция, Турция), связанными с вулканическими структурами, и телами сложной трубчатой формы, обязанными своим происхождением поствулканической термальной деятельности (Хаммам Н'Байль, Хаммимат, Алжир). В первом случае руды представлены комплексными полисульфидными минеральными ассоциациями, часто с серебром и золотом. Для месторождений, связанных с термальными поствулканическими источниками, характерно преобладание оксидных (сенармонтит) и оксихлоридных (надорит) минеральных образований.

1.4.3. Плутоногенные месторождения характерны для срединных массивов и геосинклинальных зон, представлены в основном секущими жилами, реже штокверкоподобными зонами, залегающими, как правило, среди мощных толщ песчаников, аргиллитов.

1.4.4. Кроме традиционных для стран СНГ сульфидных (антимонитовых, антимонит-золото-бертьеритовых) сурьмяных руд определенный интерес представляет попутная сурьма колчеданно-полиметаллических (Савоярды, Киргизия), свинцовоцинковых (Бугуутер, Киргизия) а также золотоносных руд (Олимпиадинское, Ключюс, Россия). Ее запасы в рудах этих месторождений сопоставимы с запасами средних и даже крупных по масштабу собственно сурьмяных месторождений. В то же время попутная ее добыча сурьмы значительно ниже потенциальных возможностей. Актуальна также проблема утилизации оксидных форм сурьмы, составляющих в отдельных месторождениях и блоках до 30% и более. Потери сурьмы при переработке таких смешанных сульфидно-оксидных руд достигают 20–30% от валовых запасов металла.

1.4.5. По величине запасов сурьмы (тыс. т) месторождения подразделяются на уникальные (более 300), крупные (100–300), средние (50–100), мелкие (до 50).

Более 95% сырьевого потенциала сурьмы связано с тремя промышленными формациями, в том числе: монометаллическая антимонитовая и комплексная киноварно-флюорит-антимонитовая джаспероидная – 60%; монометаллическая антимонитовая и золото-антимонит-бертьеритовая кварцево-жильная – 30%; монометаллическая антимонитовая и комплексная аргиллитовая – 25%. Наибольшей концентрации сурьма достигает в первой формации. Из 50 месторождений, относимых к этой формации, 2 – уникальных, 10 – крупных, остальные – средние и мелкие. Во второй формации из 250 выявленных месторождений 2 – уникальных, 5 – крупных, около 50 средних, основная масса – мелкие. Третья формация включает около 1000 месторождений, из которых одно – крупное, несколько средних, остальные – мелкие.

Особняком стоят поствулканоогенные (связанные с термальными источниками, в том числе и ныне функционирующими) сурьмяные месторождения с рудами оксидного и оксихлоридного состава. Это грибообразные приповерхностные (в отдельных случаях до глубины первых сотен метров) залежи. Их запасы составляют несколько десятков (Сенатор в Турции), редко – первые сотни тысяч тонн (Хаммам Н'Байль в Алжире).

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения сурьмы месторождения сурьмяных руд соответствуют 2-й и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными жилами изменчивой мощности, с

невыдержанным, но очень высоким содержанием сурьмы (Сарылахское), а также крупными и средними пласто- и плащеобразными залежами, жилами сложной морфологии с невыдержанной мощностью и неравномерным распределением сурьмы (верхние горизонты месторождения Кадамджай).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и мелкими залежами, жилами и линзами очень сложной морфологии, невыдержанной мощности и с весьма неравномерным распределением сурьмы (Удерейское, Джижикрут, Терексайское).

Месторождения (участки) сурьмяных руд 4-й группы Классификации, представленные мелкими жилами, залежами, линзами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения не имеют и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождения и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях сурьмяных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:5 000. Все поисковые, оценочные, разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел или зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного горизонта или рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000–1:5000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о положении рудовмещающих толщ и горизонтов в стратиграфическом разрезе и структурах, контролирующих размещение оруденения, о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатостями структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1 *.

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений сурьмы и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы сурьмяных руд.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний сурьмы и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений сурьмяных руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения с рудными телами небольшой мощности и с весьма неравномерным распределением сурьмы – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика изучения – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе месторождений по сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний сурьмы, характер пространственного распределения сурьмяных минералов, текстурно-структурные особенности руд, а также возможное избирательное истирание зерна при бурении и выкрашивание рудных или порообразующих минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход зерна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера окolorудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстур и структур, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход зерна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода зерна необходимо систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода зерна для определения содержаний сурьмы и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования зерна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных зерноприемников. При низком выходе зерна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки или обосновать величину поправочного коэффициента к результатам зернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа,

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием расчистками на поверхности, штреками и восстающими на глубоких горизонтах; по мощным рудным телам – пересечением канавами, ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания рудных или пороодообразующих минералов при отборе бороздовых проб и избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных бороздового и скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел, при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков (рудных столбов).

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений сурьмяных руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгустить не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

Для сурьмяных руд полноценный участок детализации возможно создать только при использовании горных выработок путем проходки штольневого или шахтного горизонта,

восстающих выработок и опробования рудных пересечений на полную мощность через 10–25 и 10–15 м соответственно.

Таблица 3

Сведения о плотности сети разведочных выработок, применявшихся к разведке месторождений сурьмяных руд в странах СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел (в м) для категории запасов			
			В		С ₁	
			по падению	по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию
2-я	Крупные жильные тела изменчивой мощности с неравномерным и высоким содержанием сурьмы	Канавы	–	10–20	–	20–40
		Штольни, штреки	40–60	Непрерывное прослеживание	–	Непрерывное прослеживание
		Орты, рассечки	–	10–20	–	–
		Восстающие	Непрерывное прослеживание	80–120	–	–
		Скважины	–	–	30–60	40–60
	Крупные и средние пласто- и плащеобразные залежи, жильные тела сложной морфологии с невыдержанной мощностью и неравномерным распределением сурьмы	Канавы	–	10–20	–	40–60
		Штольни, штреки	40–60	–	–	–
		Орты, рассечки	–	10–20	–	–
		Восстающие	–	40–80	–	–
		Скважины	–	–	40–80	40–80
3-я	Средние и мелкие залежи, жилы и линзы очень сложной морфологии, невыдержанной мощности и с весьма неравномерным распределением сурьмы	Канавы	–	–	–	20–40
		Штольни, штреки	–	–	40–60	Непрерывное прослеживание
		Орты, рассечки	–	–	–	20–40
		Восстающие	–	–	Непрерывное прослеживание	40–80
		Скважины	–	–	20–60	40–80

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

На месторождениях, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями в установленном порядке. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях сурьмяных руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задииковый и др.), определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ¹ 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

¹ Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контуры балансовых руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов сурьмы деление керна при опробовании на половинки не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживаемых выработках обычно не превышает 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Условия опробования для изучения возможностей крупнопорционной сортировки и покусковой сепарации руд определяются в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования устанавливается путем сопоставлением данных геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок по опорным интервалам, по которым доказано

отсутствие избирательного истирания керна и избирательного выкрашивания при отборе бороздовых проб.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов от отсутствия или наличия систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. При высоком содержании сурьмы и золота необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с утвержденными ГКЗ «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на сурьму, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (ртуть, золото, флюорит), иногда на вредные примеси – мышьяк и др. В комплексных ртутно-сурьяно-флюоритовых рудах наряду с флюоритом в рядовых пробах определяется кальцит, являющийся вредной примесью. Другие полезные компоненты (вольфрам, медь, цинк, свинец, серебро, селен) и вредные примеси (мышьяк) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода изучения месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из

дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов, в том числе ураганные.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов (бортовое и минимальное промышленное содержания). В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 4

**Предельно допустимые относительные
среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний**

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, Au, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, Au, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Sb	>10	2,5	CaCO ₃	>10	6
	5–10	3,5		5–10	8
	2–5	5,5		2–5	11
	0,5–2	12	As	0,05–0,5	16
	0,1–0,5	20		0,01–0,05	25
Hg	0,2–1	8,5	Se	<0,01	30
	0,04–0,2	17		20–50	25
	0,01–0,04	20		5–20	30
CaF ₂	20–50	3,0	Au	1–5	30
	10–20	5,0		64–128	4,5
	2–10	10		16–64	10
	0,5–2	17		4–16	18
				1–4	25
				Менее 1	30

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным НСОММИ и НСАМ. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется сурьмосодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности. Для смешанных и окисленных руд обязательно должно быть установлено количественное соотношение различных оксидных минералов сурьмы.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами ее определения в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные

разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды в тяжелых суспензиях, с использованием крупнопорционной радиометрической сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200 +20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных

(технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с геологоразведочной организацией и согласованной с проектной организацией отраслевого министерства. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.4. При исследовании обогатимости сурьмяных руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивается дробимость и измельчаемость, проводится ситовый, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. Для всех промышленных (технологических) типов сурьмяных руд базовой является гравитационно-флотационная схема обогащения. В ней используется принцип «щадящей» технологии, заключающийся в выделении и сохранении при переработке руды крупнокускового товарного продукта, по качеству (30% Sb) и гранулометрическому составу отвечающего требованиям, предъявляемым к шихте при выплавке черновой сурьмы. Принятая технология наиболее эффективна для обогащения *монометаллических антимонитовых руд*. Она обеспечивает получение товарных концентратов с высоким извлечением сурьмы. Иногда первым этапом обогащения является рудоразборка, позволяющая получать штучные концентраты с содержанием не менее 20% сурьмы, независимо от степени окисленности руд*.

При переработке *комплексных* (флюорит-киноварь-антимонитовых, золото-антимонитовых, бертьерит-галенит-антимонитовых) и *окисленных* (сенармонтит-надоритовых) руд используются комбинированные схемы с радиометрическим, гравитационно-флотационным обогащением и выделением из концентратов обогащения части сопутствующих компонентов (ртуть, золото, серебро, свинец и др.) пиро- и гидрometаллургическими методами. При этом используется различное сочетание перечисленных процессов: для *ртутно-сурьмяных руд* – с выделением ртути пирометаллургическим способом и последующим получением сурьмы из огарков пиро- или гидрometаллургическими методами; для *золото-серебро-сурьмяных руд* – с плавкой,

* По степени окисленности сурьмяные руды подразделяются на сульфидные, содержащие до 30% окисленных минералов, смешанные – 30–50% и окисленные – более 50%.

рафинированием сурьмы и концентрацией благородных металлов в купеляционном остатке и анодном шламе; для *свинцово-сурьмяных руд* – с получением различных товарных продуктов сурьмы и свинца пиро- и гидрометаллургическими методами.

Сульфидные руды обогащаются обычно флотационным методом, *смешанные* и *окисленные руды* обогащаются по гравитационно-флотационной схеме или подвергаются обжигу с возгонкой и улавливанием летучей Sb_2O_3 , направляемой на металлургическую переработку.

Переработка *ртутно-сурьмяных руд* и концентратов основана на выделении ртути в отдельный продукт пирометаллургическим способом и последующим получением сурьмы из огарков пиро- или гидрометаллургическими способами.

Выбор схемы переработки *золото-сурьмяных руд* определяется характером связи золота с рудными и породообразующими минералами. Если золото непосредственно связано с минералами сурьмы, схема обработки руды должна предусматривать получение коллективного золото-сурьмяного концентрата. При отсутствии четкой связи руду перерабатывают по комбинированным схемам с извлечением сурьмы и части золота в коллективный концентрат и доизвлечением золота из хвостов методами, принятыми в золотодобывающей промышленности.

При обогащении *мышьяково-сурьмяных руд* применяют схему коллективно-селективной флотации. По этой технологии все сульфиды извлекаются в концентрат. Селекция концентрата проводится путем депрессии пирита и арсенопирита цианидом и цинковым купоросом.

Из свинцовых, цинковых и медных концентратов различные сурьмяные соединения получают в сложных пиро- и гидрометаллургических процессах (агломерация, плавка в шахтных печах или горнах, огневое или электролитическое рафинирование, переработка шлаков, штейнов, шпейзы, пыли и т. д.).

Для получения особо чистых марок сурьмы (Су-000, Су-0000), идущих в полупроводниковую промышленность, применяют специальные методы очистки, включающие химическую обработку с последующей зонной плавкой.

Для производства товарной Sb_2O_3 металл, полученный обычно пирометаллургическим способом и содержащий нередко повышенное количество свинца и благородных металлов, окисляют в отражательных электропечах в токе воздуха или конверторах. Образующуюся при этом Sb_2O_3 улавливают рукавными фильтрами.

Товарной продукцией сурьмяной промышленности, помимо металлической сурьмы различных марок (Су-2, Су-1, Су-1Э, Су-0, Су-00, Су-000, Су-0000, Су-00000), являются оксид сурьмы, трехсернистая сурьма, пентасернистая сурьма, хлориды сурьмы, галогениды сурьмы, а также сульфидный сурьмяный концентрат для спичечной промышленности и соль Шлиппе (тиоантимонат натрия).

Качество концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 5 в качестве ориентировочных приведены технические требования к сурьмяным концентратам, которые использовались в бывшем СССР.

Богатые сульфидные сурьмяные крупнокусковые концентраты используются иногда для выплавки (зейгерования) трехсернистой сурьмы (крудума), являющейся товарным продуктом. Сурьмяные концентраты (флотационные, штуфные, а также возгоны) перерабатываются пирометаллургическим (осадительной или восстановительной плавкой с получением черновой сурьмы и последующим ее рафинированием) или гидроэлектрометаллургическим способом. Последний включает растворение антимонита в щелочном растворе сульфида натрия, электролиз раствора, огневое рафинирование полученного катодного металла и обеспечивает получение высших марок сурьмы. Плавка сурьмяных концентратов производится в отражательных или электрических руднотермических печах, рафинирование – в отражательных печах.

Марки и сорта сурьмяных концентратов

Марка, сорт	Содержание%	
	сурьмы, не менее	мышьяка, не более
КСУФ-1	60	0,5
КСУФ-2	50	0,4
КСУФ-3	40	0,3
КСУФ-4	30	0,25
КСУШ-1	30	0,25

Примечания:
1. Содержание ртути в сурьмяном концентрате, используемом в металлургии сурьмы, не должно быть более 0,003%
2. Содержание влаги в сурьмяном концентрате не должно быть более 5%

Перспективные методы переработки сурьмяных руд:

- тяжелосреднее обогащение класса $-2+0,5$ мм в гидроциклонах;
- биохимическое выщелачивание труднообогатимых окисленных руд с применением метода извлечения сурьмы, золота, серебра, свинца, цинка, меди, основанного на использовании вещества руды в качестве природного источника питания для микроорганизмов, развивающихся в самой руде в период выщелачивания.

4.6. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, установлены особенности этих руд при добыче и определены основные технологические параметры обогащения или передела (выход концентратов, их характеристика, извлечение полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки,

проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями месторождения должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений сурьмяного сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов.

5.7. Основная цель **геоэкологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений сурьмяных руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве ведущего метода обогащения, высокой токсичностью продуктов окисления сурьмусодержащих руд, наличием в хвостохранилищах сурьмы в оксидных и гидроксидных формах, а также присутствием в качестве примесей мышьяка, висмута, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, селена. Существенную экологическую опасность представляют мышьяк и ртуть, поступающие в окружающую среду в ходе переработки содержащих их сурьмяных руд, а также сточные воды установок по выщелачиванию золота из руд, что требует организации строго замкнутого процесса с максимальным использованием оборотных вод и последующего захоронения отходов выщелачивания.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений сурьмяных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений сурьмяных руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичная форма и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной отработки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях результатами, полученными на участках детализации, на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации. При невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых, забалансовых и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

Контур запасов категории C_1 определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации – статистически, в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геологоструктурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний сурьмы.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием сурьмы («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным

сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний сурьмы по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности и содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о геологическом строении месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных

пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и по интервалам опробования – в случаях, когда исключается возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равно-ориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ или контактов, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную

плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** сурмяных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

(Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное): Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й группы сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:[553.493.34+553.493.36]

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 40 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений литиевых и цезиевых руд, выполнение которых обеспечивает получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче литиевых и цезиевых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 24 ноября 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям литиевых и цезиевых руд

1. Общие сведения

1.1. Литий – серебристо-белый металл (на воздухе быстро тускнеет), отличающийся необычайной легкостью (плотность его самая низкая из всех металлов – $0,53 \text{ г/см}^3$), большой теплоемкостью (близкой к удельной теплоемкости воды), исключительной реакционной способностью, легко образует сплавы с бериллием, магнием, алюминием, медью, свинцом.

В XIX в. литий применялся в ограниченном количестве в медицине. Исключительное значение он приобрел в 50-х гг. XX в., когда было установлено, что изотоп ^6Li может служить источником получения трития, необходимого для осуществления термоядерных процессов. Потенциальный крупный потребитель лития – энергетические установки, реализующие управляемую реакцию термоядерного синтеза, будущие основные источники энергии. В последние годы ведущей областью применения лития стала алюминиевая промышленность – добавки 3–5% карбоната лития в алюминиевые электролизеры снижают расход электроэнергии на 20% (в общей сложности) и сокращают не менее чем на 25% эмиссию фторидов в окружающую среду.

Литий (в виде обезжелезненного сподумена, петалита и карбоната лития) – традиционный компонент специальных видов керамики, стекла и ситаллов.

Литиевые соли жирных кислот служат основой высококачественных консистентных смазок, работающих в широком температурном диапазоне (от -60 до $+60$ °С).

Весьма перспективным направлением использования металлического лития становятся алюминиевые сплавы (96% Al, 3% Li и ряд других компонентов) для авиационной и аэрокосмической промышленности; добавка лития к авиационным алюминиевым сплавам на 10% снижает массу конструкций и тем самым на 20% на единицу массы повышает эффективность эксплуатации самолета.

В электротехнической промышленности литий используется в ХИТах (химических источниках тока) – компактных электрических батареях для электронных часов,

стимуляторов сердечной деятельности, устройств памяти в ЭВМ, фото- и кинокамер. Гигроскопические соединения лития эффективно применяются в установках кондиционирования воздуха (гидроксид лития входит в системы жизнеобеспечения космонавтов), в производстве глазурей, жаростойких эмалей для реактивных и турбореактивных двигателей, высокопрочных цементов, лаков и красок, а также в медицине (карбонат лития) и ряде других областей.

Структура мирового потребления лития по областям применения и видам товарных продуктов такова (%): производство алюминия, стекла и керамики – 48 (карбонат лития); консистентные смазки – 20 (гидроксид лития); стекло, керамика – 15 (минеральные концентраты); кондиционирование и очистка воздуха и газов – 9 (соли лития); аккумуляторные батареи, сплавы – 5 (металл); катализаторы для получения каучука – 2 (бутил-литий); фармацевтика и прочие области применения – 1.

Цезий – блестящий металл белого цвета с желтоватым оттенком, самый мягкий из всех металлов, имеющий плотность 1,87 г/см³, самую низкую температуру плавления (+28,5 °С), обладающий уникальными свойствами – из всех металлов он наиболее легко ионизируется при облучении солнечными или космическими лучами; при нагревании цезий становится источником потока электронов, на чем основано производство фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей электронно-оптических преобразователей, солнечных батарей. Это свойство, наряду с большой атомной массой (132,91) и низкой температурой кипения, открывает перспективы использования цезия в качестве топлива в ионных ракетных двигателях для космических полетов, а также для повышения эффективности работы плазменных генераторов, т. е. непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую, что осуществляется в магнитогидродинамических (МГД) генераторах и термоэлектронных преобразователях (ТЭП).

1.2. Среднее содержание в земной коре лития – $2,7 \cdot 10^{-3}\%$, цезия – $3,7 \cdot 10^{-4}\%$. Литий входит в состав 86 минералов, в основном силикатов и фосфатов, но извлекается он преимущественно из сподумена (примерно 80% всех запасов лития в эндогенных месторождениях связаны со сподуменовыми рудами); цезий образует свой собственный минерал – поллуцит, в изоморфной форме входит в состав минералов с благоприятной для этого структурой (слюды, бериллы, астрофиллит), а также цезиевый биотит, содержащий до 4–6% Cs₂O (табл. 1). Минералы лития и цезия характеризуются высокой изменчивостью содержания как основных компонентов, так и элементов-примесей в пределах отдельных рудных тел и месторождений в целом.

Таблица 1

Важнейшие промышленные минералы лития и цезия

Минерал	Структурно-химическая формула	Содержание Li ₂ O, Cs ₂ O, %	Элементы- примеси	Плотность, г/см ³
Минералы лития				
Сподумен	LiAl(Si ₂ O ₆)	Li ₂ O 5,9–7,6	Rb, Cs, Ga, Sn	3,1–3,2
Амблигонит	LiAl(PO ₄)F	Li ₂ O 7,6	Sn, Ga, Be, Ta	3,0–3,1
Монтсбразит	LiAl(PO ₄)OH	Li ₂ O 7,0–9,0	–	3,0–3,1
Петалит	LiAlSi ₄ O ₁₀	Li ₂ O 3,4–4,1	Ba, Sr	2,4
Эвкрипит	LiAlSiO ₄	Li ₂ O 6,1	Ba, Sr, Ga, Be, Sn	2,6–2,7
Лепидолит	KLi _{1,5} Al _{2,5} Si ₃ O ₁₀ (F, OH) ₂ –K ₂ Li ₃ Al ₅ Si ₆ O ₂₀ (F, OH) ₄	Li ₂ O 4,1–5,5	Ge, Tl, Ga, Rb, Cs	2,8–2,9
Циннвальдит	KLiFeAl ₂ Si ₃ O ₁₀ F ₂	Li ₂ O 2,9–4,5	Rb, Cs, Be	2,9–3,2
Полилитионит	KLi ₂ AlSi ₄ O ₁₀ (F, OH) ₂	Li ₂ O 5,5–8,8	Rb	2,8
Минералы цезия				
Поллуцит	CsAlSi ₂ O ₆ · H ₂ O	Cs ₂ O 20–36,1	Rb, Be, Li	2,8–2,9
Цезиевый биотит	(K, Cs, Rb)(Fe, Mg) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀](F, OH) ₂	Cs ₂ O до 6	Li, Ga, Rb	3,0–3,1

1.3. Основными сырьевыми источниками лития в России являются редкометалльные пегматиты и граниты, содержащие сподумен, иногда петалит, лепидолит, реже амблигонит и эвкрипит (табл. 2), а за рубежом – обогащенные литием воды: рапа высохших озер, рассолы подземных, а также сильно испаряющихся водных бассейнов, высокоминерализованные

йодобромные нефтяные подземные воды. Попутно литий может извлекаться из различных слюд (циннвальдит, лепидолит, полилитионит) при разработке месторождений в метасоматически измененных гранитах и различных грейзеновых месторождений.

Таблица 2

Промышленные и потенциально-промышленные типы месторождений лития и цезия

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд*	Примеры месторождений
Литиевый в пегматитах	Плитообразный, жильный в габбро-анортозитах, амфиболитах, сланцах, известняках	Сподуменовый	Li ₂ O 0,5–1,5	Ta, Be, Nb, Sn, полевой шпат	Технический тантал-ниобий-бериллий-литиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Завитинское, Колмозерское, Тастыгское (Россия), Кингс-Маунтин (США)
Литий-цезий-танталовый в пегматитах	Линзо- и пластообразный, жильный в амфиболиитах, кристаллических сланцах и гнейсах	Сподумен-берилл-танталитовый, поллуцит-сподумен-танталитовый, сподумен-воджинит-танталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,01–0,04; Cs ₂ O 0,1–0,8; Li ₂ O 0,3–1,5; BeO 0,02–0,07	Nb, Sn, Ga, полевой шпат	Технический бериллий-литий-цезий- танталовый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Вишняковское, Вороньегундровское (Россия), Бакенное (Казахстан), Берник-Лейк (Канада)
Литий-танталовый в сподуменовых гранитах	Куполообразные залежи в апикальной части массивов сподуменовых гранитов	Танталит-сподуменовый	Li ₂ O 0,5–1,0; Ta ₂ O ₅ 0,008–0,014	Nb, Rb, Cs	Технический литий-танталовый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Алахинское (Россия)

* В названии промышленного (технологического) типа отражено хозяйственное (промышленное) назначение конечных продуктов, важнейшая технологическая особенность руд и основные способы переработки.

Месторождения лития и цезия в **редкометалльных пегматитах** подразделяются на два промышленных типа: литиевые и литий-цезий-танталовые месторождения, для которых соответственно основными полезными компонентами при подсчете запасов считаются литий и тантал.

Литиевые месторождения в пегматитах (Завитинское, Колмозерское, Тастыгское в России, Кингс-Маунтин в США) представлены линейно вытянутыми субпараллельными крутопадающими жилами пегматитов, протягивающимися на многие сотни метров и километры вдоль зон региональных разломов. Мощность жил изменяется от 0,5–1 до 2–25 м. Вертикальный размах сподуменового оруденения 3–3,5 км. Вмещающими являются различные породы, метаморфизованные до кордиерит-амфиболитовой фации.

Пегматитовые рудные тела характеризуются чаще всего слабо зональным строением, при котором краевые зоны сложены мелко- или среднезернистым кварц-альбитовым или кварц-микроклиновым агрегатом. Размер выделений сподумена в центральной зоне резко увеличивается, достигая нередко 0,5–1,5 м, кристаллы сподумена чаще всего располагаются ориентированно – грубо перпендикулярно поверхностям контактов рудных тел, что следует учитывать при интерпретации опробования скважин. Содержание сподумена в рудах 15–

25%, Li_2O 0,5–1,5%. Попутными компонентами являются Ta_2O_5 (0,005–0,01%), BeO (0,04–0,07%), Sn (0,03–0,08%) и полевой шпат.

Литий-цезий-танталовые месторождения в пегматитах обычно представлены пологозалегающими плито- или линзообразными рудными телами с зональным внутренним строением и характеризуются неравномерным распределением всех полезных компонентов, особенно поллуцита, обычно приуроченного к раздувам жил. Иногда в этих рудах основным минералом – концентратом лития и цезия является лепидолит (0,3–1,3% Cs_2O), образующий зачастую линзовидные практически мономинеральные скопления в осевых частях пегматитовых тел. Кроме сподумена и лепидолита литий концентрируется в петалите, эвкриптите, монтебразите, а также в литиевом мусковите. Тантал в этих месторождениях является основным полезным компонентом (0,01–0,04% Ta_2O_5). Его основными минералами-концентраторами являются колумбит-танталит, воджинит, микролит. Попутные полезные компоненты – олово и бериллий – присутствуют в содержаниях: Sn 0,04–0,1%, BeO 0,02–0,07%.

Цезий-биотитовые околопегматитовые метасоматиты – значительно менее распространенный тип цезиевых руд – слагают межжильные пространства пегматитовых жильных серий (составляющих всего лишь порядка 10% объема руд месторождения) и внешние экзоконтактные зоны мощностью первые метры – 10–15 м. Главным рудным минералом – концентратом цезия в них является цезиевый биотит.

Рудные тела, оконтуриваемые по данным опробования, образуют, как правило, линейно вытянутые линзовидные, четковидные залежи.

Литий-танталовые месторождения в сподуменовых гранитах. К этому типу относится недавно выявленное Алахинское месторождение (Республика Алтай). Рудное тело, оконтуренное по бортовому содержанию 0,007% Ta_2O_5 , образует куполовидную залежь в апикальной части небольшого (площадь выхода 0,4 км²) массива сподуменовых гранитов. Литиевые минералы представлены в основном сподуменом, встречаются также петалит и монтебразит, а танталовые минералы – танталитом и микролитом. В небольшом количестве присутствует поллуцит. Среднее содержание LiO_2 в рудах 0,71%.

За рубежом одним из самых важных природных источников лития является гидроминеральное сырье, которое обеспечивает более 50% мирового объема производства этого металла. Из четырех природных типов такого сырья на литий за рубежом промышленно освоены поверхностная и близповерхностная рапа соляных и соляных озер (CO_3)-Cl-(K)-Mg-Na гидрохимического типа и рапа соляных озер (SO_4)-Cl-(Mg)-Na типа. Два природных типа глубокозалегающих подземных хлоридных рассолов относят к потенциально-промышленным.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения основных компонентов месторождения литиевых руд соответствуют в основном 2-й, а месторождения цезиевых руд 3-й и 4-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные линейно вытянутыми крутопадающими сериями жильных рудных тел большой протяженности (1–2 км), невыдержанной мощности, с неравномерным распределением оксида лития (Полмостундровское, Тастыгское месторождения) и крупными ($n \cdot 100 \times n \cdot 100$ м) куполообразными залежами в апикальной части массивов мусковит-сподуменовых гранитов (Алахинское месторождение).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными жилами, жильными сериями или жило- и

линзообразными метасоматическими залежами небольшой протяженности (50–100 до 500 м), изменчивой мощности, с весьма неравномерным распределением полезных компонентов (месторождение Гольцовое).

К **4-й группе** относятся месторождения (участки) весьма сложного геологического строения, представленные мелкими жилами, линзами, телами поллуцитсодержащих пегматитов с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений: участки с высокими содержаниями оксида цезия перемежаются с безрудными (месторождение Васин-Мыльк).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях литиевых и цезиевых руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, шахты, штольни, скважины), профили детальнейших геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 до 1:25 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение коры

* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы лития и цезия. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

выветривания (характер изменения рудных минералов, главным образом сподумена и поллуцита, в гипергенных условиях), особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний основных компонентов и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и в горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых, геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний лития и цезия, характер пространственного распределения литиевых и цезиевых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное истирание керна при бурении и выкрашивание рудных минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний полезных компонентов и мощностей рудных интервалов (особенно для поллуцитовых руд) должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания, которое может иметь место и при высоком выходе керна. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркулирующей промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания лития и цезия в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены

контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, контроля данных бурения, геофизических исследований, а также отбора технологических проб.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам – сгущением сети ортов, квершлаггов, подземных горизонтальных скважин.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и характера распределения полезных компонентов.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений литиевых и цезиевых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности подсчета запасов на разведанных месторождениях отдельные их участки должны быть исследованы более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 2-й группы запасы на таких участках должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству

руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Таблица 3

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений литиевых и цезиевых руд в странах СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов			
			В		С ₁	
			по проектированию	по падению	по проектированию	по падению
2-я	Линейно вытянутые крутопадающие жильные серии большой протяженности, непостоянной мощности, с неравномерным распределением оксида лития	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	–	–
		Орты	40–60	–	–	–
		Восстающие	80–120	Непрерывное прослеживание	–	–
		Скважины	100	50	100–200	50–100
3-я	Жильные серии или жило- и линзообразные метасоматические залежи небольшой протяженности, изменчивой мощности, с весьма неравномерным распределением полезных компонентов	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	20–30
		Орты	–	–	20–30	–
		Восстающие	–	–	60–80	Непрерывное прослеживание
		Скважины	–	–	40–50	40–50
4-я*	Мелкие жилы, линзы, тела поллуцитсодержащих пегматитов с чрезвычайно сложным прерывистым гнездобразным распределением рудных скоплений	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	10–15
		Орты	–	–	20	–
		Восстающие	–	–	Не менее одного пересечения по каждому телу	
		Скважины	–	–	20–25	20–25

*Использованы сведения о плотности разведочной сети для мелких рудных тел, характеризующихся исключительно сложным строением и прерывистым распределением оксида цезия.

Примечание. Плотность сети разведочных выработок категории С₂ для **оцененных месторождений** принимается в 2–3 раза реже, чем для категории С₁.

Для месторождений с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождений в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность

сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования).

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования, а также применяемых технических средств разведки производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях литиевых и цезиевых руд, при соответствующем обосновании, целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задииковый и др.), определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ** 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов или обосновывается на новых объектах экспериментальным путем; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

** Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

сети выработок. В канавах, шурфах, траншеях кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; она не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контуры руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При колонковом бурении должны быть установлены минимально допустимый для подсчета запасов выход зерна, а величина линейного выхода зерна – систематически контролироваться весовым (сравнением теоретической и фактической массы зерна) или объемным способом. При этом интервалы с разным выходом зерна опробуются отдельно, при наличии избирательного истирания зерна опробованию подвергается как зерно, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.), мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и зерновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При весьма неравномерном распределении рудных минералов деление зерна при опробовании не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам, в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживаемых выработках обычно не превышает 1 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб необходимо обосновать экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания рудных минералов (сподумена, лепидолита, поллуцита и др.) при принятом способе опробования.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения, руководствуясь «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), кратной 1 м. Показатели радиометрической сепарации прогнозируются по результатам дифференциальной интерпретации геофизических данных при линейных размерах пробы, соответствующих куску максимальной крупности 100–200 мм.

3.6.3. Качество опробования по каждому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода зерна (отклонения не должны превышать ± 10 – 20% с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок зерна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования

определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования при высоком выходе керна по опорным интервалам, для которых доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения. Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. При обработке проб с резко различающимися содержаниями рудных минералов необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности. Попутные полезные компоненты и вредные примеси определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени изменения первичных руд и установления в зоне гипергенеза границы коры выветривания должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ и руководствуясь ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС)

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Li ₂ O	>1	7	Ta ₂ O ₅	0,01–0,02	25
	0,5–1	10		0,005–0,01	30
	0,2–0,5	13		<0,005	30
	0,1–0,2	17	Nb ₂ O ₅	0,1–0,2	16
	0,05–0,1	22		0,05–0,1	20
Cs ₂ O	>1	12		0,02–0,05	23
	0,5–1	15		<0,02	30
	0,2–0,5	17	Sn	0,1–0,2	15
	0,1–0,2	22		0,05–0,1	20
	0,05–0,1	25		0,025–0,05	25
Rb ₂ O	>1	12		<0,025	30
	0,5–1	15	K ₂ O	>5	6,5
	0,2–0,5	17		1–5	11
	0,1–0,2	22		0,5–1	15
	0,05–0,1	25		<0,5	30
BeO	0,2–0,5	10	Na ₂ O	>25	4,5
	0,1–0,2	12		5–25	6
	0,05–0,1	15		0,5–5	15
	0,02–0,05	20		<0,5	30
	0,01–0,02	22			

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется литийсодержащим (главным образом, сподумен и петалит) и цезийсодержащим (поллуцит) минералам, определению их количества и химического состава, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности. Учитывая непостоянство состава минералов лития и цезия, следует изучать их изменчивость (в основном по содержанию Li₂O и Cs₂O) по рудным телам и месторождению в целом.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений, обеспечивающий расчет теоретически возможного извлечения и подсчет запасов полезных компонентов в извлекаемой форме (сподумене, петалите, лепидолите, поллуците).

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие селективной выемке и раздельной переработке.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии со стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды с использованием крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200+20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется

руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности, физическим и другим свойствам средним параметрам руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами и повышения содержания в руде компонентов после крупнопорционной сортировки. По гранулярному составу пробы должны соответствовать отбитой горнорудной массе принятой системы отработки.

4.4. При исследовании исходной руды или промпродукта радиометрической сепарации и отсева, используя методы и приемы технологической минералогии, изучают степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств. Определяют дробимость, степень раскрытия минеральных фаз, промываемость руды, проводят ситовый и гравитационный анализы узких классов мытой руды и шламов промывки, магнитный анализ мелких классов. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. Технологические свойства руд литиевых и цезиевых месторождений зависят от их минерального состава, размера зерен рудообразующих минералов или их агрегатных скоплений, текстурно-структурных особенностей и содержаний Li_2O и Cs_2O в рудах.

Для получения товарной продукции все руды подвергаются обогащению. Качество концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

В промышленности для обогащения литиевых руд применяются следующие методы:

- сподумен, петалит и поллуцит, представленные крупными кристаллами (класс +25 мм), извлекаются в товарные концентраты путем ручной рудоразборки или другими простыми методами обогащения;

- для сподуменовых руд (при отсутствии других минералов со способностью декрипитироваться – альбита, флюорита, кальцита, слюды и др.) используется термическое обогащение. Сырье крупностью от 50–20 до 0,2–0,3 мм обжигается при температуре 1000–1200 °С в течение 1–2 ч, резко охлаждается и измельчается с получением литиевого концентрата;
- обогащение мелковкрапленных литиевых руд, в частности, сподуменовых, содержащих 1–1,2% Li_2O , производится методом флотации или с помощью тяжелых суспензий. Перспективно применение обогащения в тяжелых суспензиях в качестве предварительной операции для удаления части пустой породы перед флотацией. Флотация, являющаяся в настоящее время основным методом обогащения собственно литиевых и комплексных руд, применяется в трех вариантах: прямая, обратная и коллективная.

Для переработки комплексных руд эти методы сочетаются в виде комбинированных схем, дополняемых в некоторых случаях магнитной сепарацией и гравитационными методами

Используются литиевые концентраты различного качества: сподуменовые с содержанием Li_2O 4,5–6%, лепидолитовые – 3–4%, петалитовые – 2,5–3,5%, амблигонитовые – 7–8%. По существующим стандартам сподуменовые концентраты должны содержать не менее 4% Li_2O .

Ведущим методом обогащения цезиевых руд также является флотация – прямая или обратная. Переработка цезий-биотитовых руд более трудоемка, чем поллуцитовых. Она, как правило, включает флотацию в сочетании с химико-металлургическими процессами (циклонно-экстракционным, серноокислотного выщелачивания).

Технико-экономические показатели переработки всех типов руд улучшаются с введением сортировки радиометрическими методами.

4.6. В результате исследований должны быть подтверждены правильность проведения геолого-технологической типизации руд (при необходимости заново интерпретируется геолого-технологическое картирование), определены минеральный и химический состав исходной руды и продуктов обогащения, представлены данные по промывке, дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения; определены технологические показатели переработки: для радиометрического обогащения – выход концентрата, промпродуктов и хвостов, извлечение и содержание в них лития и цезия и попутных компонентов, коэффициент обогащения; для процессов гравитации, магнитной сепарации и флотации – выход концентрата, его качество (содержание лития, цезия, других полезных компонентов и вредных примесей), а также метод переработки концентрата, извлечение лития и цезия и других полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное их извлечение, расход реагентов, объем и характеристика (гранулярный состав, остаточная концентрация реагентов) продуктов, направляемых в хвостохранилище, необходимость и способы обезвреживания промстоков.

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и предприятиях по переработке литиевых и цезиевых руд и концентратов.

4.7. Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела руд и концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых по рекомендуемой технологической схеме: переработки шламов для микроудобрений; даны рекомендации по очистке промстоков.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей (по разрабатываемым месторождениям – привести химический состав рудничных вод и промстоков);
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов, который производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

Учитывая, что месторождения лития и цезия связаны в основном с гранитами, пегматитами – комплексами пород, характеризующимися высокой прочностью и хрупкостью – особое внимание следует уделить оценке тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, мощности, степени и характеру дробления пород и руд заполнителя нарушений, оценке возможности водопритоков по нарушениям как по простиранию, так и падению, оценке структурной блочности массива.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в кровле подземных горных выработках, бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений лития и цезия производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

5.4. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер. Наибольшая экологическая опасность при разведке, добыче и переработке литиевых и цезиевых руд связана с присутствием в них примесей высокотоксичного BeO в пылях, загрязняющих атмосферную среду, и лития в гидросфере, учитывая хорошую растворимость его соединений. В связи с этим должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т.д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке

мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалы пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов, а также о возможности использования в качестве строительных материалов вскрышных пород изучаемого месторождения.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений литиевых и цезиевых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений литиевых и цезиевых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях литиевых руд по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям «Классификации» к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях литиевых руд 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям «Классификации» к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. При невозможности геометризации количество и качество промышленных типов руд в блоке определяется статистически.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях цезиевых руд запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями «Классификации» к данной категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На месторождениях очень сложного строения при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых, забалансовых и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически. При этом изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выявление рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд.

Контур запасов категории С₁, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам (а при невозможности их геометризации – статистически в обобщенном контуре), границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-

структурных построений и установленных закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний лития и цезия*.

6.4. Запасы в пегматитовых месторождениях, как правило, подсчитываются в геологических границах пегматитовых тел.

6.5. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.6. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием лития и цезия («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний лития и цезия по данным сгущения разведочной сети).

6.7. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.8. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.9. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а

* На оцененных месторождениях запасы категории С₂ определялись по данным редкой сети разведочных выработок.

также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т.д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.10. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалам опробования – в случаях когда исключается возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных

параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.11. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ или контактов, результаты опробования и др.), проверки результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с условиями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.12. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.13. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** литиевых и цезиевых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения работ разведочной стадии, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений литиевых и цезиевых руд предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии рудных тел, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных

данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) качества руд;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-

экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и **коэффициент вариации содержания** ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений $m_{ср}$ и $C_{ср}$.

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.493.45

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям бериллиевых руд / Министерства природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 45 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений бериллиевых руд, выполнение которых обеспечивает получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче бериллиевых руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям бериллиевых руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 24 ноября 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям бериллиевых руд

1. Общие сведения

1.1. Бериллий – серебристо-серый металл, относимый к числу редких элементов; обладает целым рядом уникальных свойств, которые обуславливают его применение во многих высокотехнологичных производствах. У бериллия самое низкое среди металлов сечение захвата нейтронов ($0,009$ барн или $9 \cdot 10^{-25} \text{ м}^2$) и самое высокое сечение их отражения, под действием радиоактивного облучения он испускает нейтроны. Бериллий самый легкий металл (плотность $1,847 \text{ г/см}^3$), имеет высокое отношение прочности к массе, высокую упругость и жесткость, а также очень низкий коэффициент теплового расширения и высокую коррозионную устойчивость в химически агрессивных средах. Металлический бериллий и керамика с использованием оксида бериллия обладают высокой теплоемкостью и теплопроводностью. Сплавы бериллия с медью, алюминием и другими металлами имеют повышенную прочность при сохранении высокой электропроводности. Столь широкий диапазон весьма ценных свойств предопределяет использование бериллия, его сплавов, керамики и композитных материалов с бериллием в атомной, аэрокосмической, электротехнической, электронной, автомобильной и других отраслях техники.

Металлический бериллий высокой чистоты, его сплавы и соединения основное применение находят в атомной и авиа-ракетно-космической технике. В атомной технике бериллий и его соединения эффективно используются в качестве замедлителей и отражателей нейтронов. Бериллий может выдержать нейтронные потоки в течение десятков лет, являясь практически лучшим материалом для фильтров в установках термоядерного синтеза, для оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) и других конструкций ядерных реакторов и источников нейтронов. В авиа-ракетно-космической технике металл и его сплавы используются в качестве конструкционного материала, а также в гироскопических устройствах систем наведения и ориентации в скоростных самолетах, баллистических ракетах, космических аппаратах, подводных и надводных кораблях

(бериллий в гироскопах максимально удовлетворяет требованиям высокой надежности и большого срока службы, малого потребления энергии и простоты ухода); для оптических космических зеркал разработан специальный сорт металла с исключительно высокой отражательной способностью.

Наиболее важные виды бериллиевой продукции и области ее применения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наиболее важные виды бериллиевой продукции и области ее применения

Продукция	Массовая доля Be, не менее, %	Области применения
Металлический бериллий:		
корольки	97,0	В ядерных реакторах, добавка в ракетное топливо
порошок	98,0	Авиационная, ракетная и космическая техника, атомная энергетика
слитки вакуумной плавки	99,9	Приборостроение (гироскопы), радиоэлектроника, военная техника
Сплавы бериллия с медью	1,0–5,0	Машиностроение, приборостроение
Оксид бериллия технический	96,0–99,0 BeO	Огнеупорная керамика, электронная продукция, производство лазеров и мазеров, специальные стекла
Фторид бериллия	99,0 BeF ₂	Оптические приборы, термоядерные реакторы
Бериллиды (интерметаллиды)	Переменный состав	Жаростойкие покрытия, защита от коррозии в ракетостроении

1.2. Бериллий – типичный литофильный элемент. Распространенность бериллия в земной коре и основных типах горных пород характеризуется следующими кларками (в г/т): земная кора – 1,5; магматические горные породы основного состава 0,4; среднего состава – 0,9; кислого состава – 3,5; щелочные породы – 7,8; глины – 3,0; песчаники и карбонатные породы 0,5; бокситы – 4,3; каменный уголь – 3,2.

Геохимические свойства бериллия определяются малым размером его ионного радиуса – 0,031 нм, координационным числом IV, амфотерностью и валентностью 2. В природе стабилен только один изотоп бериллия ⁹Be.

В отличие от других редких металлов, бериллий не имеет прямого геохимического аналога среди петрогенных элементов. Вследствие этого он существенно не рассеивается в других минералах, а большей частью концентрируется в виде собственных минералов.

Большое влияние на поведение бериллия в природных эндогенных процессах оказывает фтор, с которым бериллий образует устойчивые комплексные соединения. Фтор выполняет роль главного экстрактора и переносчика бериллия в постмагматических процессах. Бериллий входит в состав около 100 минералов – силикатов и алюмосиликатов, фосфатов, оксидов и боратов. Известны экзогенные минералы, возникающие в зоне окисления: фосфаты (моразит, глюцин, уралолит) и арсенаты (бearsит).

Промышленное и потенциально-промышленное значение в настоящее время имеют 11 минералов (табл. 2), из которых промышленными являются 3 – берилл, фенакит, бертрандит. Разведаны, но пока не осваиваются месторождения с хризоберилловыми и гентгельвиновыми рудами.

1.3. Все месторождения бериллия являются эндогенными. Литофильность бериллия и другие его геохимические свойства определяют региональную связь его месторождений с областями развития гранитоидного магматизма двух формационных типов: известково-щелочных гранитных серий нормального ряда, завершающихся фазами лейкократовых и литий-фтористых гранитов, и гранитоидных серий щелочного ряда, завершающихся фазами рибекитовых и эгириновых гранитов. Первые развиваются в структурно-геологических условиях тыловых орогенных зон, связанных с поясами субдукции океанической коры или столкновения континентальных плит. Вторые характерны для анорогенной обстановки в связи с рифтовыми поясами и авлакогенами, заложенными на континентальной коре древних и молодых щитов и платформ. В размещении рудных районов определяющую роль играют

узлы пересечения глубинных региональных разломов, где создаются каналы, способствующие поступлению мантийных флюидов, образованию и глубокой дифференциации гранитовых магм.

Таблица 2

**Содержание оксида бериллия и некоторые физические свойства
промышленных и потенциально-промышленных минералов бериллия**

Минерал и его формула	Содержание BeO, %	Плотность, г/см ³	Твердость по шкале Мооса
Промышленные минералы			
Берилл Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈	12–14	2,65–2,90	7,5–9,0
Фенакит Be ₂ SiO ₄	42–45	2,9–3,0	7,5
Бертрандит Be ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	40–45	2,6–2,7	6,5–7,0
Потенциально-промышленные минералы			
Хризоберилл BeAl ₂ O ₄	18–20	3,6–3,8	8,5
Бехоит Be(OH) ₂	54–56	1,95–1,97	4,0
Эвклаз BeAlSiO ₄ (OH)	16–18	3,05–3,10	7,5
Лейкофан (Ca, Na) ₂ BeSi ₂ (O, OH, F) ₇	9–12	2,95–2,97	3,5–4,0
Барилит BaBe ₂ Si ₂ O ₇	15–16	4,0–4,02	6,0–7,0
Гентгельвин (Zn, Fe) ₄ Be ₃ (SiO ₄) ₃ S	11–13,5	3,55–3,66	5,5–6,0
Гельвин (Fe, Mn, Zn) ₄ Be ₃ (SiO ₄) ₃ S	9–16	3,17–3,27	6,0
Даналит (Fe, Zn, Mn) ₄ Be ₃ (SiO ₄) ₃ S	8,1–16,0	3,34–3,46	5,5–6,0

1.4. Промышленными источниками бериллия служат как собственные месторождения этого элемента, так и комплексные месторождения, в которых бериллий является важным попутным компонентом (табл. 3).

Для оценки месторождений бериллия, помимо геолого-структурных признаков, величины запасов и содержания в рудах BeO, важное значение имеет минеральный состав руд, так как он определяет технологию обогащения и переработки концентратов.

По величине запасов (тыс. т BeO) месторождения разделяются на пять групп: 1) уникально крупные >50; 2) очень крупные – 20–50; 3) крупные – 10–20; 4) средние – 5–10; 5) мелкие <5. По содержанию BeO выделяют богатые руды >0,6%, рядовые – 0,3–0,6%, бедные – 0,1–0,3% и убогие – 0,04–0,10. Для собственно бериллиевых месторождений минимальное промышленное содержание в рудах соответствует 0,20–0,35% BeO; из комплексных руд попутный Be в ряде случаев рентабельно извлекать и при более низком содержании – до 0,05–0,10% BeO.

Месторождения берtrandит-аргиллизитовых метасоматитов (тип I) приурочены к бортам мезо-кайнозойских депрессий и связаны с разломами, контролирующими распределение вулканитов. Вмещающие породы – риолиты, липариты, трахилипариты, туфы и их туфолавы – интенсивно окварцованы, серицитизированы и диккитизированы. Оруденение представлено вкрапленностью и тонкими прожилками берtrandита и его разновидностей (гельберtrandита, сфероберtrandита) и образует сложно построенные минерализованные зоны. Среднее содержание BeO на массу эффузивов составляет 0,6–1,5%. Наиболее богатые и крупные месторождения в США приурочены к карбонатсодержащим толщам (Спор-Маунтин, Сьерра-Бланка).

Разрабатываемое месторождение Спор-Маунтин обеспечивает свыше 50% мирового производства бериллия.

Месторождения берtrandит-фенакит-флюоритовых метасоматитов (тип II) располагаются в металлогенических зонах, приуроченных к бортовым частям наложенных линейных впадин (эпикратонных рифтов), где наиболее активно проявлен щелочно-гранитоидный магматизм.

Таблица 3

Промышленные и потенциально-промышленные типы бериллиевых месторождений

Промышленный и потенциально-промышленный тип	Генетический тип	Минеральный тип руд	Форма рудных тел	Размеры рудных тел, м			Среднее содержание BeO в руде, %	Масштаб оруденения	Попутные полезные компоненты	Основные месторождения
				по прос-тиранию	по падению	мощность				
А. Собственно бериллиевые месторождения										
I. Берtrandит-аргиллизитовые метасоматиты	Вулканогенно-гидротермальный	Берtrandитовый, флюорит-берtrandитовый	Пластообразная, линзовидная	До 1500	До 1000	5–15	0,5–1,0	До уникального	Флюорит	Спор-Маунтин, Сьерра-Бланка (США), Оротское (Россия)
II. Берtrandит-фенакит-флюоритовые метасоматиты	Плутоногенно-гидротермальный	Фенакит-берtrandит-микроклин-флюоритовый, лейкофан-флюоритовый	Пластообразная, линзовидная	70–160	140–230	1–60	0,2–1,5	До крупного	Флюорит, редкоземельные элементы (РЗЭ)	Ермаковское, Ауникское, Окуневское (РЗЭ) (Россия)
III. Бериллиеносные полевошпатовые метасоматиты	Кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты	Гентгельвиновый, гелвин-фенакит-лейкофановый, кварц-полевошпат-фенакитовый	Линзовидная, неправильная	100–1000	120–300	20–100	0,2–1,4	То же	РЗЭ, Y, Nb, Ta, Zr, Zn	Пержанское (Украина), Диабазовое, Метасоматитовое (Белоруссия), Тор-Лейк (Канада)
IV. Берилл-слюдяные метасоматиты и минерализованные зоны дробления	Грейзеновый	Берилл-флюоритовый, берилл-маргарит-изумрудный, флюорит-фенакит-берилловый, кварц-эвклаз-берtrandит-берилловый	Пластообразная, линзовидная, жильная, неправильная	100–1500	100–500	1–90	0,1–0,9	»	Изумруд, флюорит, W, Mo	Боевское, Малышевское, Снежное (Россия), Редскин-Шток (США), Боа-Виста (Бразилия)
Б. Комплексные месторождения с бериллием										
V. Апокарбонатные флюоритовые метасоматиты	Грейзеновый	Слюдисто-фенакит-флюоритовый, слюдисто-хризоберилл-флюоритовый	Штокообразная, пластообразная, линзовидная	1000–1200	300–500	50–300	0,1–0,25	Крупный	Флюорит, Li, Rb, Cs, Zn	Вознесенское, Пограничное (Россия)
VI. Комплексные кварцевожильные зоны и штокверки	»	Мусковит-кварц-берилловый	Жильная, штокверковая	1200	600	0,5–1,5	0,05, редко до 0,3	Мелкий, до среднего	W, Mo, Bi, Sn	Инкур (Россия), Кара-Оба, Акча-Тай, Нура-Талды (Казахстан)

Промышленный и потенциально-промышленный тип	Генетический тип	Минеральный тип руд	Форма рудных тел	Размеры рудных тел, м			Среднее содержание BeO в руде, %	Масштаб оруденения	Попутные полезные компоненты	Основные месторождения
				по простиранию	по падению	мощность				
Б. Комплексные месторождения с бериллием										
VII. Комплексные бериллий-оловорудные скарны	Скарново-грейзеновый	Хризоберилл-даналитовый	Линзовидная, неправильная	500–600	100–200	15–100	0,05, редко до 0,3	Средний	Sn, Zn, Pb, Cu, флюорит, Fe (магнетит)	Уукса, Хопунваара (Россия), Айрон-Маунтин (США)
VIII. Редкометалльные пегматиты	Пегматитовый	Берилл-колумбитовый, берилл-сподумен-танталитовый	Жильная, реже штокообразная	1000	300–400	1–120	0,05, редко до 0,3	Мелкий, до крупного	Ta, Nb, Li, Cs, кварц, полевой шпат, мусковит	Завитинское, Вишняковское (Россия), Белогорское (Казахстан), Берник-Лейк (Канада)

Морфология рудных тел часто простая пластообразная, но нередко усложнена ветвлением и наличием рудных столбов. Апокарбонатные метасоматиты часто отличаются компактной и выдержанной морфологией. Благоприятна также возможность попутного извлечения из руд большинства этих месторождений значительного количества флюорита, что повышает рентабельность их отработки.

В Западном Забайкалье известны крупные берtrandит-фенакитовые месторождения (Ермаковское, Ауникское), которые формировались в связи с субщелочными гранитоидами в период мезозойской тектоно-магматической активизации региона. Руды законсервированного Ермаковского месторождения богатые (более 1% BeO), а Ауникского резервного – бедные (0,18% BeO).

Месторождениям бериллиеносных полевошпатовых метасоматитов (тип III) также часто присущи рядовые и богатые руды со значительными запасами BeO (Пержанское гентгельвиновое месторождение на Украине и фенакитовое месторождение Тор-Лейк в Канаде).

Эти месторождения локализуются в пределах мощных тектонических разломов древнего заложения. Рудные тела представлены метасоматитами и имеют сложную морфологию. Они развиваются в линейных зонах трещиноватости, оперяющих крупные разломы, и при общей выдержанности зон минерализации отдельные тела линзовидной или неправильной формы невелики по размерам, что усложняет горнотехнические условия добычи.

Более низкое содержание бериллия (0,1–0,3% BeO) при сохранении крупных масштабов оруденения характерно для **месторождений берилл-слюдяных метасоматитов и минерализованных зон дробления** (тип IV), залегающих среди карбонатных (Боевское), основных и ультраосновных (Малышевское) пород.

Боевское слюдисто-флюорит-берилловое месторождение является крупным, но бедным (среднее содержание BeO – 0,12%). Оруденение образует довольно крупные (до 1 км по протяженности при мощности 30–90 м) прожилково-метасоматические зоны.

Малышевское берилл-изумрудное месторождение несет в себе признаки как штокверково-метасоматического, так и жильного типа. Наличие богатых крупных жил среди более бедных слюдитовых зон с изумрудом делает рентабельным при его отработке сочетание старательской добычи и рудоразборки с флотационным обогащением. Снежное месторождение со значительными ресурсами фенакит-берилловых руд отличается высокими содержаниями (среднее содержание BeO – 0,9%).

Промышленные типы комплексных месторождений разнообразны и неравнозначны по своей экономической ценности.

Месторождения апокарбонатных редкометалльно-флюоритовых метасоматитов (тип V) (Вознесенское и Пограничное) отличаются очень большими запасами флюорита и бериллия и могут дать большое количество бериллиевых концентратов, но технология их получения и переработки еще не достаточно эффективна.

Технологические качества руды более благоприятны, если бериллий в них концентрируется в виде фенакита или эвклаза. Хризоберилловые руды отличаются тонкодисперсным распределением хризоберилла, что снижает технологические показатели и относит эти руды к категории труднообогатимых.

В **комплексных (W, Sn, Mo) кварцево-жильных и штокверковых месторождениях** (тип VI) берилл часто присутствует как попутный компонент, технология извлечения которого хорошо разработана, а целесообразность ее реализации зависит от конъюнктуры.

В **комплексных месторождениях бериллий-оловорудных скарнов** (тип VII) бериллий присутствует в виде тонкодисперсного хризоберилла и гелвина и в значительной степени рассеян в составе породобразующего везувиана. В настоящее время возможно попутное извлечение берилла из апоскарновых грейзенов, сопровождающих иногда оловянное и полиметаллическое скарновое оруденение.

Из **редкометалльных пегматитов** (тип VIII), в которых сосредоточено 49–58% запасов бериллия, берилловый концентрат получают попутно при их разработке на танталит, сподумен, поллуцит, слюду и керамическое сырье. Часто они являются объектом старательской добычи.

Реальная структура минерально-сырьевой базы бериллия в мире и России приведена в табл. 4.

Таблица 4

Распределение запасов бериллия по промышленным типам месторождений, %

Промышленный тип*	Распределение запасов, %		Содержание BeO, %	Основные месторождения
	в мире	в России		
I. Берtrandит-аргиллизитовые метасоматиты	27,0	–	0,6–1,5	Спор-Маунтин (США)
II. Берtrandит-фенакит-флюоритовые метасоматиты	–	8,8	0,2–1,2	Ермаковское, Ауникское (Россия)
III. Бериллиеносные полевошпатовые метасоматиты	14,0	–	0,4–1,4	Тор-Лейк (Канада), Пержанское (Украина)
IV. Берилл-слюдяные метасоматиты	5,0	21,8	0,1–0,3	Боевское, Малышевское (Россия)
V. Апокарбонатные редкометалльно-флюоритовые метасоматиты	–	9,9	0,1–0,3	Вознесенское, Пограничное (Россия)
VI. Комплексные (Be, W, Mo) кварцево-жильные	5,0	1,9	0,05–0,3	Каракольское, Казандинское (Россия)
VIII. Редкометалльные пегматиты	49,0	57,6	0,03–0,3	Завитинское, Колмозерское (Россия)

* В таблицу не включен VII потенциально-промышленный тип (комплексные бериллий-оловорудные скарны) в связи с отсутствием по нему подтвержденных запасов бериллия.

К техногенным месторождениям относятся отвалы забалансовых руд, добытых в результате разработки месторождений, бериллийсодержащие отходы (хвосты, шламы), образовавшиеся в процессе обогащения руд или переработки бериллийсодержащих концентратов комплексных месторождений. Значительные запасы техногенного бериллиевого сырья в виде хвостов флотационного обогащения имеются на Вознесенском и Пограничном месторождениях, разрабатываемых Ярославским ГОКом (Приморский край).

Особенности строения техногенных месторождений и состава бериллийсодержащего материала, сформировавшегося под влиянием техногенного и последующего гипергенного воздействия, требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденном Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения оксида бериллия месторождения бериллиевых руд соответствуют 2-, 3- и 4-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными штокверками и оруденелыми зонами грейзенового типа или метасоматическими залежами большой протяженности (до 1 км), значительной мощности (5–10 м и более), сложной морфологии, с относительно неравномерным распределением бериллиевой минерализации. К месторождениям 2-й группы принадлежат крупные собственно бериллиевые и комплексные месторождения, такие как Боевское, Преображенское, Вознесенское и Пограничное.

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам сложными жилло-, линзо- и столбообразными метасоматическими залежами с непостоянной мощностью и неравномерным распределением оксида бериллия.

К ним принадлежит большинство бериллиевых месторождений различных промышленных типов: бертрандит-фенакит-флюоритовые метасоматиты (Ермаковское, Ауникское), берилл-слюдяные метасоматиты и минерализованные зоны дробления (Малышевское, Снежное), крупные месторождения редкометалльных пегматитов (Колмозерское, Полмостундровское, Вишняковское).

К **4-й группе** относятся небольшие, реже средние по масштабам месторождения (участки) пегматитов с рудоразборным бериллом, изумрудоносных слюдитов, полевошпатовых, флюоритовых и другого состава метасоматитов весьма сложного геологического строения, представленные жилло- и линзообразными, иногда гнездо- и столбообразными телами небольших размеров с резко изменчивой мощностью или интенсивно нарушенным залеганием и весьма неравномерным гнездообразным распределением оксида бериллия (участки с высоким содержанием BeO перемежаются с бедными и безрудными).

Так, к 4-й группе относятся Оротское месторождение (Республика Бурятия), Пержанское гентгельвиновое месторождение (Украина).

Разведку таких месторождений целесообразно проводить только в случае их предполагаемой передачи конкретному недропользователю.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях бериллиевых руд обычно составляются в масштабах 1:500–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на

планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:100–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть изучено детально и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел или минерализованных зон, условиях их залегания и взаимном положении, внутреннем строении и сплошности рудных тел (степени рудоносности минерализованных зон), наличии горизонтальной и вертикальной зональности в распределении оруденения, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств руд и содержаний оксида бериллия в зоне гипергенеза, возможность обогащения зоны выветривания рудными минералами и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений бериллиевых руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний бериллия, характер пространственного распределения бериллиевых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное выкрашивание бериллийсодержащих минералов при бурении и опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений бериллия и рудопоявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы бериллия.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел и окolorудные изменения; характер распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения.

Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний оксида бериллия и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама по интервалам с их различным выходом с данными опробования горных выработок и колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников, а также с результатами гамма-нейтронного каротажа. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания бериллия в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности бурения и количественной оценки запасов необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Гамма-нейтронный каротаж (ГНК), эффективный для выделения зон минерализации и рудных тел, уточнения особенностей их внутреннего строения, определения мощностей рудных интервалов и содержаний BeO в рудах, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной свыше 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – и вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, характера распределения основных компонентов, вещественного состава руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. На месторождениях с прерывистым распределением оруденения определяется степень рудонасыщенности, ее изменчивость, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд для оценки возможности их селективной выемки.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам типа минерализованных зон и штокверков – сгущением сети ортов, квершлагов и подземных горизонтальных скважин.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 5 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений бериллиевых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на разведанных месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Для месторождений, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Таблица 5

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений в странах СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов			
			B		C ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
2-я	Крупные штокверки и оруденелые зоны грейзенового типа или метасоматические залежи большой протяженности (более 1 км), значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением оксида бериллия	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	–	–
		Орты, рассечки, горизонтальные скважины	20–40	–	–	–
		Восстающие	80–120	Непрерывное прослеживание	–	–
		Скважины	40–50	40–50	40–80	40–80
3-я	Средние по размерам жило-, линзо- и столбообразные метасоматические залежи с непостоянной мощностью и неравномерным распределением оксида бериллия	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	30–60
		Орты, рассечки, горизонтальные скважины	–	–	20–25	–
		Восстающие	–	–	60–80	Непрерывное прослеживание
		Скважины	–	–	25–50	25–50
4-я*	Жило- и линзообразные, иногда гнездо- и столбообразные тела небольших размеров с резко изменчивой мощностью или интенсивно нарушенным залеганием и весьма неравномерным распределением оксида бериллия (участки с высоким содержанием BeO перемежаются с безрудными)	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	15–30
		Орты, рассечки, горизонтальные скважины	–	–	10–20	–
		Восстающие	–	–	Не менее одного пересечения по каждому телу	
		Скважины	–	–	12,5–25	12,5–25

* Используются сведения о плотности разведочной сети для небольших рудных тел, характеризующихся исключительно сложным строением и прерывистым распределением полезного компонента.

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории C₂ по сравнению с сетью для категории C₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, а также правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями. Следует также оценивать качество опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических, инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических), способов опробования и применяемых технических средств разведки производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

На месторождениях бериллиевых руд обязательно применение гамма-нейтронных методов в качестве рядового опробования, что позволит оперативно получать данные о содержании бериллия в пробах*.

При проведении опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) результаты опробования этих сечений должны быть подтверждены контрольными работами или сопоставлением и должна быть доказана возможность их использования в подсчете запасов;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок; в канавах, шурфах, траншеях, кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться или интерпретироваться (по геофизическим данным) отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах также длиной рейса; длина пробы не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении рудных минералов деление керна при опробовании не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышает 1 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания бериллийсодержащих минералов при принятом для горных выработок способе опробования.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), кратной 1 м. Показатели радиометрической сепарации прогнозируются по результатам дифференциальной интерпретации геофизических данных при линейных размерах пробы, соответствующих куску максимальной крупности 100–200 мм. Оценка контрастности оруденения выполняется в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу, способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

При выявлении недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Обработка основных и контрольных проб ведется по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. При обработке проб с резко различающимися содержаниями рудных минералов необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на оксид бериллия, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (флюорит и др.). Другие полезные компоненты в собственно бериллиевых месторождениях (тантал, ниобий, литий, олово, вольфрам и др.) и вредные примеси (фосфор, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени изменения первичных руд и установления границы коры выветривания должны выполняться фазовые анализы в соответствии с «Методическими основами фазового анализа минерального сырья».

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ, руководствуясь ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС¹ (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

¹ Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС)

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала. Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций, в частности бортовое и минимальное промышленное содержание полезных компонентов. При большом числе анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 6. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	
BeO	>10	2,5	Bi	0,2–0,6	11	
	5–10	3,0		0,05–0,2	15	
	1–5	5,5		0,02–0,05	20	
	0,5–1	7,0		0,005–0,02	30	
	0,2–0,5	10	Ta ₂ O ₅	0,02–0,05	22	
	0,1–0,2	12		0,01–0,02	25	
	0,05–0,1	15		0,005–0,01	30	
	0,02–0,05	20		<0,005	30	
CaF ₂	>50	2,5	Nb ₂ O ₅	0,1–0,2	16	
	20–50	3,0		0,05–0,1	20	
	10–20	5,0		0,02–0,05	23	
	2–10	10		<0,02	30	
	0,5–2	17	ΣTR ₂ O ₃	0,1–0,2	20	
0,5–1	9	0,05–0,1		25		
0,2–0,5	12	0,02–0,05		30		
0,1–0,2	16	0,005–0,02		30		
WO ₃	0,05–0,1	18	Li ₂ O	0,1–0,2	17	
	0,02–0,05	25		0,05–0,1	22	
	Sn	0,5–1	7,5	U	0,01–0,05	30
		0,2–0,5	10		0,03–0,1	6,5
0,1–0,2		15	0,01–0,03		8,0	
0,05–0,1		20	0,01<0,01		15	
0,025–0,05		25	Th	0,03–0,1	8,5	
Zn	0,5–2	11		0,01–0,03	10	
	0,2–0,5	13	<0,01	20		
	0,1–0,2	17	Mo	0,2–0,5	8,5	
	0,02–0,1	22		0,1–0,2	13	
		0,05–0,1		18		
				0,02–0,05	23	

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется бериллийсодержащим рудным и жильным минералам, определению их количества и химического состава, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений, а также вычислено теоретически возможное извлечение оксида бериллия.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних безрудных и некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется по представительным непарафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с объемной массой на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты. Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с возможными потребителями и заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований в процессе геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии со стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. № 17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится обоснованная геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов, изучается пространственная изменчивость вещественного

состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.3. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателей; должны быть определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и горно-металлургических заводах по переработке бериллиевых руд.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и составить товарный баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

4.4. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды с использованием крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (-200 +20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования

способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.5. Технологические свойства бериллиевых руд зависят от размеров вкрапленности бериллиевых минералов, минеральной формы бериллия, содержания BeO , наличия попутных компонентов в рудах и вещественного состава рудной массы.

4.5.1. По размеру вкрапленности бериллиевых минералов руды делятся на крупно-, средне-, мелкокристаллические и тонкодисперсные.

Крупнокристаллические руды могут обогащаться путем ручной или механической рудосортировки.

Для обогащения средне-, мелкокристаллических руд применяется флотация. Комплексные руды этого типа (вольфрамит-молибденит-берилловые, сподумен-берилловые, флюорит-касситерит-фенакитовые, флюорит-бертрандит-фенакитовые, хризоберилловые, гельвиновые и гентгельвиновые) могут обогащаться при сочетании флотационных, гравитационных и других методов.

Для тонкодисперсных руд механическое обогащение неприемлемо, для получения кондиционных продуктов руды перерабатываются комплексными химико-металлургическими методами.

В качестве предварительного обогащения для бериллиевых и флюорит-бериллиевых руд следует рассмотреть возможность использования фотонейтронной сепарации по бериллию и рентгенолюминесцентной сепарации по флюориту. Предварительное обогащение этими методами, возможно, позволит существенно (на 25–40%) сократить массу руды, направляемой для дальнейшего более глубокого обогащения.

4.5.2. По минеральной форме бериллия и сопутствующим минералам бериллиевые руды весьма разнообразны: выделяются берилловые, бертрандитовые, фенакитовые, гентгельвиновые, хризоберилловые, лейкофановые и смешанной минерализации, в которых бериллий представлен несколькими бериллиевыми минералами.

4.5.3. По составу полезных минералов различаются: простые бериллиевые руды, содержащие один полезный компонент, и комплексные, содержащие кроме бериллиевых минералов другие полезные компоненты в промышленных количествах.

4.5.4. Для контрастных по содержанию BeO бериллиевых руд весьма эффективно применение предварительного обогащения методом фотонейтронной сепарации, позволяющей отсортировать из добываемой горной массы значительную часть пустых пород и некондиционных руд.

4.5.5. В настоящее время основным методом обогащения бериллиевых руд является флотация – селективная и коллективная по кислотной или щелочной схеме. В кислотных схемах применяется обработка руды плавиковой кислотой. Щелочные схемы известны в двух вариантах – с активацией бериллиевых минералов едким натром или с активацией железом. По флотуемости бериллиевые минералы разделяются на две группы: I – берилл, лейкофан, хризоберилл, гентгельвин; II – фенакит и бертрандит.

4.5.6. Получаемые концентраты различаются по качеству. В соответствии с существующим отраслевым стандартом бериллиевые флотационные концентраты подразделяются по содержанию BeO на четыре сорта: высший – 10%; I – 8%; II – 5%; III – 3%.

4.5.7. Промышленная переработка бериллиевых концентратов на товарный гидроксид бериллия и на металл осуществляется сульфатным или фторидным методом. Выбор метода и технико-экономические показатели переработки зависят от содержаний бериллия, его минеральной формы и вещественного состава концентрата, что, в свою очередь, определяется составом руд и способом их обогащения.

Качество концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для некондиционных концентратов должны быть проведены исследования по химико-металлургической переработке их с получением продуктов, непосредственно используемых промышленностью или пригодных для дальнейшей переработки обычными методами.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей (по разрабатываемым месторождениям – привести химический состав рудничных вод и промстоков);
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника по способам осушения геологического массива, водоотводу, утилизации дренажных вод, источникам водоснабжения, природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г. и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и

одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в кровле подземных горных выработок, бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений бериллиевого сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горно-технических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

5.4. Руды бериллиевых месторождений, как собственных, так и комплексных, содержат большой перечень химических элементов, экологически вредных и высокотоксичных, таких как Be, F, As и другие, в связи с чем геоэкологические исследования являются неотъемлемой частью работ при разведке месторождений.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т.д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия

разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в этом качестве вскрышных или вмещающих пород.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить факторы, отрицательно влияющие на здоровье человека (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений бериллиевых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки;

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений бериллиевых руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям «Классификации» к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям «Классификации» к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. При невозможности геометризации количество и качество промышленных типов руд в блоке определяется статистически.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению. Должны быть установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями «Классификации» к данной категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. При невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

Контур запасов категории С₁, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качество руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам (а при невозможности их геометризации – статистически в обобщенном контуре) границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, а также путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геологоструктурных построений и установленных изменений мощностей рудных тел и содержания бериллия.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для

последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием бериллия («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний бериллия по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными условиями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и

эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т.д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалам опробования – в случаях, когда исключается возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния ураганных проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть

контролируемыми в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться путем сравнения с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** бериллиевых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения работ разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений бериллиевых руд предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии рудных тел, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работ по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения (ОПР) должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются

недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) качества руд;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т.е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

**Приложение (справочное):
Характеристические показатели сложности геологического строения
месторождений твердых полезных ископаемых**

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($v\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:[553.493.54+553.493.65/.66]

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 50 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений ниобиевых, танталовых руд и руд редкоземельных элементов, выполнение которых обеспечивает получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующего предприятия по добыче ниобиевых, танталовых руд а также руд редкоземельных элементов и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 24 ноября 1983 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд

1. Общие сведения

1.1. Ниобий и тантал близки по химическим свойствам и обычно встречаются совместно.

Ниобий – металл серо-стального цвета, имеющий плотность 8,57 г/см³, температуру плавления 2468–2469 °С; ковкий и чрезвычайно пластичный при нормальной температуре, обладающий исключительной коррозионной стойкостью, самой высокой среди металлов критической температурой перехода в сверхпроводящее состояние (9,34 К), низким уровнем наведенной радиации и небольшим поперечным сечением захвата тепловых нейтронов (1,1 барн или 1,1·10⁻²⁸ м²).

Тантал – металл светло-серого цвета с синеватым оттенком, имеющий плотность 16,6 г/см³, обладающий уникальными физическими и химическими свойствами – высокой тугоплавкостью (температура плавления 2991–2997 °С), большой твердостью (1225 МПа по Бриннелю), исключительной кислотоупорностью, способностью вытягиваться в тонкие нити. Поглощая газы (водород, азот, кислород), ниобий и тантал становятся хрупкими.

Ниобий и тантал широко применяются в промышленности.

Ниобий в виде феррониобия (до 65% Nb) широко применяется в черной металлургии в качестве легирующих и модифицирующих присадок к углеродистым, низколегированным малоуглеродистым и нержавеющей сталям, предназначенным для изготовления труб большого диаметра магистральных нефте- и газопроводов, особенно проложенных и прокладываемых в северных районах; для авиа-, ракето-, корабле-, машиностроения (в частности, для химического оборудования, турбин и котлов высокого давления,

автомобилестроения, рельсов и подвижного состава железнодорожного транспорта) и во многих других областях хозяйства.

Ниобий, особенно с присадками Ni, Sn, Zr, Ti, Ge, отличается сверхпроводимостью при сравнительно высоких температурах (до 23 К). Реально освоены в качестве сверхпроводников сплавы Nb-Zr, Nb-Ti, Nb-Sn; на их основе созданы магниты исключительно большой мощности. Предполагается, что турбогенераторы с обмоткой из сверхпроводящего сплава Nb-Ti будут иметь в 4–5 раз меньшую массу и КПД 99,5–99,8%.

Небольшое поперечное сечение захвата тепловых нейтронов делает ниобий перспективным конструкционным материалом для ядерных реакторов.

Традиционными сферами использования танталовых продуктов являются электровакуумная техника (аноды, сетки, геттеры, детали высокотемпературных вакуумных печей); производство жаропрочных, твердых и сверхтвердых сплавов для режущих инструментов; химическое аппаратостроение, включая заводское и лабораторное оборудование; легирование сталей и сплавов. Наиболее значительная область применения тантала – производство танталовых конденсаторов, используемых в ЭВМ, приборостроении, автомобильной и оборонной промышленности. Кроме того, тантал единственный из металлов, вживляющийся в тело человека, применяется в хирургии для сшивания кровеносных сосудов, протезирования органов человеческого тела и изготовления инструментов.

Группа редкоземельных элементов (РЗЭ), или лантаноидов, включает 15 весьма сходных по свойствам металлов от лантана до лютеция; из них только прометий получен искусственно. Весьма близок к этим элементам и и т р и й, хотя формально он не входит в группу РЗЭ.

Редкоземельные металлы обычно разделяют на две группы: цериевую – TR_{Ce}(La–Ce–Pr–Nd–Pm) и иттриевую – TR_Y(Sm–Eu–Gd–Tb–Dy–Ho–Er–Tm–Yb–Lu–Y). Однако в последнее время они все чаще подразделяются на три подгруппы: легкие (цериевые), средние (самариевые) и тяжелые (эрбиевые) (табл. 1).

Таблица 1

Редкоземельные металлы (РЗМ, РЗЭ) TR = Ln + Y

Цериевоземельные TR _{Ce}					Иттриевоземельные TR _Y										
					Лантаноиды Ln										Иттрий
Цериевые Ln _{Ce}					Иттриевые Ln _Y										
Цериевые (легкие) Ln _{Ce}					Самариевые (средние) Ln _{Sm}						Эрбиевые (тяжелые) Ln _{Er}				
La	Ce	Pr	Nd*	Pm*	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
* В природе не встречается.															

Редкоземельные металлы обладают высокой химической активностью и взаимодействуют почти со всеми элементами при сравнительно низких температурах. Они реагируют с O, S, H, C, N, P и галогенами с образованием прочных оксидов, сульфидов, карбидов и др. Металлические La, Ce, Pr легко окисляются на воздухе, в то время как тяжелые лантаноиды (иттриевой группы) более устойчивы.

Долгое время эти металлы считались весьма редкими и малоперспективными для использования. С середины 30-х г. XX в. после выявления легирующих действий РЗЭ на сталь, чугун и сплавы цветных металлов производство их значительно расширилось. За последние 40–50 лет в связи с открытием новых областей применения лантаноидов (специальные сплавы, особые сорта стекол, катализаторы при крекинге нефти, кинескопы цветных телевизоров, люминофоры, сверхмощные магнитные сплавы Sm с Co, кристаллы соединений РЗЭ в роли лазеров и квантовых усилителей – мазеров, изотопы ¹⁷⁰Tm, ¹⁵⁵Eu, ¹⁴⁴Ce как источники излучения, регулирующие стержни из Gd, Sm, Eu в атомных реакторах и др.) интерес к ним повысился. Современная промышленность использует РЗЭ как в виде смесей (например, мишметалл), так и индивидуально, при этом наибольшее значение приобрели Eu, (в основном для кинескопов телевизоров, люминесцентных ламп, циркониевых стабилизаторов, оптического стекла), Sm (для производства постоянных

магнитов), Gd (в производстве галлий-гадолиниевых гранатов), а также La, Nd, Ce, Tu. Известно более 100 областей применения редких земель. Наиболее емкие сферы использования РЗМ: катализ в крекинге нефти, металлургия, стекольная и керамическая отрасли промышленности, сельское хозяйство. По масштабам потребления РЗЭ первое место занимают нефтяная промышленность, металлургия и стекольная промышленность.

Иттрий имеет самые разные области применения, из них наиболее важные – люминофоры для цветного телевидения и люминесцентных ламп, магниевые и никель-кобальтовые жаропрочные коррозионностойкие сплавы (суперсплавы), нержавеющая сталь, гранаты и ферриты для различных электронных устройств, лазеры, оптическое стекло, огнеупорная керамика, газовые сенсоры, ювелирные изделия. Небольшие добавки иттрия в алюминиевые сплавы увеличивают их электропроводность на 50%. Оксид иттрия используется как спекающая добавка в различных видах новой технической керамики; для деталей двигателей, быстрорежущих инструментов, высокотемпературных топливных элементов. Резкий всплеск интереса к иттрию в конце 80-х г. был связан с открытием сверхпроводящей керамики Y-Ba-Cu-O.

1.2. Ниобий, тантал и редкоземельные металлы – типичные литофильные элементы. Среднее содержание в земной коре ниобия $2 \cdot 10^{-3}\%$, тантала $2,58 \cdot 10^{-4}\%$, редкоземельных металлов (в сумме) $112 \cdot 10^{-4}\%$ (диапазон кларков индивидуальных лантаноидов от $0,3 \cdot 10^{-4}\%$ у Lu до $31 \cdot 10^{-4}\%$ у Ce). В природе ниобий и тантал образуют кислородные соединения, в основном оксиды. Спектр природных соединений редкоземельных металлов значительно шире, но в основном это оксиды, карбонаты, фосфаты, фториды. Известно более 50 минералов, содержащих Nb и Ta, не считая многочисленных разновидностей, и около 300 минералов, содержащих РЗЭ (только 20 из них имеют промышленное значение); важнейшие промышленные минералы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Важнейшие промышленные минералы ниобия, тантала и редкоземельных металлов

Минерал	Структурно-химическая формула	Содержание оксидов редких металлов, %	Элементы -примеси	Плотность, г/см ³
Минералы ниобия и тантала				
Пироклор	(Na, Ca) _{2-x} Nb ₂ O ₆ (OH, F)	Nb ₂ O ₅ 52–71; Ta ₂ O ₅ до 7,0	U, Th, TR	3,8–4,7
Гатчеттолит	(Ca, U, TR) _{2-x} (Nb, Ta) ₂ O ₆ (F, OH) _{1-x} · 2H ₂ O	Nb ₂ O ₅ до 35; Ta ₂ O ₅ до 18; UO ₃ до 30	Th, TR	4,4–4,9
Мариньякит	(TR, Na, Ca) _{2-x} (Nb, Ta) ₂ O ₆ · (OH, F)	Nb ₂ O ₅ 50; Ta ₂ O ₅ до 5, 0; TR _{Ce} ~15–18	Pb, U	4,13–4,15
Микролит	(Ca, Na) ₂ Ta ₂ O ₆ (O, OH, F)	Ta ₂ O ₅ 55–80; Nb ₂ O ₅ 0, 9–10	U	5,9–6,4
Лопарит	(Na, Ce, Ca)(Ti, Nb, Ta)O ₃	Nb ₂ O ₅ 8,0–12,8; Ta ₂ O ₅ 0,6–0,8; Σ Ce ₂ O ₃ 30,0–33,5	Ti, TR, Sr	4,6–4,9
Воджинит	(Ta, Nb, Mn, Sn, Fe) ₂ O ₄	Ta ₂ O ₅ 65–75; Nb ₂ O ₅ 0,1–15	Sn	7,19–7,36
Колумбит	(Fe, Mn)(Nb, Ta) ₂ O ₆	Nb ₂ O ₅ 59–76; Ta ₂ O ₅ 1–20	–	5,3
Танталит	(Fe, Mn)(Ta, Nb) ₂ O ₆	Ta ₂ O ₅ 63–86; Nb ₂ O ₅ 0,2–20	–	8,3
Гапиолит	Fe(Ta, Nb) ₂ O ₆	Ta ₂ O ₅ 62–85; Nb ₂ O ₅ 9–22	–	6,4–7,9
Стрюверит	(Ti, Ta, Nb)O ₂	Ta ₂ O ₅ 6–38; Nb ₂ O ₅ до 20	–	4,2–5,5
Минералы редкоземельных металлов				
Монацит	CePO ₄	Σ Ce ₂ O ₃ до 35; ThO ₂ до 31	–	4,9–5,5
Ксенотим	YPO ₄	Σ Y ₂ O ₃ до 61	U, Tb, TR	4,4–4,6
Чёрчит	YPO ₄ · 2H ₂ O	Σ Y ₂ O ₃ до 51	TR	3,1–3,3
Бастнезит	CeCO ₃ F	Σ Ce ₂ O ₃ до 75	TR, Th	4,4–5,2
Паризит	Ce ₂ Ca[CO ₃] ₂ F ₂	Σ Ce ₂ O ₃ до 60; Y ₂ O ₃ до 10 в иттропаризите	TR, Th	4,3–4,4
Итросинхизит	YCa[CO ₃] ₂ F	Σ Y ₂ O ₃ 44–47	Th, TR	3,6–3,7
Фергюсонит	Y(Ta, Nb)O ₄	Σ Y ₂ O ₃ 33–44; Ta ₂ O ₅ 4–9; Nb ₂ O ₅ 38,0–51,6	U, Th, TR	5,5–6,0
Эвксенит	Y(Nb, Ti, Ta) ₂ (O, OH) ₆	Σ Y ₂ O ₃ 16,3–27,8; Nb ₂ O ₅ 8,8–41,4; Ta ₂ O ₅ 1,0–47,3	U, Th, TR	5,0–5,9
Гагаринит	(Na, Ca) ₃ YF ₆	Σ Y ₂ O ₃ 35–48	U, Th	4,2–4,5
Иттрофлюорит	(Y, Ca)F _{3-x}	Σ TR ₂ O ₃ 18–20	–	3,5–3,8

1.3. Месторождения ниобия, тантала и редкоземельных металлов в общем цикле геологического развития формируются на средней и поздней стадиях геосинклинального этапа преимущественно в связи с гранитным магматизмом, а также при щелочном магматизме и метасоматизме стадии активизации древних платформ и консолидированных областей завершённой складчатости.

Они образовывались в крайне широком диапазоне времени – от архея до кайнозоя. Промышленное значение имеют как эндогенные, так и экзогенные месторождения, включая коры выветривания и россыпи*.

1.3.1. Месторождения ниобия и тантала по преобладанию одного из металлов подразделяются на три группы: ниобиевые, тантал-ниобиевые и танталовые.

К собственно ниобиевым относятся месторождения пироксеновых карбонатитов. Основную ценность их составляет ниобий, отношение $Nb_2O_5/Ta_2O_5 > 20$; извлечение тантала нерентабельно, он уходит в ферросплавы вместе с ниобием.

Комплексными тантал-ниобиевыми считаются месторождения, в которых тантал и ниобий по валовой ценности примерно одинаковы: $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 5 \div 20$. Это месторождения в дифференцированных массивах агпайтовых нефелиновых сиенитов, месторождения в метасоматически изменённых гранитоидах щелочного ряда, а также в апогнейсовых метасоматитах зон региональных разломов.

Главным полезным компонентом собственно танталовых месторождений является тантал, отношение $Nb_2O_5/Ta_2O_5 \leq 4$, ниобий извлекается попутно. Основные запасы собственно танталовых руд сосредоточены в гранитных пегматитах и в «редкометалльных» гранитах.

Поскольку в природе ниобий преобладает над танталом, среди известных месторождений значительно больше ниобиевых, чем танталовых. Содержания Nb_2O_5 в рудах обычно на порядок выше, а запасы месторождений на 1–2 порядка больше, чем Ta_2O_5 .

Большинство типов месторождений ниобия и тантала характеризуется высокой комплексностью и содержит ассоциации минералов: фосфора, циркония, редких земель, скандия, стронция, бария, железа, титана, тория (месторождения щелочного ряда) или бериллия, рубидия, цезия, олова (граниты и пегматиты).

Промышленные и потенциально-промышленные типы месторождений ниобия, тантала и редкоземельных руд приведены в табл. 3.

Месторождения в **дифференцированных («стратифицированных») массивах агпайтовых нефелиновых сиенитов** (Ловозерское в Мурманской области) являются важным источником комплексных ниобий-тантал-редкоземельных руд. Рудоносные интрузивы представлены округлыми в плане массивами центрального типа и характеризуются многофазным строением.

Лопаритоносный дифференцированный комплекс (вторая фаза) сложен ритмически чередующимися хорошо выдержанными пологозалегающими горизонтами щелочных пород с различным соотношением нефелина, полевых шпатов и темноцветных минералов – уртитов, ювитов, фойяитов, люавритов, малиньитов. Лопарит является акцессорным минералом, концентрируется в нижних частях ритмов в породах уртитового и малиньитового состава, формируя своеобразные рудные тела – весьма выдержанные маломощные (0,1–0,5 до 1–2 м) «пласты» с нечеткими верхней и нижней границами, определяемыми по данным опробования. Минеральный состав руд: нефелин, кали-натровый полевой шпат, эгирин, щелочной амфибол, содалит, цеолиты и акцессорные – лопарит, виллиомит, апатит, эвдиалит, рамзаит, мурманит, ловозерит, сфен, магнетит, пирит, пирротин. Лопарит – комплексное сырьё, наряду с ниобием и танталом из него получают редкоземельные металлы цериевой группы и титан.

* Изученность россыпных месторождений ниобия, тантала и редких земель регламентируется «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям».

Промышленные и потенциально-промышленные типы месторождений ниобия, тантала и редкоземельных руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Цериевоземельно-ниобий-танталовый в дифференцированных массивах апатитовых нефелиновых сиенитов	Пластообразные полого залегающие залежи в урритах, ювитах, малиньитах	Лопаритовый	Nb ₂ O ₅ 0,20–0,40; Ta ₂ O ₅ 0,018–0,027; TR ₂ O ₃ 0,9–1,4	Ti, Sr, Th	Химический редкоземельно-тантал-ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Ловозерское (Россия)
Ниобиевый в массивах ультраосновных щелочных пород и карбонатитов	Линзовидный, жильный, штоко-, трубообразный в карбонатитах	Пироклоровый	Nb ₂ O ₅ 0,2–0,8	P, TR, Ta, U, Zr	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Белозиминское (Россия), Сент-Оноре (Канада)
	Линзообразный в микроклинитах	«	Nb ₂ O ₅ 0,3–1,2	P, микроклин	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Больше-тагнинское (Россия)
Цериевоземельный в бастнезитовых карбонатитах	Штоко-, трубо- и жилообразный в карбонатитах	Бастнезитовый	TR ₂ O ₃ 0,9–9,0	Fe, U, Th, барит, флюорит	Химический флюорит-барит-стронций-редкоземельный (сортировочный, гравитационно-магнитно-флотационно-гидрометаллургический)	Карасугское (Россия), Маунтин-Пасс (США)
Ниобий-танталовый в метасоматитах по гранитоидам щелочного ряда	Штоко- и линзообразный в кварц-альбит-микроклиновых и альбитовых метасоматитах по гранитоидам щелочного ряда	Цирконпироклорколумбитовый	Nb ₂ O ₅ 0,12–0,40; Ta ₂ O ₅ 0,014–0,040; ZrO ₂ 0,3–0,7	TR, Li, Th, U, Hf, Rb, криолит	Металлургический цирконий-ниобий-танталовый (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Улуг-Танзекское, Зашихинское (Россия)
Редкоземельно-ниобий-танталовый в щелочных метасоматитах	Линзо- и пластообразный в метасоматитах по метаморфическим породам	Цирконтанталпироклоровый с фторидами редких земель	Nb ₂ O ₅ 0,20–0,40; Ta ₂ O ₅ 0,012–0,025; ZrO ₂ 1,5–1,6; TR ₂ O ₃ 0,2–0,4	Y, U, Th, Hf, Zn, Pb, криолит	Металлургический ниобий-танталовый с цирконием и редкими землями (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Катугинское (Россия)
Танталовый в литий-фтористых гранитах	Куполовидный и линзообразный в апикальных частях массивов амазонитовых гранитов	Микролиттанталитколумбитовый	Ta ₂ O ₅ 0,010–0,018	Nb, Li, Sn, Rb, амазонит	Химико-металлургический танталовый (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Орловское, Этькинское (Россия)
Литий-танталовый в сподуменовых гранитах	Куполовидные тела в апикальных частях массивов сподуменовых гранитов	Сподументанталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,010–0,016; Li ₂ O 0,6–1,0	Nb, Rb, Cs	Химико-металлургический литий-танталовый с ниобием (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Алахинское (Россия)

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Содержание основных компонентов в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный* (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Танталовый в пегматитах (с Li, Cs, Be)	Плитообразный и жильный в амфиболитах, гнейсах, сланцах	Сподумен-берилл-танталитовый, поллуцит-сподумен-танталитовый, лепидолит-микролитовый	Ta ₂ O ₅ 0,01–0,03; Cs ₂ O 0,1–0,8; Li ₂ O 0,3–1,5; BeO 0,02–0,07	Sn, Rb, Nb, Ga	Химико-металлургический бериллий-литий-цезий-танталовый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Завитинское, Вишняковское, Гольцовое (Россия), Берник-Лейк (Канада), Гринбушес (Австралия)
Ниобиевый и Редкоземельно-ниобиевый в корях выветривания карбонатитов в массивах ультраосновных щелочных пород	Пласто- и линзообразные тела в корях выветривания карбонатитов массивов ультраосновных щелочных пород	Апатит-пирохлор-колумбитовый	Nb ₂ O ₅ 0,4–1,0; P ₂ O ₅ 10–16	TR, Ta, Fe	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Белозиминское (Россия)
		Sr-, Ba-пирохлоровый	Nb ₂ O ₅ 1,0–3,0	TR, Fe, P, Mn		Чуктуконское (Россия), Араша (Бразилия)
Ниобиевый в корях выветривания карбонатитов и щелочных метасоматитов зон региональных разломов	Лентообразные тела в корях выветривания по линейным карбонатитам и щелочным метасоматитам	Пирохлоровый, колумбит-пирохлоровый	Nb ₂ O ₅ 0,4–0,8	P, Fe, вермикулит	Металлургический ниобиевый (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Татарское (Россия)
Танталовый в корях выветривания пегматитов (с Sn, Be)	Пласто- и линзообразный в корях выветривания редкометаллических пегматитов	Берилл-колумбит-танталитовый	Ta ₂ O ₅ 0,004–0,03	Sn, Be, Nb	Химико-металлургический бериллий-танталовый (гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Липовый Лог (Россия), Назарену (Бразилия), Гринбушес (Австралия)
Скандий-редкоземельно-ниобиевый в переотложенных корях выветривания карбонатитов	Пластообразный в переотложенных корях выветривания карбонатитов	Монацит-Sr-, Ba-, Pb-пирохлоровый	Nb ₂ O ₅ 4–8; TR ₂ O ₃ 6–12; Y ₂ O ₃ 0,5–0,65; Sc ₂ O ₃ 0,05	P ₂ O ₅	Химико-металлургический редкоземельно-ниобиевый (сортировочный, флотационно-гидрометаллургический)	Томторское (Россия)

* В названии промышленного (технологического) типа отражено хозяйственное (промышленное) назначение конечных продуктов, важнейшая технологическая особенность руд и основные способы переработки.

Месторождения, связанные с **массивами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов (УЩК)**, являются одним из основных источников ниобия в мире. Массивы УЩК большей частью характеризуются округлыми формами и кольцевым или неполнокольцевым строением, значительно реже они построены по линейному плану. Сами карбонатиты слагают округлые штоки, кольцевые дайки, неполнокольцевые тела, трубки и выступают как конечные дифференциаты ультраосновных щелочных комплексов.

Карбонатиты представлены кальцитовыми, доломитовыми, анкеритовыми разностями. Пирохлоровое оруденение в карбонатитах образует равномерную вкрапленность и с глубиной практически не изменяется. Рудные тела, оконтуриваемые по данным опробования, характеризуются обычно линейной формой и выделяются как обогащенные зоны (0,2–0,8% Nb₂O₅) на фоне бедных содержаний Nb₂O₅ (0,05–0,08%). Рудоносные породы наряду с

форстеритом, флогопитом или пиритом содержат комплекс полезных минералов – апатит, монацит, иногда циркон, бадделеит и магнетит; средне-крупнокристаллические кальцитовые карбонатиты могут представлять интерес как карбонатное сырье. В качестве примеров можно привести месторождения Белозиминское (Россия) и Сент-Оноре (Канада).

В редких случаях пирохлоровое оруденение в массивах ультраосновных щелочных пород развивается не в карбонатитах, а в микроклинитах – калишпатовых метасоматитах по ультраосновным щелочным породам (Большектагнинское месторождение в Иркутской области). Апатит-пирохлоровая минерализация Большектагнинского месторождения слагает линзовидную залежь, состоящую из вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд и прослеженную по простиранию на расстояние 600 м при ширине выхода до 300 м. Среднее содержание Nb_2O_5 в руде – 1,0%.

Иногда в карбонатитах присутствует гатчеттолит, который находится в виде мелкой вкрапленности и образует самостоятельные рудные зоны или слагает фланги пирохлоровых зон. Руды комплексные тантал-ниобиевые, соотношение Nb_2O_5/Ta_2O_5 варьирует в пределах 4,5–8 (Среднезиминское месторождение, некоторые рудные зоны Белозиминского).

Месторождения в **бастнезитовых карбонатитах** являются основным источником редкоземельных элементов цериевой группы. Крупнейшее эксплуатируемое месторождение этого типа Маунтин-Пасс (США) представляет собой шток размерами 700x200 м, сложенный массивными или полосчатыми карбонатитами (в основном кальцитовыми) – 60%, баритом – 20%, кварцем – 10% и редкоземельными минералами (бастнезит, примесь монацита) – 10%. Содержание TR_2O_3 в богатой руде – 10%, в бедной – 5% и менее. Общие запасы свыше 2,5 млн. т TR_2O_3 в рудах с содержанием свыше 5% TR_2O_3 .

Ниобий-танталовые месторождения в метасоматитах по гранитоидам щелочного ряда приурочены к небольшим (1–1,5 км²) массивам рибекитовых и эгирин-рибекитовых гранитоидов. Основные запасы ниобий-танталовых руд связаны с кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами (квальмитами), наследующими форму замещаемого интрузива и характеризующимися значительной вертикальной протяженностью (Улуг-Танзекское месторождение). Наиболее богатые руды приурочены к существенно альбитовым метасоматитам (альбититам), образующим линзовидные тела в эндоконтактовых частях массивов (Зашихинское месторождение). Оруденение в обоих случаях тонковкрапленное, распределено относительно равномерно. Главные рудные минералы представлены колумбитом, пирохлором и цирконом.

Редкоземельно-ниобий-танталовые месторождения в щелочных метасоматитах зон региональных разломов (Катугинское в Читинской области) не обнаруживают признаков связи с магматическими образованиями, но формируются в зонах крупных разломов непосредственно вслед за развитием регионального метаморфизма амфиболитовой фации. Рудоносные кварц-альбит-микроклиновые (с арфведсонитом, биотитом и другими минералами) метасоматиты возникли за счет метаморфических толщ и слагают согласную с залеганием последних пластообразно-линзовидную залежь. Основные рудные минералы представлены танталсодержащим пирохлором, цирконом, гагаринитом и редкоземельным флюоритом.

Танталовые месторождения в литий-фтористых гранитах. Танталоносные граниты представляют собой небольшие (0,5–1,5 км²) интрузии своеобразных мелко-среднезернистых, часто амазонитовых гранитов, обогащенных альбитом, топазом, литиевыми слюдами и содержащих характерный «горошковидный» кварц. Танталовое оруденение располагается в апикальных (купольных) частях интрузивов, содержание Ta_2O_5 в рудах колеблется от 0,01 до 0,04%. Вертикальный размах оруденения обычно не превышает первых десятков метров. Рудные тела, выделяемые по данным опробования, имеют форму пологих линзообразных залежей, ориентированных субпараллельно контактовым поверхностям куполов; руды вкрапленные и прожилково-вкрапленные. Главные рудные минералы представлены танталит-колумбитом и микролитом (Орловское и Этыкинское месторождения в Читинской области).

Литий-танталовое месторождение в сподуменовых гранитах (Алахинское в Горном Алтае) выявлено в 1989 г. и является новым потенциально перспективным промышленным типом. Редкометалльное оруденение приурочено к апикальной части небольшого (~0,4 км²) массива сподуменовых гранитов и слагает пологую купольную залежь. Танталовая минерализация ассоциирует со сподуменом и представлена тонковкрапленными танталитом и микролитом. Среднее содержание Ta₂O₅ в руде 0,012%, Li₂O – 0,71%. С глубиной литий-танталовые руды постепенно сменяются бедными (0,3–0,4% Li₂O) литиевыми рудами со сподуменом.

Танталовые месторождения в пегматитах (с Li, Cs, Be) являются ведущими в мировой сырьевой базе тантала.

Пегматитовые месторождения распространены в ряде металлогенических провинций России и за рубежом. Наиболее крупные и богатые месторождения чаще всего имеют докембрийский возраст и размещаются в большинстве случаев на окраинах древних платформ и щитов.

Поллцит-сподумен-танталитовые пегматиты представляют наиболее распространенный в мире тип промышленных редкометалльных месторождений высокой степени комплексности (с Sn, Li, Cs, Be). На эти пегматиты и связанные с ними коры выветривания приходится основная мировая добыча тантала; содержание Ta₂O₅ достигает 0,02–0,03%, а в отдельных зонах до 0,1% при соотношении Nb/Ta в среднем 1–3 (до 6). Месторождения обычно представлены сериями пологозалегающих тел с этажным расположением по вертикали, но изредка встречаются аналогичные по составу пегматитовые тела в виде зональных, полнодифференцированных штоков или трубок. Основные рудные минералы представлены танталитом, танталит-колумбитом, микролитом, сподуменом, поллцитом, бериллом.

На отдельных месторождениях проявлена вертикальная зональность которая выражена в возрастании с глубиной концентрации лития и снижении – тантала, рубидия и цезия.

Подсчет запасов пегматитовых месторождений обычно ведется в геологических границах пегматитовых тел.

Месторождения редких металлов в корях выветривания формируются в результате гипергенного преобразования коренных руд и пород с повышенными концентрациями ниобия, тантала и редких земель. Коры выветривания подразделяются на остаточные и перемещенные.

Рудоносные остаточные коры формируются в следующих геологических условиях: 1) по карбонатитам в массивах ультраосновных щелочных пород; 2) по карбонатитам и щелочным метасоматитам в зонах региональных разломов; 3) по пегматитам.

Ниобиевые и ниобий-редкоземельные месторождения в корях выветривания карбонатитов в массивах УЩК характеризуются пласто-линзовидной формой и имеют значительные размеры. В зависимости от интенсивности процессов корообразования главные рудные минералы представлены колумбитом и пирохлором – в корях гидрослюдистого профиля (Белозиминское месторождение) или вторичными пирохлорами (стронциопирохлор, бариопирохлор) и редкоземельными фосфатами (монацит, иногда флоренсит и др.) – в корях латеритного профиля (месторождения Чуктуконское в России и Араша в Бразилии). Латеритные коры выветривания характеризуются значительно более высокими содержаниями ниобия (до 3% Nb₂O₅), более крупными запасами ниобиевых руд и за рубежом являются ведущим источником ниобиевого сырья.

Ниобиевые месторождения в корях выветривания карбонатитов и щелочных метасоматитов зон региональных разломов (Татарское в Красноярском крае). Промышленное ниобиевое оруденение связано с «зернистыми» корями выветривания (гидрослюдистого профиля), развивающимися по крутопадающим линейным зонам, сложенным линзо-, жилообразными карбонатитами и щелочными метасоматитами с убогим ниобиевым оруденением. Рудные тела наследуют форму и размеры первичных руд, но содержание полезных компонентов в них в 2–4 раза выше. Рудные залежи в корях

выветривания характеризуются лентообразной формой и значительной протяженностью по простиранию (до 2000 м при мощности до 100 м). Полезные минералы представлены пирохлором, колумбитом и апатитом. Содержание Nb_2O_5 в рудах составляют 0,4–0,75%, по запасам месторождение мелкое.

Танталовые месторождения в корях выветривания пегматитов (Липовый Лог в России, Назарену в Бразилии, Гринбушес в Австралии). Рудные тела представлены линзо-, пластообразными залежами, наследующими форму пегматитовых тел. Полезные минералы – танталит, колумбит-танталит, берилл, касситерит. Содержание Ta_2O_5 0,004–0,03% (до 0,1%).

Месторождения в переотложенных, эпигенетически измененных корях выветривания карбонатитов являются комплексными редкоземельно-ниобиевыми (с Y и Sc) и характеризуют новый потенциально-промышленный тип (Томторское месторождение в Республике Саха (Якутия)).

Рудное тело имеет пластообразную форму с размерами 2600x1700 м при средней мощности 10 м. Рудный пласт представляет собой чередование прослоев богатых пирохлор-монацит-крандаллитовых и обедненных каолинит-крандаллитовых руд. Главные полезные минералы – монацит и стронцио-, барио-, плюмбопирохлоры с реликтами пирохлора обычного состава. Руды характеризуются уникально высокими содержаниями полезных компонентов (Nb_2O_5 4–8%, TR_2O_3 6–12%, Y_2O_3 0,5–0,65%, Sc_2O_3 0,05%), но являются тонкодисперсными и труднообогатимыми.

Генезис месторождения сложный. Наиболее обоснованы следующие две концепции.

Первая – осадочно-россыпная – предполагает, что богатые руды сформированы в результате переотложения рудоносных кор выветривания в мелких озерах, образующихся при усадке карбонатитов в массивах ультраосновных щелочных пород. Вторая концепция – эпигенетическая – предполагает проявленность эпигенетических процессов, приведших к выносу из кор выветривания значительных количеств Fe и Mn и, вследствие этого, обогащению остаточного продукта ниобиевыми и редкоземельными минералами. Наиболее вероятно совместное проявление обоих отмеченных процессов.

К особому – полигенному – промышленному типу относится уникальное по запасам редких земель **ниобий-редкоземельно-железородное месторождение Байюнь-Обо** (Китай). Ниобий редкоземельная минерализация установлена в полосе широтного простирания длиной 16 км и шириной 3 км. Редкометалльное оруденение приурочено к пластообразным залежам железных руд, залегающим среди доломитов позднепротерозойско-раннепалеозойского возраста. В пределах месторождения развиты жиллообразные тела карбонатитов, обогащенных редкоземельными элементами (2–3,5% TR_2O_3), интрузии габброидов, щелочных пород и гранитоидов.

Основные полезные минералы представлены магнетитом, гематитом, а также тонкой вкрапленностью монацита, бастнезита, пирохлора, эшинита и др. Содержание железа в богатых рудах до 45% и более, редких земель от 5,7 до 6,7% TR_2O_3 , ниобия 0,126–0,14% Nb_2O_5 . Запасы железа составляют 470 млн. т, TR_2O_3 – 40,1 млн. т, Nb_2O_5 – более 1 млн. т.

Генезис месторождения сложный. Наиболее обоснована точка зрения о наложении ниобий-редкоземельной минерализации, связанной с карбонатитами, на железные руды осадочно-метаморфогенного происхождения.

Еще одним важным источником получения иттриевоземельных элементов в Китае являются так называемые **ионные руды**, развитые в корях выветривания по гранитам, сланцам, амфиболитам.

Кроме отмеченных типов месторождений следует указать следующие, которые разрабатывались в СССР:

- цирконий-ниобиевый в альбититах, карбонатитах и пегматитах, связанных с массивами нефелиновых сиенитов (Вишневогорское, Урал);
- иттриевоземельный в кварц-хлоритовых метасоматитах (Кутессай-II, Киргизия);
- скандий-редкоземельно-урановый органогенно-осадочный (Меловое, Казахстан).

В настоящее время эксплуатация этих месторождений прекращена вследствие отработанности большей части запасов.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения оксидов ниобия, тантала и редкоземельных элементов месторождения этих металлов соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными:

- весьма выдержанными пластообразными лопаритоносными рудными телами большой протяженности ($n \cdot 1000$ м) с равномерным распределением оруденения (Ловозерское месторождение);
- крупными (1,8x0,8 км) телами штокообразной формы в массивах гранитов щелочного ряда с равномерным распределением оруденения (Улуг-Танзекское месторождение);
- выдержанными по простиранию и по мощности пластами глин со скоплениями апатитизированного костного детрита рыб с ураном, редкими землями, стронцием и скандием (месторождение Меловое).

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные крупными ($n \cdot 100$ м по простиранию) линейно-вытянутыми или дугообразной формы рудными зонами карбонатитового типа (коренные руды Белозиминского месторождения), крупными ($(n \cdot 100 - n \cdot 1000) \times n \cdot 100$ м)) пластообразными залежами в остаточных и переотложенных корах выветривания карбонатитов (Белозиминское, Томторское месторождения); линзовидными залежами в редкометалльных гранитах и апогнейсовых метасоматитах (Орловское, Этыкинское, Катугинское месторождения) или плитообразными жилами пегматитового типа большой протяженности (1–2 км), значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением полезных компонентов.

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения, представленные крупными и средними по размерам жилами и жильными сериями пегматитов (Белореченское, Гольцовое, Вишняковское месторождения), мелкими ленто- и линзообразными залежами в корах выветривания (Татарское месторождение), а также жилло- и трубообразными залежами иттриевоземельных руд с неравномерным распределением оксидов ниобия, тантала и редкоземельных металлов (Кутессайское).

Месторождения ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд **4-й группы** классификации самостоятельного промышленного значения в настоящее время в России не имеют.

2.2. Принадлежность месторождения к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и

рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях редкометалльных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:5 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, шахты, штольни, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел или минерализованных зон, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности (степени рудонасыщенности минерализованных зон), характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение коры выветривания (характер изменений рудных минералов в условиях гипергенеза), радиоактивность руд, особенности изменения вещественного состава и технологических свойств руд, содержания основных компонентов, и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых, геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , TR_2O_3 , характер пространственного распределения ниобиевых, танталовых и редкоземельных минералов, текстурно-структурные особенности руд, а также возможное избирательное истирание зерна при бурении и выкрашивание рудных минералов

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопоявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

при отборе проб в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , TR_2O_3 и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При разведке месторождений, сложенных рыхлыми разновидностями руд (например, руды кор выветривания карбонатитов), следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т.п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30° .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, характера распределения основных компонентов, контроля данных бурения, геофизических исследований а также служат для отбора технологических проб. На месторождениях с прерывистым распределением оруденения определяется степень рудонасыщенности, ее изменчивость, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд для оценки возможности их селективной выемки.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам жильного типа – непрерывным прослеживанием штреками и

восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и характера распределения полезных компонентов.

Приведенные в табл. 4 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений редкометалльных руд в СССР, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках месторождений 1-й и 2-й групп должны быть разведаны по категориям А+В и В (соответственно), а на месторождениях 3-й группы – по категории С₁. При этом сеть разведочных выработок на участках детализации месторождений 3-й группы целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул. Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Для месторождений с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождений в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений
ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд стран СНГ**

Группа месторождений	Характеристики рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, (в м)					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Весьма выдержанные лопаритоносные «пласты» большой протяженности с равномерным распределением оруденения	Скважины	250	100	500	200	1000	400
	Крупные рудные тела штокообразной формы в массивах щелочных гранитов с равномерным распределением оруденения	«	100	50	200	100	200	200
2-я	Крупные линейно-вытянутые или дугообразной формы рудные зоны карбонатитового типа, метасоматические залежи в редкометалльных гранитах и апогнейсовых метасоматитах большой протяженности (1–3 км), значительной мощности, сложной морфологии или с неравномерным распределением Nb ₂ O ₅ , Ta ₂ O ₅ , TR ₂ O ₃ , крупные пластообразные тела в корях выветривания карбонатитов	«	–	–	50–100	50–100	100–200	100–200
		Штольни, штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	40–60	–	–
		Орты, рассечки	–	–	40–60	–	–	–
		Восстающие	–	–	80–120	Непрерывное прослеживание	–	–
		Скважины	–	–	100	50	100–200	50–100
3-я	Средние по размерам жилы и жильные системы пегматитового типа, мелкие ленто- и линзообразные залежи в корях выветривания карбонатитов	Штольни, штреки	–	–	–	–	Непрерывное прослеживание	20–30
		Орты, рассечки	–	–	–	–	20–40	–
		Восстающие	–	–	–	–	60–80	Непрерывное прослеживание
		Скважины	–	–	–	–	50–100	10–50
4-я*	Мелкие по размерам жилы и жильные системы или жило-, линзо- и трубообразные залежи танталовых руд с невыдержанной мощностью и весьма неравномерным распределением Ta ₂ O ₅	Штреки	–	–	–	–	Непрерывное прослеживание	20–30
		Орты	–	–	–	–	20	–
		Восстающие	–	–	–	–	Не менее одного пересечения по каждому телу	
		Скважины	–	–	–	–	25	12,5–25

* Используются сведения о плотности разведочной сети для небольших рудных тел исключительно сложного строения и прерывистым распределением Ta₂O₅.

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой компетентными комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования).

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, и применяемых технических средств разведки.

На месторождениях ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд при соответствующем обосновании целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задириковый и др.), определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ¹ 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами (на пегматитовых месторождениях, приуроченных к основным породам, мощность пегматитовых тел надежно определяется по данным плотностного гамма-гамма каротажа).

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов или обосновывается на новых объектах экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

¹ Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В канавах, шурфах, траншеях кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями, длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленными условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контуры балансовых руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно. При наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При весьма неравномерном распределении рудных минералов деление керна при опробовании не производится. Следует также учитывать, что на пегматитовых месторождениях тантала источником систематических ошибок в определении содержания Ta_2O_5 часто является неадекватность проб из-за недостаточной массы керна при алмазном бурении, а при крупных выделениях и гнездах хрупкого танталита (воджинита, микролита и др.) часто происходит избирательное выкрашивание минералов, что приводит к обеднению проб керна и обогащению бурового шлама.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам, в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживаемых выработках обычно не превышает 1–2 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб необходимо обосновать экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания рудных минералов при принятом для горных выработок способе опробования.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), кратной 1 м. Показатели радиометрической сепарации прогнозируются по результатам дифференциальной интерпретации геофизических данных при линейных размерах пробы, соответствующих куску максимальной крупности 100–200 мм. Оценка контрастности оруденения выполняется в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

3.6.3. Качество опробования по каждому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанности принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования при высоком выходе керна по опорным интервалам, для которых доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения. На пегматитовых месторождениях заверка данных бурения требует повышенного, против обычного, числа восстающих, проходимых из подземных горных выработок или глубоких шурфов.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки. При обработке проб с резко различающимися содержаниями ниобия, тантала и редких земель необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы анализируются на основные компоненты. Содержание лопарита в лопаритовых рудах определяется также в рядовых пробах. Попутные полезные компоненты, содержание которых не учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности, и вредные примеси, а также состав лопарита в лопаритовых рудах определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени изменения первичных руд в зоне гипергенеза и установления границы коры выветривания должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ и руководствуясь ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 5. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС).

**Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности
анализов по классам содержаний**

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Nb ₂ O ₅	1–10	9	Li ₂ O	0,2–0,5	13
	0,5–1	11		0,1–0,2	17
	0,2–0,5	13		0,05–0,1	22
	0,1–0,2	16		0,01–0,05	30
	0,05–0,1	20		Rb ₂ O, Cs ₂ O	0,2–0,5
	0,02–0,05	23	0,1–0,2		22
	<0,02	30	0,05–0,1		25
Ta ₂ O ₅	0,1–0,5	12	P ₂ O ₅	0,01–0,05	30
	0,05–0,1	17		20–30	2
	0,02–0,05	22		10–20	3,5
	0,01–0,02	25		5–10	4
	0,005–0,01	30	Zr ₂ O	>3	3,5
<0,005	30	1–3		6,0	
ΣTR ₂ O ₃ **	>10	4,5		0,1–1	15
	1–10	7,0	<0,1	30	
	0,5–1	10	Sr ₂ O	10–40	6
	0,2–0,5	13		2–10	7,5
	0,1–0,2	20		0,5–2	16
	0,05–0,1	25		0,1–0,5	23
	0,005–0,05	30	U	0,03–0,1	6,5
	<0,005	30		0,01–0,03	8,0
BeO	0,5–1	7,0		<0,01	15
	0,2–0,5	10	Th	0,03–0,1	8,5
	0,1–0,2	12		0,01–0,03	10
	0,05–0,1	15		<0,01	20
	0,02–0,05	20		Sn	0,2–0,5
0,1–0,2	15	0,1–0,2	15		
0,05–0,1	20	0,05–0,1	20		
0,025–0,05	25	0,025–0,05	25		
<0,025	30	<0,025	30		

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

** Для индивидуальных РЗЭ предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности будут дифференцированы по мере накопления статистических данных.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех

проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется минералам, содержащим полезные компоненты, определению их количества и химического состава, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности.

Для радиоактивных руд должна быть изучена корреляционная зависимость между содержаниями радиоактивных и редких металлов (главным образом тантала). Учитывая непостоянство состава рудных минералов, необходимо изучать их изменчивость, особенно по содержаниям основных компонентов, включая индивидуальные редкоземельные элементы.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений, обеспечивающий расчет теоретически возможного извлечения и подсчет запасов полезных компонентов в извлекаемой форме.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие селективной выемке и отдельной переработке или имеющие различные области использования.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с возможными потребителями и заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии со стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды с использованием крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200 – +20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая

обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненные лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности, физическим и другим свойствам средним параметрам руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания при добыче и повышения содержания в руде компонентов после крупнопорционной сортировки. По гранулярному составу пробы должны соответствовать отбитой горнорудной массе принятой системы отработки.

4.4. При исследовании исходной руды или промпродукта радиометрической сепарации и отсева, используя методы и приемы технологической минералогии, изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей. Оценивается дробимость, степень раскрытия минеральных фаз, промываемость руды, проводят ситовый и гравитационный анализы узких классов мытой руды и шламов промывки, магнитный анализ мелких классов. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.5. Технологические свойства руд ниобиевых, танталовых и редкоземельных месторождений зависят от их минерального состава, текстурно-структурных особенностей, содержания Nb_2O_5 , Ta_2O_5 и TR_2O_3 , комплексности, степени радиоактивности.

Ниобиевые руды пирохлорового состава (как в корах выветривания, так и в коренных карбонатитах) обогащаются по схемам, зависящим в основном от размеров вкрапленности пирохлора. Крупновкрапленные руды обогащаются по гравитационным схемам, средневкрапленные подвергаются первичному обогащению по комбинированным гравитационно-флотационным, а тонковкрапленные – по флотационным схемам. В отмеченные схемы в зависимости от физико-химических свойств полезных минералов, как правило, включаются магнитные, электрические, химические и другие методы обогащения. Содержание Nb_2O_5 в пирохлоровых концентратах составляет около 60%.

Конечным продуктом, непосредственно получаемым из пирохлорового и колумбитового концентратов, является феррониобий (FeNb), содержащий около 65% Nb и используемый для легирования стали. Методом алюминотермии возможно получение алюмониобиевых лигатур (в дальнейшем перерабатываемых на феррониобий) из некондиционных по содержанию Nb_2O_5 пирохлоровых концентратов.

Для **танталовых руд** простого состава применяется механическое обогащение гравитационным методом, а для комплексных руд сложного минерального состава при обогащении (с учетом извлечения попутных компонентов) используются сложные комбинированные схемы, сочетающие гравитационные методы, флотацию и различные методы сепарации (магнитную, электромагнитную, полиградиентную, радиометрическую). С помощью гравитационных методов получают танталовые концентраты, флотация же применяется для извлечения попутных компонентов из хвостов гравитации, а также, наряду с полиградиентной сепарацией и обжигом, для доводки черновых танталовых концентратов.

Лопаритовые руды обогащаются гравитационным методом. Черновые концентраты доводятся до требований кондиций методами магнитной и электрической сепарации.

Товарные концентраты содержат 93–98% лопарита, его извлечение из руды составляет 75–80%. Состав концентрата (%): Ta_2O_5 – 0,5–0,6, Nb_2O_5 – 7–8, ΣTR_2O_3 – 36–38, TiO_2 – 38–42, $Fe_2O_3 \leq 2,5$, SiO_2 – 2,9, ThO_2 – 0,6.

Переработка лопаритового концентрата производится химико-металлургическим способом по хлорной технологии с получением следующих продуктов: пентоксидов ниобия (Nb_2O_5) и тантала (Ta_2O_5), плава хлоридов редкоземельных металлов, тетрахлорида титана. Плав хлоридов редкоземельных металлов направляется на гидрометаллургическую переработку с целью получения индивидуальных оксидов, чистых металлов черновой группы и другой продукции.

Редкоземельные руды обогащаются гравитационными или флотационными (чаще комбинированными) методами с применением также радиометрических способов, основанных на естественной радиоактивности руд. Полученные концентраты с содержанием 30–70% суммы оксидов редкоземельных элементов подвергаются химико-металлургической переработке (методом сульфатизации или хлорирования) с последующей ионообменной хроматографией или экстракцией, имеющей целью разделение компонентов и получение чистых оксидов или соединений редкоземельных элементов, которые затем восстанавливаются металлотермически или электролитически до редкоземельных металлов или лигатурных сплавов, пригодных для последующего использования в металлургии.

4.6. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки. (для процессов гравитации, магнитной сепарации и флотации – выход концентрата, его качество: содержание редких металлов, других полезных компонентов и вредных примесей), метод переработки концентрата, извлечение редких металлов и других полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное их извлечение, расход реагентов, объем и характеристика (гранулярный состав, остаточная концентрация реагентов) продуктов, направляемых в хвостохранилище, необходимость и способы обезвреживания промстоков.

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и ГМЗ по переработке редкометалльных руд.

Качество концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 6 в качестве ориентировочных приведены технические требования к концентратам, которые использовались в странах СНГ. Государственные и отраслевые стандарты, а также технические условия на редкоземельные концентраты отсутствуют.

4.7. Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела руд и концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых по рекомендуемой технологической схеме: переработки шламов для микроудобрений; даны рекомендации по очистке промстоков.

Основные требования к концентратам

Концентраты и содержащиеся в них компоненты	Содержание%			
	I сорт	II сорт	III сорт	IV сорт
Лопаритовые (ТУ 48-4-300-74)				
– лопарит, не менее	90	90	90	65
– сумма Nb ₂ O ₅ и Ta ₂ O ₅ , не менее	8,0	8,0	8,0	8,0
– фосфор, не более	0,016	0,1	0,3	0,5
– кремнезем, не более	2,5	2,5	6,0	8,0
Пироклоровые (ОСТ 48-37-72)				
– сумма Nb ₂ O ₅ и Ta ₂ O ₅ , не менее	38,0	–	–	–
– влага, не более	1,0	–	–	–
– примеси на 1% суммы Nb ₂ O ₅ и Ta ₂ O ₅ , не более:				
SiO ₂	0,32	–	–	–
TiO ₂	0,32	–	–	–
P	0,0025	–	–	–
S	0,003	–	–	–
Танталовые (ТУ 48-233-72) Марка ТАК-1				
– тантала, не менее	40	26	17	5
– кремнезема, не более	Не нормируется	7	7	10

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей (по разрабатываемым месторождениям – привести химический состав рудничных вод и промстоков);
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов, который производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение **инженерно-геологических исследований** на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.)

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в кровле подземных горных выработок, бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка месторождений редкометалльного сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. Перспективным направлением в отработке редкометалльных месторождений в корах выветривания является геотехнологический способ добычи: скважинная гидравлическая добыча (СГД). Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

Геотехнологические способы добычи позволяют эффективно обрабатывать самые мелкие месторождения, характеризующиеся сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, дорабатывать запасы за контуром карьеров и шахтных полей, под водоемами, в болотистых местностях.

5.4. Основная цель **геоэкологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Основная экологическая опасность при разведке, добыче и переработке руд связана с их повышенной радиоактивностью, обусловленной примесями урана и тория, и частым присутствием других токсичных элементов (бериллия, лития, цезия, мышьяка, висмута,

фтора, органических соединений), что требует достаточно жесткого контроля за отвалами и хвостохранилищами.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу, повышенная радиоактивность и т.д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.5. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилищ и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

5.7. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.8. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониио-зоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений ниобия, тантала и редкоземельных металлов производится в соответствии с требованиями

«Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями, крылу, замковой части складки);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений.

6.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных скважинами и горными выработками. На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации запасов к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. При невозможности геометризации количество и качество промышленных типов руд в блоке определяется статистически.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к данной категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На тех месторождениях, где невозможно провести геометризацию рудных тел, количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном

блоке определяется статистически. При этом изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выявление рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд.

Контуры запасов категории C_1 , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

6.3.4. Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным рудным телам (а при невозможности их геометризации – статистически в обобщенном контуре), границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простираению и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геологоструктурных построений и установленных закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний ниобия, тантала, редкоземельных металлов.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахты), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием полезных компонентов («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний основного полезного компонента по данным сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточным для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с

уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалам опробования – в случаях когда исключается возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $\frac{1}{4}$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ или контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с условиями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых»,

утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На оцененных месторождениях ниобия, тантала и редких земель должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений ниобиевых, танталовых и редкоземельных руд предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии рудных тел, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия

разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и

его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) качества руд;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное):

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_B + N_3} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_c – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

УДК 553.04:553.411

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям / Министерство природных ресурсов Российской Федерации – М.: 2005. – 56 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных золоторудных месторождений. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче руд золота и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 23 ноября 1982 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям

1. Общие сведения

1.1. Золото – металл из группы благородных, его плотность 19,3–19,4 г/см³, твердость по Бринеллю 200–500 МПа, температура плавления 1082 °С. Золото не соединяется с кислородом, водородом, азотом, углеродом даже при высоких температурах, не растворяется в щелочах и кислотах (за исключением царской водки, селеновой кислоты и щелочных цианидов); растворителями золота могут являться некоторые органические вещества.

Золото обладает высокой теплопроводностью и электропроводностью, мягкостью, вязкостью, уникальной ковкостью и тягучестью. Оно образует сплавы со многими металлами: платиной, палладием, серебром, медью, висмутом, хромом, кобальтом, индием, оловом, алюминием, цинком, кадмием, цирконием и др.; с ртутью золото образует амальгаму.

Золото является главным образом валютным металлом; большая его часть сохраняется в виде так называемого золотого запаса, используемого при международных расчетах.

На уникальных физико-химических свойствах золота основывается все возрастающее применение его в промышленности. Золото и его сплавы используются в качестве сварочных материалов в деталях реактивных двигателей, ракет, ядерных реакторов, сверхзвуковых самолетов, разнообразного промышленного оборудования, а также для изготовления термопар, плавких и электрических контактов в электропечах и различных приборах, волосков хронометров и гальванометров, сопротивлений в потенциометрах и т. д. Золото является весьма эффективным тепло- и светоотражателем и используется в качестве покрытия поверхности ракет и других аппаратов, предназначенных для запуска в космическое пространство. В электронной технике из золота высокой чистоты изготавливают тончайшие электроды для полупроводников. Золото, легированное германием, индием, галлием, кремнием, оловом и селеном, идет на изготовление контактов, диодов,

транзисторов, выпрямителей. Золото находит широкое применение в ювелирной промышленности и в медицине.

1.2. Золото относится к числу наиболее редких элементов земной коры, его кларк составляет (4–5) $10^{-7}\%$ (по А.П. Виноградову).

Формы нахождения золота разнообразны: самородное, теллуриды золота, ферриформы, сульфиды, металлоорганические, сорбированные, воднорастворимые.

В рудах золото присутствует главным образом в самородном виде. Оно обычно содержится в кварце и сульфидах (арсенопирите, пирите, халькопирите, блеклых рудах, галените и других минералах), часто в рассеянном тонкодисперсном состоянии. Самородное золото не бывает химически чистым и представляет собой твердый расплав преимущественно с серебром, реже с медью, палладием, висмутом и др., в связи с чем применяется понятие «проба золота», т.е. число массовых частей химически чистого золота в 1000 частях самородного золота или сплава.

Выделяют следующие разновидности самородного золота: медистое золото (купроаурит), в котором содержание меди доходит до 20%; палладистое золото (порпецит) с содержанием палладия от 5 до 11% и серебра до 4%; висмутистое золото (бисмутаурит) с содержанием висмута до 4%; электрум с содержанием серебра выше 25%; встречается также кюстелит, содержащий от 10 до 25% золота и 90–75% серебра.

Для самородного золота в рудах характерно многообразие форм выделений: крючковатые, провололочные, прожилковые, губчатые, дендритовые. К числу редких находок относятся кристаллы золота, имеющие форму куба, октаэдра или пентагондодекаэдра. Величина отдельных частиц золота колеблется от пылевидных до крупных самородков. Наиболее обычные их размеры от микрометров до первых миллиметров.

1.3. По условиям образования месторождения золота разделяются на эндогенные, экзогенные, метаморфизованные и техногенные.

Эндогенные месторождения широко распространены и являются основным источником добычи золота (табл. 1).

По минеральному составу руд эндогенные месторождения золота объединяются в следующие основные формации.

Золото-кварцевая и золото-кварц-сульфидная. Золото в рудах в основном свободное в кварце, частично – в сульфидах и характеризуется неравномерным распределением. В зависимости от состава сульфидов в этих формациях выделяются различные минеральные типы. Месторождения представлены жилами, жильными зонами и штокверками, формировавшимися в условиях средних глубин в осадочных, вулканических, интрузивных и реже метаморфических породах.

Золото-сульфидная формация. В составе руд главную роль играют пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит и галенит в переменных количествах. Золото тесно связано с сульфидами. Месторождения этой формации представлены зонами вкрапленности золотоносных сульфидов в осадочных и эффузивно-осадочных толщах. Нередко они тяготеют к существенно углистым или графитистым сланцам.

Золото-карбонат-сульфидная формация объединяет месторождения типа залежей, жил, гнездового или вкрапленного оруденения в карбонатных толщах и образующихся по ним метасоматитах.

Золото-силикатная (скарновая) формация. Месторождения представлены скарновыми залежами с наложенной сульфидной и золотой минерализацией и связаны с контактовыми ореолами палеозойских, реже мезозойских гранитоидных массивов.

Золото-серебряная (золото-адуляр-кварцевая) формация характеризуется высокой серебристостью золота и обилием собственно серебряных минералов (сульфидов, сульфосолей); для некоторых из них характерны теллуриды. Золото-серебряные месторождения – жилы, минерализованные и жильные зоны, штокверки – формируются, как правило, в близповерхностных условиях в связи с наземным вулканизмом.

Таблица 1

Характеристика основных морфологических классов золоторудных месторождений России

Генетическая группа	Рудная формация	Главные и второстепенные компоненты	Содержание главных рудных компонентов	Морфология и параметры рудных тел	Способ отработки, производительность	Технологический тип руды	Масштаб по запасам главных рудных компонентов
Промышленные типы							
I. Жильный							
Плутоногенные, вулканогенные	Золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-серебряная (золото-адуляр-кварцевая)	Золото, серебро, свинец, цинк, теллур, сурьма, висмут и др.	Золото от 10 до 30–40 г/т, серебро от 20 до 100 г/т, золото:серебро = 10:1–1:20	Секущие, субсогласные, трубо- и столбообразные, небольшой мощности – в среднем 1 (0,5–5,0) м, реже мощностью до 10–15 м	В основном подземный, производительность 50–600 тыс. т руды, 0,5–3,0 т золота	Легко-обогащаемый и промежуточный	Небольшие, мелкие, средние, крупные, от 5 до 100 т (редко более), золото, серебро попутное
II. Минерализованных (жильных, прожилковых) зон							
Плутоногенные, вулканогенные	Золото-сульфидная, золото-серебряная (золото-адуляр-кварцевая)	Золото, серебро, свинец, цинк, медь, сурьма и др.	Золото от 3 до 10 г/т, серебро от 20 до 400 г/т, золото: серебро = 5:1–1:20	Протяженные, линейные круто- и пологозалегающие, значительной мощности, в среднем 10–30 м, выдержаны на глубину	Открытый, подземный, комбинированный с подземным (по более жестким кондициям), производительность 600–3000 тыс. т руды, 5–6 т золота	Промежуточный и упорный	Средние и крупные, от 100 до 1000 т золота и 40–50 тыс. т серебра
III. Штокверковый (мегашокверковый)							
Плутоногенные, метаморфогенно-плутоногенные	Золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная	Золото, серебро, свинец, цинк, висмут и др.	Золото от 2–3 до 5 г/т	Штокверки разных размеров, мощностью до 100 м и более, значительной площади, изометричной формы, параметры устойчивые	В основном открытый до глубины 500–600 м, ниже возможен подземный (по более жестким кондициям), комбинированный, производительность 1–20 млн. т руды, 5–30 т золота	Легко-обогащаемый и промежуточный	Средние, крупные и очень крупные, от 50–100 до 1000–1500 т и более

В соответствии с количеством сульфидов, присутствующих в рудах, эндогенные месторождения разделяют на убогосульфидные (до 2%), малосульфидные (до 5%), умеренно-сульфидные (5–20%) и существенно сульфидные (более 20%).

Помимо перечисленных рудных формаций, представляющих собственно золоторудные месторождения, золото является важным полезным компонентом многих эндогенных комплексных месторождений – главным образом меднопорфировых, медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических, медно-никелевых и др.

По морфологическим особенностям, условиям залегания и внутреннему строению рудных тел, а также характеру распределения золота эндогенные золоторудные месторождения подразделяются на следующие основные промышленные типы: штокверки, минерализованные и жильные зоны, жилы, залежи сплошных и вкрапленных руд, трубообразные и неправильной формы залежи и гнезда.

Штокверки, образованные большим количеством различно ориентированных, невыдержанных по форме и неравномерно распределенных маломощных кварцевых жил и тонких прожилков, а также вкрапленной сульфидной минерализацией, как правило, имеют весьма значительные размеры по площади и на глубину. Эти месторождения локализуются в метаморфизованных песчано-сланцевых (углистых) толщах, реже в изверженных породах среднего состава и гранитоидах или субвулканических породах кислого ряда. К зонам разломов в пределах штокверков часто приурочены крупные, но весьма невыдержанные по мощности жилы сложной формы. Участки с промышленными рудами в штокверковых месторождениях не имеют четких геологических границ и выявляются по данным опробования.

Минерализованные и жильные зоны представляют собой участки тектонически нарушенных и гидротермально-измененных терригенно-осадочных и вулканогенно-осадочных пород или совокупность сближенных субпараллельных кварцевых жил, прожилков уплощенных линз, локализующихся в кристаллических породах, эффузивных и субвулканических образованиях умеренно-кислого состава, а также в терригенно-осадочных толщах. Для них характерны линейно-вытянутые формы, значительные мощности (от 5–10 до 50 м и более) и отсутствие четких геологических границ рудных тел; их контуры, как правило, определяются по данным опробования. Руды прожилково-вкрапленные, относятся к золото-серебряной, золото-кварц-сульфидной и золото-кварцевой формациям.

Жильные месторождения могут быть представлены одной жилой большой протяженности, или несколькими разобщенными между собой жилами, или системой относительно коротких жил. Во всех случаях каждая жила является самостоятельным рудным телом. Наиболее многочисленны жильные месторождения золото-кварцевой формации, залегающие среди песчаниково-сланцевых флишеидных толщ; длина рудных тел в них от десятков до первых сотен метров – нескольких километров.

Месторождения жильного типа, приуроченные к интрузивным массивам, обычно представлены жилами значительной протяженности как по простиранию (до 1 км и более), так и по падению. Рудные тела имеют золото-кварцевый или золото-кварц-сульфидный состав.

Жильные месторождения, развитые среди молодых эффузивов и субвулканических образований в основном кислого и среднего состава, принадлежат к золото-серебряной формации и относятся к близповерхностному типу. Протяженность рудных тел достигает сотен метров.

По составу руд жильные месторождения часто бывают комплексными: золото-медными, золото-сурьмяными, золото-полиметаллическими.

Залежи (линзовидные, жилообразные, пластообразные и сложной формы) могут быть образованы золотосодержащими пирит-халькопиритовыми, пирит-пирротиновыми, полиметаллическими, баритовыми, магнетитовыми сплошными и вкрапленными рудами; кроме того, залежи могут быть представлены вторичными кварцитами, кварц-слюдистыми, кварц-марганцовистыми и другими породами с вкрапленным или прожилково-вкрапленным

оруденением. Эти руды являются комплексными.

Трубообразные и неправильной формы залежи и гнезда скарновых месторождений имеют ограниченное распространение.

Самостоятельным морфологическим типом золоторудных месторождений являются *оруденелые дайки*. Оруденение в них приурочено либо к системе кварцевых или кварц-сульфидных прожилков, выполняющих поперечные трещины, либо к тонким кварцевым жилам и прожилкам, совпадающим с продольной трещиноватостью даек. Золото концентрируется в основном непосредственно в кварцевых жилах и прожилках при низком содержании его в породах самих даек.

К **экзогенным месторождениям** относятся обогащенные золотом «железные шляпы» сульфидных месторождений и коры выветривания минерализованных зон, а также золотоносные россыпи*.

«Железные шляпы» представляют собой верхнюю окисленную часть сульфидных залежей (серноколчеданных, медноколчеданных и полиметаллических), где золото, как химически устойчивый минерал, накапливается вместе с гидроксидами железа, карбонатами свинца, вторичными серебряными минералами. Наиболее высокие содержания золота приурочены к нижним горизонтам «железных шляп», сложенным баритовыми, кварцевыми и пиритовыми сыпучками.

Коры выветривания имеют значительные размеры. Развиваются на площадях выхода на поверхность золотоносных минерализованных зон, первичные руды которых бедны золотом. Они имеют значительные размеры рудных тел по площади и распространяются до глубин в 300–400 м. Месторождения локализуются в терригенных или вулканогенно-осадочных толщах. В корях выветривания руды полностью дезинтегрированы, золото находится преимущественно в свободном виде. Содержание его может быть в 1,5–2 раза выше, чем в первичных рудах.

По природным условиям формирования коры выветривания разделяются на остаточные и переотложенные. Остаточные коры формируются в алюмосиликатных породах. Месторождения в этом типе кор характеризуются сохранением морфологии и золотоносности первичных руд в зоне гипергенеза. Переотложенные коры формируются в карбонатных породах или на контакте карбонатных и алюмосиликатных пород. Морфология и золотоносность первичных руд в переотложенных корях претерпевают существенные изменения. Характеристика месторождений золота в корях выветривания приведена в табл. 2.

К **метаморфизованным месторождениям** в настоящее время относят золотоносные конгломераты и песчаники Витватерсранда в ЮАР, являющегося крупнейшим месторождением золота в мире.

К **техногенным месторождениям** относятся спецотвалы забалансовых руд, добытых в результате разработки золоторудных месторождений, золотосодержащие отходы (хвосты, шламы), образовавшиеся в процессе обогащения руд или переработки золотосодержащих концентратов (огарки, кеки, золы) комплексных месторождений черных, цветных, благородных и других металлов. Особенности строения этих месторождений и состава золотосодержащего материала, сформировавшегося под влиянием техногенного и последующего гипергенного воздействия, требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и

* Изучение золотоносных россыпей регламентируется «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям».

Таблица 2

Характеристика основных типов золоторудных месторождений России в корах выветривания

Параметры месторождений								
Способ обработки	Условия формирования кор	Форма, условия залегания и геологическая позиция рудных тел		Размеры рудных тел, м	Масштаб по запасам и среднее содержание золота	Распределение золота	Примеры месторождений	
Открытая добыча с переработкой руд кучным выщелачиванием, реже на ЗИФ по флотационной или цианистой схеме с гравитационным обогащением или без такового	Остаточные	Морфология первичных руд в зоне гипергенеза сохраняется	Стратифицированные изометричные в объеме залежи седловидной формы крутого падения		400–650* 270–350 300–400	Крупные, 9–10 г/т	Изотропное, столбовое	Олимпиадинское
			Стратифицированные линзо-, пластообразные залежи и штокверки от субгоризонтального до относительно крутого залегания большой мощности	Вытянутые в плане	250–750 30–360 2–40	Мелкие и средние, 3–25 г/т	Анизотропное, гнездовое	Воронцовское, Кировское, Самсоновское, Каменское, Самолазовское и др.
					Изометричные в плане	450–600 300–360 30–100	Средние, 3–4 г/т	Изотропное, столбовое
						250–800 100–350 1–30	Мелкие и средние, 4–10 г/т	То же
			Жило-, плитообразные крутопадающие маломощные зоны		200–600 2–30 70	Средние, 9–10 г/т	То же	Суздальское (Казахстан)
	Переотложившие	Морфология первичных руд в зоне гипергенеза меняется	Узкие лентообразные залежи, облегающие подстилающие закарстованные породы		130–1900 до 115 2–16	Крупные, 2–3 г/т	«	Куранахская группа
			Мелкие гнездо- линзо- столбообразные залежи в изолированных карстовых депрессиях		80–200 3–60 2–60	Мелкие, 2–3 г/т	Анизотропное, гнездовое	То же
			Плащеобразные залежи, облегающие подстилающие закарстованные породы	Вытянутые в плане	1000 150–450 1–67	Средние, 4–5 г/т	Изотропное, гнездовое	Воронцовское
					Изометричные в плане		600 200–400 30–200	Средние, 3–4 г/т
	Подземное выщелачивание	Остаточные	убгоризонтальные пластообразные залежи с геологическими границами, в водоносных горизонтах на доупорных скальных породах		200–500 25–100 20–40	Мелкие, 0,6–1,2 г/т	То же	Гагарское, Маминское

* Первое значение – длина залежи в плане, второе – ширина в плане, третье – размер по вертикали

эколого-экономической оценке техногенных месторождений», утвержденном Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г. и в настоящих «Методических рекомендациях...» не рассматриваются.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения золота золоторудные месторождения соответствуют 2-, 3- и 4-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные:

- крупными минерализованными и жильными зонами протяженностью более 1 км, мощностью 5–10 м и более (Сухой Лог, Нежданинское, сульфидные руды Восточного участка Олимпиадинского месторождения в России, Хаканджинское, Бакырчик в Казахстане);
- штокверками площадью около 1 км² (Мурунтау в Узбекистане, центральная часть месторождения Кумтор в Киргизии, Джилау в Таджикистане);
- протяженными залежами размером 1–3 км по простиранию, первые сотни метров по падению, с устойчивыми мощностями от первых метров и более (крупные залежи Кокпатасского месторождения в Узбекистане);
- протяженными (более 1 км) жилами с выдержанными мощностями более 1 м (Акбакайское в Казахстане);
- остатчными корами выветривания с изометричными в объеме залежами длиной 400–650 м, шириной 270–350 м и вертикальным размахом до 400 м (окисленные руды Восточного участка Олимпиадинского месторождения).

Рудная минерализация распределена неравномерно.

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения, представленные:

- жилами изменчивой мощности сложного строения. Распределение оруденения весьма неравномерное, нередко прерывистое. К ним относятся:
- средними (протяженностью от сотен до тысячи метров) и крупными минерализованными зонами с рудными телами мощностью 3–5 м и более (Майское и Зун-Холбинское в России, Кызилалма в Узбекистане, Кизилбулагское в Азербайджане, Чоре в Таджикистане, Личквас-Тейское в Армении, Макмал в Киргизии);
- жильными зонами с рудными телами мощностью до 1–2 м и более (Кубакинское, Покровское (сульфидные руды), Эльдорадо, Советское, Многовершинное в России);
- залежами (первые сотни метров по простиранию и падению) с рудными телами мощностью 1–2 м и более (сульфидные руды Воронцовского и Светлинского месторождений, Лебединое в России, Даугызтау в Узбекистане);
- протяженными (до 1 км и более) жилами мощностью первые десятки сантиметров (Дарасунское), а также короткими жилами (до первых сотен метров) с изменчивой мощностью от нескольких сантиметров до 2–3 м (Агинское, Карамкенское, Каральвеемское, Шаумянское в Армении);

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых. Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

- рудными столбами (Джеруй в Киргизии) и оруденелыми дайками (Березовское в России);
- остаточными и переотложенными корами выветривания (окисленные руды Воронцовского, Гагарского, Светлинского и Покровского месторождений, Куранахское месторождение в России).

К 4-й группе относятся месторождения весьма сложного геологического строения: мелкие по размерам (протяженностью первые десятки метров) единичные или сближенные очень маломощные (до 0,3–0,4 м) жилы, линзы; небольшие (протяженностью до 100 м) жилы, линзы, минерализованные зоны, залежи с резко изменчивой мощностью или интенсивно нарушенным залеганием и тела с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений (месторождение Коммунарское, участок Токберды месторождения Кочбулак в Узбекистане); отдельные мелкие гнездо-, линзо-, столбообразные залежи окисленных руд в изолированных карманообразных и линейно-вытянутых карстовых депрессиях (Куранахская группа месторождений).

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% балансовых запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (приложение 1).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на золоторудных месторождениях обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:5 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабе 1:200, сводные планы в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин следует вычислить координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построить проложения их стволов на плоскостях планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:5 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел или минерализованных зон, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности (степени рудонасыщенности минерализованных зон), характере выклинивания рудных тел, распределении золота в них, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатостями структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1 *.

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений золота и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы и металлогенический потенциал золота.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части золоторудных тел и минерализованных зон должны быть изучены канавами, шурфами, шурфами с рассечками, траншеями (расчистками), пройденными по простиранию рудных тел, и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, зоны вторичного сульфидного обогащения и степень ее обогащения золотом, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и провести подсчет запасов первичных, смешанных и окисленных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка золоторудных месторождений на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – горными выработками) с использованием геофизических методов исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний золота и характер пространственного его распределения, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное истирания зерна при бурении и выкрашивание золота или нерудных минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

Глубина разведки ограничивается горизонтами, экономически целесообразными для разработки с использованием современных технологий освоения месторождений.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход зерна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер окolorудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход зерна для этих целей должен быть не менее 80% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода зерна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода зерна для определения содержаний золота и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования зерна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин другого способа (ударного, пневмоударного и шарошечного) бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением снарядов, повышающих выход и сохранность зерна (съемных зерноприемников и др.). При низком выходе зерна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания золота в пробах необходимо

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Контрольные замеры глубины скважин проводятся не реже чем через 50 м проходки.

Для обеспечения пересечения крутопадающих рудных тел под возможно большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, характера распределения основных компонентов, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. На месторождениях с прерывистым распределением оруденения определяется степень рудонасыщенности, ее изменчивость, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд для оценки возможности их селективной выемки.

Сплошность рудных тел и характер изменчивости их мощностей и содержаний золота по простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам жильного типа – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам типа минерализованных зон и штокверков – сгущением сети ортов, квершлагов, подземных горизонтальных скважин. Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для оконтуривания рудных тел и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 и 4 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке золоторудных месторождений в СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся в странах СНГ при разведке золоторудных месторождений

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Форма рудных тел	Вид выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов			
				В		С ₁	
				по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
2-я	Крупные минерализованные и жильные зоны, штокверки, значительные по размерам залежи, протяженные жилы	Жилы	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	Непрерывное прослеживание	80–120*
			Восстающие	80–120	Непрерывное прослеживание	120	Непрерывное прослеживание
			Расщепки	10–20	–	20–40	–
			Скважины	10–20	–	40–80	40–60
		Минерализованные и жильные зоны	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	Непрерывное прослеживание	80–120* ²
			Восстающие	80–120	Непрерывное прослеживание	120* ²	Непрерывное прослеживание
			Расщепки, горизонтальные скважины	20–30	–	40–60	–
			Скважины	– 40–50* ⁴	– 40–50* ⁴	60–80 100* ³	40–60 50* ⁴
		Штокверки	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	Непрерывное прослеживание	–
			Квершлагги, горизонтальные скважины	20–40	–	40–80	–
			Скважины	–	–	60–80	40–60
		Залежи	Штреки	Непрерывное прослеживание	40–60	Непрерывное прослеживание	–
			Восстающие	80–120	Непрерывное прослеживание	120	Непрерывное прослеживание
			Орты, горизонтальные скважины	10–20	–	20–40	–
			Скважины	–	–	60–80	40–60
		3-я	Средние и крупные сложно построенные минерализованные и жильные зоны, залежи, жилы сложного строения	Жилы	Штреки	–	–

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Форма рудных тел	Вид выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов				
				В		С ₁		
				по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	
3-я	Средние и крупные сложно построенные минерализованные и жильные зоны, залежи, жилы сложного строения	Жилы	Восстающие	–	–	80–120	Непрерывное прослеживание	
			Рассечки, горизонтальные скважины	–	–	10–20	–	
			Скважины	–	–	40–60	40–60	
		Минерализованные и жильные зоны	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	40–60	
			Восстающие	–	–	80–120	Непрерывное прослеживание	
			Рассечки, горизонтальные скважины	–	–	20–30	–	
			Скважины	–	–	40–60	40–60	
			Залежи	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	40–60
				Восстающие	–	–	80–120	Непрерывное прослеживание
		Орты, горизонтальные скважины		–	–	10–20	–	
		Скважины		–	–	40–60	40–60	
		4-я* ⁴	Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения	Штреки	–	–	Непрерывное прослеживание	40
Восстающие	–			–	Не менее одного пересечения по каждому телу			
Орты, горизонтальные скважины	–			–	10	–		

Продолжение табл. 3

* При разведке промежуточных горизонтов скважинами.

*² Проходка восстающих может быть заменена бурением вееров скважин.

*³ Для месторождений типа крупных минерализованных зон.

*⁴ Для месторождений 4-й группы использованы данные о плотности разведочной сети для небольших рудных тел, характеризующихся исключительно сложным строением и прерывистым распределением полезного компонента.

Примечание. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Сведения о плотности сетей разведочных скважин, применявшихся в странах СНГ при разведке месторождений золота в корях выветривания

Форма, условия залегания и геологическая позиция рудных тел		Примеры месторождений	Группа месторождений по строению	Категория запасов	Расстояния, м		
					по прос-тиранию	по падению	
Морфология и золотосодержание первичных руд в зоне гипергенеза сохраняются	Стратифицированные изометричные в объеме залежи в остаточных корях		Олимпиадинское	2-я	В С ₁	50 100	50 100
	Стратифицированные линзо-, пластообразные залежи и штокверки от субгоризонтального до относительно крутого залегания большой мощности в остаточных корях	Вытянутые в плане	Воронцовское, Кировское и др.	3–4-я	С ₁	40	20
		Изометричные в плане	Светлинское	3-я	С ₁	75	75
	Покровское, Березняковское и др.		3-я	С ₁	40	40	
Жило-, плитообразные крутопадающие маломощные зоны в остаточных корях		Суздальское (Казахстан)	3-я	С ₁	25	5	
Морфология и золотосодержание первичных руд в зоне гипергенеза меняются	Узкие лентообразные залежи в переотложенных корях, облегающие подстилающие закарстованные породы		Куранахская группа	3-я	С ₁	50–100	20
	Мелкие гнездо-, линзо-, столбообразные залежи в изолированных карстовых депрессиях		Куранахская группа	4-я	С ₁	25	10
	Плащеобразные залежи в переотложенных корях, облегающие подстилающие закарстованные породы	Вытянутые в плане	Воронцовское	3-я	С ₁	40	40
		Изометричные в плане	Светлинское	3-я	С ₁	75	50
Субгоризонтальные пластообразные залежи с геологическими границами, в водоносных горизонтах на водоупорных скальных породах для подземного выщелачивания		Гагарское, Маминское	3-я	С ₁	30	10	
Примечание: На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С ₂ по сравнению с сетью для категории С ₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.							

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На разведанных месторождениях запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В. На разведанных месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной обработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на разведанных месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Для месторождений с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков балансовых руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам в масштабе 1:50. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой компетентными комиссиями. Кроме того, необходимо контролировать соответствие сводных геологических материалов первичной документации. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования).

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. На золоторудных месторождениях целесообразно применение ядерно-геофизических методов для локализации рудных интервалов в разведочных выработках* по попутным компонентам, для которых установлена корреляционная связь (пространственная или количественная) с золотом. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задирковый и др.) определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В канавах, шурфах, траншеях кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород в зальбандах рудных тел должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленную условиями минимальную мощность рудных тел, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При диаметрах бурения 76 мм и более опробование возможно делением керна пополам вдоль его оси. При меньшем диаметре бурения и весьма неравномерном распределении золота деление керна на две половины при опробовании не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях. Расстояния между опробуемыми забоями в прослеживающих выработках обычно не превышают 1–4 м (допустимость увеличения шага опробования должна быть подтверждена экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания рудных или породных минералов при принятом для горных выработок способе опробования.

Данные опробования штреков и восстающих, не вскрывающих рудные тела на всю мощность, не могут быть использованы при подсчете запасов. Возможность использования данных опробования восстающих, вскрывающих рудные тела на полную мощность, должна быть в каждом случае обоснована исходя из особенностей распределения обогащенных золотом участков (рудных столбов).

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и

достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm(10-20)\%$ с учетом изменчивости плотности руд). Точность бороздowego опробования следует контролировать отбором сопряженных борозд того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок керна. При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым (задирковым), в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения с учетом характера распределения золота, крупности и формы его зерен. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. При обработке проб необходимо учитывать возможность гравитационного осаждения золота в истертом материале, а также его попадания в ловушки на необработанных поверхностях, поэтому необходимо регулярно контролировать чистоту истирающих поверхностей дробильного оборудования.

В тех случаях, когда в рудах золото крупностью $+0,5$ мм составляет не менее 40%, при обработке проб необходимо применять схему предварительного извлечения крупного металла.

Обработка проб из кор выветривания производится по обычной «рудной» схеме.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам, включающим проведение экспериментальных работ по определению минимальных массы и количества отбираемых на анализ навесок.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление содержаний золота и его пробы, наличия и промышленной значимости попутных полезных компонентов, а также выявление вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, пробирными, спектральными, физическими, геофизическими и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

В практике зарубежных золоторудных компаний для обоснования материалов подсчета запасов и при разработке инвестиционных программ («банковского» ТЭО) наиболее надежными и предпочтительными считаются результаты пробирного анализа.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на золото, серебро, а также и на компоненты (медь, цинк, свинец, сера, висмут и др.), содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности. Другие полезные компоненты (в том числе кремнезем – для кислых флюсов) и вредные примеси (мышьяк, углерод, глинозем, сурьма и др.) определяются обычно по групповым пробам. Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выявления степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ и ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализов зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов по содержаниям золота. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 5. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС).

лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 5

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов (%) по классам содержаний Au

Класс содержаний*, г/т	Руды с золотом различной крупности		
	до 0,1 мм	до 0,6 мм	крупным, часто видимым
>128	4,0	7,5	10
64–128	4,5	8,5	12
16–64	10	13	18
4–16	18	25	25
1–4	25	30	30
<1	30	30	30

*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. В практике некоторых зарубежных компаний, занимающихся разведкой и разработкой золоторудных месторождений, используется более простая, но достаточно эффективная процедура контроля за качеством отбора, подготовки и анализа проб, основанная на систематическом включении в каждую партию из 20 поступающих в лабораторию рядовых проб по одной пустой, дубликатной и эталонной пробе, формируемых в следующем порядке.

Пустые пробы отбираются из подготовленной в начальной стадии разведки месторождения гомогенизированной валовой пробы массой не менее 20 кг, близкой по составу к золотовмещающим породам месторождения. Материалом для валовой пробы служит безрудный керн или породы соответствующего обнажения. Отсутствие значимых количеств золота в валовой пробе подтверждается многочисленными анализами не менее чем в двух различных лабораториях. Пустая проба включается в начало потока подготовки проб и имеет номер, последовательный с номерами других проб.

Дубликатные пробы выбираются в полевых условиях произвольно. При опробовании бурового шлама они готовятся путем его деления. При опробовании керна деление производится после первичной стадии дробления.

Эталонные пробы, содержание золота в которых известно с приемлемым уровнем точности, должны быть, насколько это возможно, близки к литологическому и минеральному составу вмещающих пород и рудной минерализации месторождения. Концентрация золота в эталонных пробах должна соответствовать трем основным выделяемым на месторождении классам содержаний, близким к экономически обоснованным величинам содержаний – бортового, среднего и высокого. Эталонные пробы отбираются из заранее подготовленных валовых проб массой не менее 20 кг, составленных из крупнозернистого материала, остающегося от ранее проанализированных проб керна или бурового шлама. Истертый и гомогенизированный материал валовых проб должен быть проанализирован по меньшей мере в пяти независимых лабораториях. Эталонные пробы имеют номера, последовательные с номерами рядовых проб, и не должны быть известны лицам, проводящим анализы.

Использование пустых, дубликатных и эталонных проб обеспечивает регулярный и достаточно эффективный контроль за качеством подготовки рядовых проб (возможное заражение) и проведения анализов (выявление систематических и установление величины случайных погрешностей) в течение всего срока разведки в основном средствами собственной лаборатории.

3.12. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание должно быть уделено изучению золота, золотосодержащих рудных и жильных минералов, взаимоотношений их между собой и с другими минералами. Подлежат определению формы нахождения золота, размеры выделений, распределение их по классам крупности, химический состав, проба, характер и состояние поверхности частиц золота, наличие сростков, их размеры и виды сростаний.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.13. При определении объемной массы и влажности руд и внутрирудных некондиционных прослоев следует руководствоваться «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.14. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и продуктов их переработки, в случае несоответствия последних техническим условиям, должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с «Методическими рекомендациями по технологическому опробованию золоторудных месторождений при геологоразведочных работах», утвержденными Министерством геологии СССР 14 января 1985 г. и стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения добытой руды или разделения ее на сорта на основе радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической, нейтронно-активационной и др.) крупнопорционной сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200+20 мм) – возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

4.3. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.4. При исследовании обогатимости золотосодержащих руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивается дробимость и измельчаемость руд и необходимая степень измельчения материала, проводится ситовый, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты. Должен быть решен вопрос о целесообразности использования отдельных типов руд в качестве кислых флюсов в металлургическом производстве.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы их нахождения и баланс распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

4.5. Технологические свойства руд месторождений золота отличаются большим разнообразием. Наибольшее значение имеют следующие признаки, определяющие технологию переработки золотосодержащего минерального сырья:

– характеристика содержащегося в руде золота (крупность, форма нахождения, характер ассоциации с рудными и нерудными минералами, состояние поверхности частиц);

- комплексность руд, т. е. содержание в руде наряду с золотом других полезных компонентов, имеющих промышленное значение;
- степень окисленности руд, т.е. соотношение (в%) окисленных и сульфидных минералов;
- наличие в руде компонентов, существенно осложняющих технологию переработки.

4.5.1. По крупности частиц золото классифицируется на крупное (более 0,07 мм), мелкое (от 0,001 до 0,07 мм) и тонкодисперсное (мельче 0,001 мм).

Крупное золото обычно легко высвобождается при измельчении и извлекается гравитационными методами, но плохо флотируется и медленно растворяется при

цианировании. Мелкое золото (свободное и в сростках с сульфидами) хорошо флотируется, а также быстро растворяется при цианировании, но лишь частично извлекается гравитацией. Тонкодисперсное золото плохо вскрывается при измельчении руд и извлекается в гравитационные и флотационные концентраты совместно с минералами-носителями (сульфидами). Из сульфидов его извлекают пирометаллургией или цианированием после окислительного обжига. Если золото ассоциирует с гидроксидами железа и другими гипергенными минералами, оно может быть извлечено цианированием. Из кварца тонкодисперсное золото может извлекаться только при плавке.

4.5.2. Золотосодержащие руды в некоторых случаях кроме золота содержат другие полезные компоненты, которые могут представлять промышленный интерес. К таким компонентам относятся: серебро, медь, сурьма, свинец, цинк, вольфрам, уран, ртуть, висмут, таллий, селен, теллур, кремнезем, сера (в сульфидной форме), барит, флюорит и др. Соответственно выделяют золото-пиритные, золото-мышьяковые, золото-серебряные, золото-медные, золото-сурьмяные, золото-урановые, золото-баритовые, золото-полиметаллические и золото-кварцевые руды. Золото-кварцевые руды, содержащие больше 60% кремнезема, меньше 13% глинозема, 0,8% мышьяка и 0,3% сурьмы, могут использоваться в качестве флюса на металлургических заводах.

4.5.3. По степени окисления сульфидов руды подразделяют на первичные (сульфидные), частично окисленные (смешанные) и окисленные. К частично окисленным относятся руды, содержащие не более 30% окисленных минералов, к окисленным – свыше 30% окисленных минералов.

4.5.4. При оценке вредных примесей в рудах в первую очередь учитываются те из них, которые могут оказать отрицательное влияние на процесс цианирования – основной процесс извлечения золота. К вредным примесям относятся:

- некоторые минералы меди (оксиды, карбонаты, вторичные сульфиды, сульфаты), сурьмы (антимонит), железа (пирротин), мышьяка (реальгар, аурипигмент), в присутствии которых резко снижается скорость растворения золота и увеличивается расход цианида;
- отдельные разновидности углеродистого вещества, характеризующиеся повышенной сорбционной активностью;
- шламообразующие минералы (слюдисто-глинистые), осложняющие процесс обезвоживания цианистой пульпы и отмывку растворенного золота. Наличие этих минералов вызывает значительные затруднения при транспортировке и бункеровании, а также при гравитационно-флотационном обогащении руд;
- минералы мышьяка (арсенопирит, мышьяковые сульфосоли и др.), которые затрудняют пирометаллургическую переработку золотосодержащих концентратов и вызывают необходимость проведения специальных дорогостоящих мероприятий для охраны окружающей среды.

4.6. Основными технологическими схемами переработки минерального сырья золоторудных месторождений в большинстве случаев является комбинация процессов обогащения и пиро- и гидрометаллургии, включающих в себя рудосортировку, дробление, измельчение, обесшламливание, гравитационное и флотационное (коллективное или селективное) обогащение, амальгамацию, цианирование (по фильтрационной или сорбционной технологии) или пирометаллургическую переработку (обжиг, плавку) руд и концентратов. Заключительным процессом является аффинаж золота.

Новыми технологическими процессами являются: радиометрическая сортировка, пенная сепарация, кучное выщелачивание, биовыщелачивание, хлоридовозгонка и др., а также геотехнологические способы добычи золота (шахтные и скважинные системы выщелачивания).

4.6.1. Наиболее широкое применение в практике золотодобывающих компаний получили процессы, основанные на цианидном выщелачивании золота. При этом, наряду с использованием традиционных методов цианидного выщелачивания руд с последующим осаждением золота из раствора на цинк, в конце 1970-х – начале 1980-х гг. большое

распространение получили новые более экономичные технологии, основанные на использовании процессов кучного выщелачивания (КВ). Процесс дешев и гибок, будучи удобным как для малообъемных (до 200 т в день), так и крупнообъемных (50000 т в день) производств, и позволяет вовлекать в эксплуатацию руды с низким (до 0,5 г/т) содержанием золота.

В зависимости от проницаемости руды возможны варианты ее переработки как с дроблением, так и без дробления. Золото и серебро должны находиться в свободном состоянии. «Упорные» руды и руды, содержащие компоненты, интенсивно связывающие цианид (например, окисленные сульфиды Zn, Cu, Fe As, Sb, а также органическое вещество), для кучного выщелачивания непригодны из-за неуправляемости химических процессов внутри кучи и требуют предварительной обработки (выщелачивание под давлением, бактериальное выщелачивание и обжиг в кипящем слое).

Возможность применения той или иной схемы кучного выщелачивания для конкретных объектов должна определяться на основе технологических испытаний и технико-экономического сопоставления различных вариантов. Определяющими технико-экономическими показателями эффективности кучного выщелачивания являются: извлечение золота; расход и стоимость реагентов; интенсивность (продолжительность) процесса.

Основным реагентом, применяемым при кучном выщелачивании в промышленном масштабе, является цианид натрия. Заменителями цианида могут служить кислые растворы тиомочевины, тиосульфатные растворы, гуминовые кислоты с добавлением окислителей, композиции, составленные на основе сульфатно-хлоритовых растворов с добавками хлористого натрия и др.

Важной характеристикой руды при кучном выщелачивании является ее приемлемая проницаемость в штабеле. Присутствие в руде шлама крупностью –50 мкм приводит к уплотнению материала внутри штабеля, вызывает образование каналов, создающих неблагоприятные условия для циркуляции раствора. При этом увеличивается продолжительность цикла выщелачивания и снижается извлечение металла. В связи с этим при технологических исследованиях глинистых золотосодержащих руд и руд с высоким выходом шлама при их дроблении необходимо установить оптимальные условия окомкования для получения агрегатов, обладающих необходимой прочностью и пористостью.

Технологические исследования по кучному выщелачиванию рекомендуется завершать опытно-промышленными испытаниями в реальных условиях месторождения, так как в лабораторных условиях невозможно учесть все факторы, влияющие на эффективность данной технологии (температура окружающей среды, высота и порядок формирования штабеля и др.). При опытно-промышленной отработке оптимальных режимов и параметров всех операций технологической схемы особое внимание должно быть уделено вопросам экологии и практической оценке надежности комплекса гидротехнических сооружений в условиях возможной фильтрации цианистых растворов при возникновении критических ситуаций.

В качестве примера в приложении 2 приведена обобщенная технологическая схема кучного выщелачивания, реализованная на ряде горнодобывающих предприятий США и апробируемая на опытно-промышленных площадках в России.

4.6.2. Более 70% мирового производства золота в настоящее время осуществляется на основе технологических процессов с использованием угольной абсорбции (процесс С1Р – «уголь в пульпе» и его производные: С1Л – «уголь в растворе»; С1С – «уголь в колоннах»). Методы С1Р и С1Л используются для прямого извлечения золота из взвесей, содержащих 50–60% твердых компонентов, в то время как процесс С1С – для извлечения золота из растворов (обычно при кучном выщелачивании). Процесс С1Р («уголь в пульпе»), как показывает практика, менее чувствителен, чем процессы использующие осаждение золота цинком, к загрязнениям раствора серой, сурьмой, мышьяком и более устойчив («всеяден») по

отношению к характеру перерабатываемого сырья. Он повышает извлекаемость золота по сравнению с традиционными методами и экономически выгоднее их. В Северной Америке, Австралии, ЮАР действуют комбинаты, перерабатывающие на основе данной технологии различные виды сырья, начиная от низкокачественных руд до флотационных концентратов, флотационных хвостов и хвостов биологического окисления.

В странах СНГ при извлечении золота более широко и успешно практикуются ионообменные технологии (процессы «смола во взвеси» и «смола в выщелачивающем растворе»), основанные на использовании в сорбционном процессе специальных ионообменных смол, выпускаемых в виде твердых полистированных шариков. Эти методы имеют ряд определенных преимуществ по отношению к методу СР, и предполагается, что ионообменные смолы в перспективе будут играть в добыче золота все более значительную роль.

4.6.3. Для установления возможности использования способа подземного выщелачивания (ПВ) на конкретном объекте необходимо провести комплекс лабораторных и натурных геотехнологических исследований, используя при этом основные принципы, изложенные в методических рекомендациях «Оптимальная схема геотехнологических исследований», одобренных отделом геоэкологии и гидрогеологии Министерства геологии СССР в 1992 г. Решение о целесообразности проведения опытно-промышленного выщелачивания на рабочих ячейках, представительных по геотехнологическим свойствам отдельных типов руд, или по месторождению в целом принимается в зависимости от полноты и достоверности предшествующих исследований.

По результатам исследований необходимо установить:

- форму нахождения золота и принципиальную возможность его перевода в растворенное состояние;
- коэффициенты и скорости извлечения золота из недр, а при анизотропии отложений и возможности использования на них различных геотехнологических режимов – выделить технологические типы;
- кинетику роста и последующего постепенного снижения содержания золота в продуктивном растворе, остаточные содержания и остаточные его запасы в недрах в контуре опытной отработки, заверенные данными контрольных скважин;
- режим закачки выщелачивающих и откачки продуктивных растворов, показатели расхода реагентов в количественном и денежном выражении;
- технологию и показатели извлечения золота из продуктивных растворов, переработки золотосодержащих концентратов;
- возможность загрязнения территории по площади и на глубину (миграция вредных элементов в латеральном и вертикальном направлениях, утечка их из рабочей зоны с учетом фоновых значений) и технологию рекультивации геологической среды после завершения отработки.

4.7. Качество золотосодержащих концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям (для сведения см. приложение 3).

В сложившейся отечественной практике принято считать, что:

- концентрат гравитационный золотосодержащий по содержанию золота и примесей должен соответствовать нормам, указанным в табл. 6;
- концентрат флотационный золотосодержащий по содержанию золота и примесей должен соответствовать нормам, указанным в табл. 7;
- золотосодержащая кварцевая руда, применяемая в качестве флюса на медеплавильных заводах (табл. 8), должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 9.

Таблица 6

Нормы содержаний золота и примесей в гравитационном концентрате

золота, не менее, г/т	Содержание			Влажность, не более, %	Крупность, не более, мм
	примесей, не более, %				
	мышьяка	сурьмы	глинозема		
50	0,7	0,3	10	4	3

Таблица 7

Нормы содержаний золота и примесей во флотационном концентрате

Концентрат	Содержание			Влажность, не более, %	
	золота, не менее, г/т	примесей, не более, %			
		мышьяка	сурьмы		глинозема
Флотационный золотосодержащий	20	2	0,3	10	6
Золотосодержащий обожженный (огарок)	30	1	0,3	10	–

Таблица 8

Классификация флюсовых руд

Класс руды	Область применения
Отражательный	При отражательной плавке медьсодержащего сырья
Конверторный	При бессемеровании медных штейнов и черновой меди из вторичного сырья
Шахтный	При шахтной плавке медьсодержащего и медносерного сырья

Таблица 9

Требования к химическому составу и крупности классов и сортов флюсовых руд

Класс и сорт	Содержание, %				Крупность, мм
	кремнезема общего, не менее	глинозема, не более	мышьяка, не более	сурьмы, не более	
Отражательный					0–10
I сорт	70	8	0,8	0,3	
II сорт	65	10	0,8	0,3	
III сорт	60	13	0,8	0,3	
Конверторный					10–50
I сорт	70	8	0,8	0,3	
II сорт	65	10	0,8	0,3	
III сорт	62	12	0,8	0,3	
Шахтный					50–120
I сорт	90	6	0,8	0,3	
II сорт	75	8	0,8	0,3	
III сорт	68	9	0,8	0,3	

Для концентратов золота, не соответствующих требованиям промышленности по предельному содержанию вредных примесей (мышьяка, сурьмы и др.), а также для весьма упорных концентратов, содержащих тонкодисперсное золото, тесно связанное с сульфидами (пиритом, арсенопиритом) и не извлекаемое прямым цианированием, следует оценить эффективность их переработки методами бактериального выщелачивания.

При проведении технологических испытаний необходимо подобрать эффективные культуры бактерий, степень измельчения концентрата (руд), определить плотность пульпы, активность ее перемешивания и аэрации, оптимальные для процесса выщелачивания рН, температуру, содержание клеток в 1 мл пульпы, скорость окисления сульфидов, величину извлечения золота при последующем цианировании, расход реагентов при цианировании и обезвреживании использованных растворов.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей, а по разрабатываемым месторождениям – привести химический состав рудничных вод и протоктов;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов. Он производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г. и согласовано с ГКЗ.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника, включающие: способ осушения геологического массива; водоотвод; утилизацию дренажных вод; источники водоснабжения; природоохранные меры.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.)

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях;

инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. Особое внимание следует уделить оценке: тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости; мощности, степени и характера дробления пород и руд; заполнителя нарушений; возможности водопритоков по нарушениям как по простиранию, так и падению; структурной блочности массива.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в кровле горных выработок, бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Разработка золоторудных месторождений производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом.

Доказана возможность применения для добычи золота способа подземного выщелачивания (ПВ) на золотосодержащих отложениях коры выветривания. Наиболее благоприятными для использования метода ПВ являются неглубоко залегающие рыхлые или сильнотрещиноватые дезинтегрированные отложения (ограниченные водоупорными горизонтами), водопроницаемые, частично обводненные, в которых золото находится в пригодной для выщелачивания форме.

Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.5. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмококкиозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.6. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилищ и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

5.7. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Специфика техногенных источников воздействия золоторудных месторождений определяется способом (подземным, открытым, ПВ) разработки, применением флотации и цианирования при переработке руд, присутствием в руде и продуктах переработки в качестве примесей висмута, свинца, цинка, меди, олова, серебра, мышьяка, рения, селена, теллура, германия, скандия.

Экологическими исследованиями должны быть установлены: фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.,

предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.); объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов золоторудных месторождений производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, количество руды в которых не должно превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);

- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин, по простиранию – разведочными линиями (профилями), с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых запасов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику золоторудных месторождений.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых золоторудных месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по горным выработкам или скважинам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудоносности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть горных выработок и скважин, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях участками детализации, а на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации. На месторождениях, где объем руды определяется с помощью коэффициента рудоносности, изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выяснение рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд.

Контуры запасов категории С₁, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд. Размер зоны экстраполяции не должен превышать половины расстояния между выработками, принятого для запасов этой категории.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам путем экстраполяции по простиранию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений, изучения закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний золота в них и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений, а при невозможности геометризации рудных тел – статистически

в обобщенном контуре. При определении контуров подсчета запасов категории C_2 следует учитывать общую изученность геологического строения месторождения, условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы, мощности и качества руд. На предварительно оцененных участках в контурах, определяемых по аналогии с более изученными частями месторождений, аналогия геологического строения устанавливается по результатам геофизических, геохимических исследований, геологических построений и отдельным разведочным пересечениям.

6.3.5. Величина экстраполяции в каждом конкретном случае для запасов категорий C_1 и C_2 должна быть обоснована фактическими данными. Не допускается экстраполяция в сторону выклинивания и расщепления рудных тел, ухудшения качества руд и горно-геологических условий их отработки, к пересечениям с содержаниями золота ниже минимального промышленного и мощностью меньше минимальной выемочной.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы подсчитываются на сухую руду с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием золота («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержания золота по мере сгущения разведочной сети).

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по

сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды и металла в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений широкое применение получил метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длины которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и интервалам опробования – в случаях, когда отсутствует возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный – определяется плотностью созданной на месторождении

разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $\frac{1}{4}$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (результаты опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных функций-вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний золота в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию обработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть строго контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. В любом случае результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться путем сравнения с результатами традиционных методов подсчета запасов.

6.10. При компьютерном подсчете запасов с использованием традиционных методов рекомендуется использовать программные комплексы, обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ или контактов, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности золоторудные месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** золота должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для всех открытых новых месторождений. В отчете должна содержаться информация, достаточная для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений золота предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии рудных тел, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работ по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На **разведанных месторождениях** качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические, и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

При наличии на месторождении наряду с первичными выветрелых руд последние должны быть изучены с детальностью, позволяющей принять решение о целесообразности их отдельной отработки.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) качества руд;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

ПРИЛОЖЕНИЕ (СПРАВОЧНОЕ):

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_3} \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad (1.3)$$

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}} \cdot 100 \quad (1.4)$$

где S_m и S_c – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

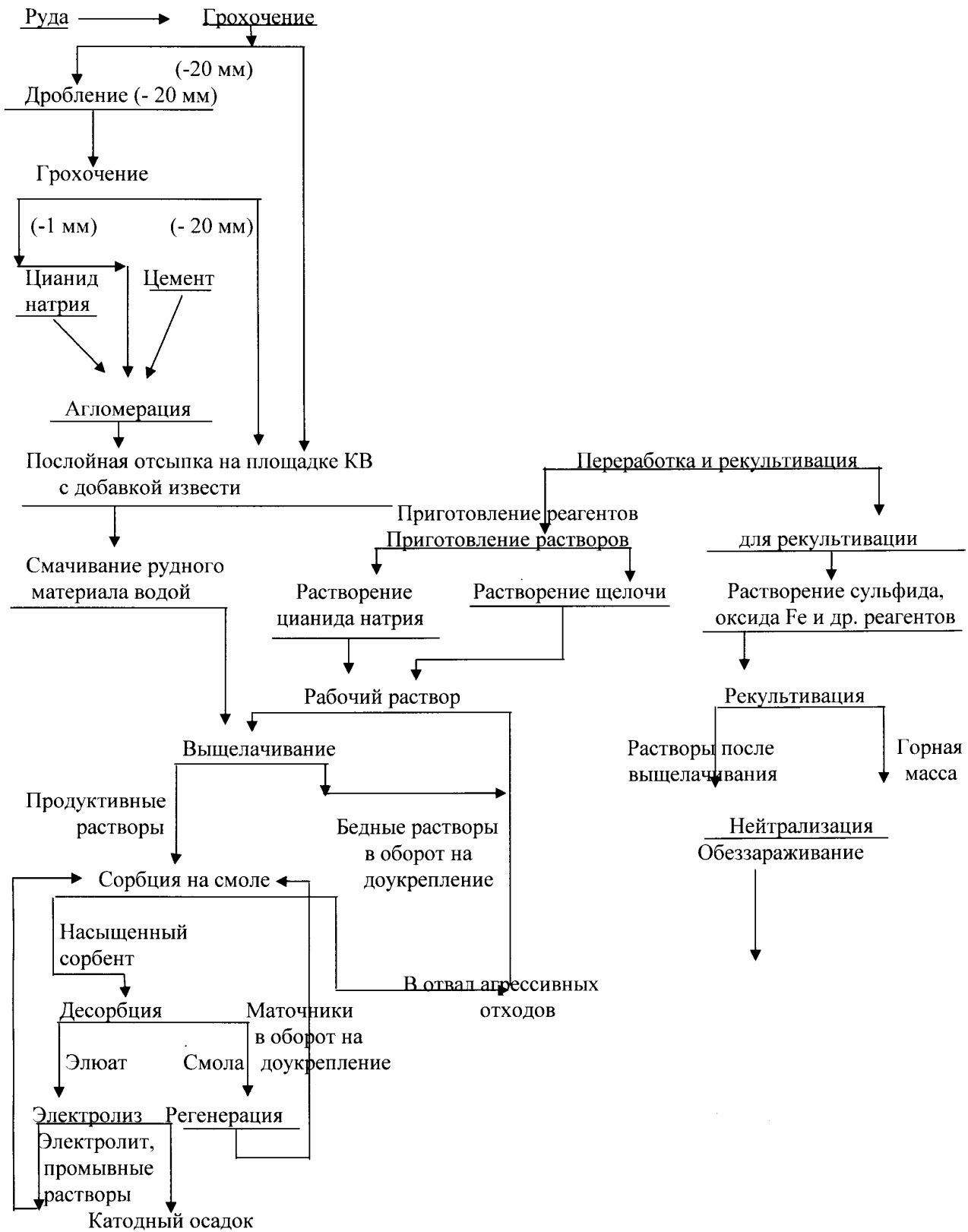
Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

**Приложение 2:
Принципиальная технологическая схема кучного выщелачивания
с применением цианидных реагентов**



Приложение 3:
Перечень стандартов и технических условий

ГОСТ 28058. Золото в слитках.

ТУ 117-2-26-76 (ТУ 48-16-26-76). Руда золотосодержащая кварцевая флюсовая.

ТУ 117-2-26-76 (ТУ 48-16-8-75). Концентрат гравитационный золотосодержащий.

ТУ 117-2-6-75 (ТУ 48-16-6-75). Концентрат флотационный золотосодержащий.

ТУ 117-2-1-78 (ТУ 48-16-1-78). Осадки цинковые золотосодержащие.

ТУ 117-2-3-78 (ТУ 48-16-3-78). Золото катодное.

ТУ 117-2-7-75 (ТУ 48-16-7-75). Золото лигатурное.

ТУ 117-2-9-80 (ТУ 48-0715-9-80). Золото самородное.

УДК 553.04:553.412

ББК 26.343

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям серебряных руд / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 49 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений серебряных руд. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче серебряных руд и их переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям серебряных руд», утвержденная Председателем ГКЗ СССР 1 ноября 1984 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям серебряных руд

1. Общие положения

1.1. Серебро – металл из группы благородных, имеющий плотность 10,49 г/см³, температуру плавления 960,5–961 °С. Обладает наивысшей из всех металлов электропроводностью и теплопроводностью, высокой отражательной способностью и ковкостью (из серебра можно выковать пластинки толщиной до 0,00025 мм, а из 1 г металла вытянуть проволоку длиной 1800 м), относительной инертностью к химическим превращениям и способностью образовывать сплавы и химические соединения с алюминием, цинком, оловом, золотом, медью, бериллием, редкоземельными металлами, платиноидами и др.

Серебро – промышленный элемент, имеющий широкое применение в кино- и фотоиндустрии и разнообразных областях электротехники и электроники. В электротехнике серебро, являющееся наилучшим из всех проводников, используется для изготовления проводов, выключателей, контактов, предохранителей, экранирующих оплеток проводов, припоев для пайки и сварки, портативных элементов питания, солнечных батарей, обогревателей для стекол машин. В электронике серебро и серебряносодержащие сплавы применяются для изготовления печатных плат, микросхем, мембранных выключателей, токопроводящих паст и клея. Уникальная отражательная способность серебра позволяет использовать его при изготовлении зеркальных покрытий на стекле, пластике и металлах. Значительное количество серебра расходуется на гальваническое покрытие деталей машин, работающих при повышенных нагрузках: так, в авиационных реактивных двигателях используются подшипники только с серебряным покрытием. Галогенные соединения серебра входят в состав фотохромного стекла, способного менять светопропускающую способность и блокирующего фиолетовые части солнечного спектра. Каталитические свойства и химическая стойкость серебра обусловили применение его в химической промышленности (для изготовления катализаторов, сосудов для хранения жидкостей и пр.).

Вместе с тем, возможности его использования не ограничиваются этими областями. Серебро сохраняет роль второго валютного металла и широко используется в ювелирной промышленности и в области тезаврации. Изделия из серебра во всем мире пользуются большим спросом. Ионы серебра, попадая в организм, оказывают на него благотворное, до конца не исследованное антибактерицидное воздействие. На этом основаны широкие перспективы применения серебра в медицине и фармацевтической промышленности. Помимо этого, серебро Сфера промышленного применения серебра непрерывно расширяется.

При сравнительно небольшой цене (15–20 центов США за 1 г.) потребность в серебре постоянно превышает его предложение.

1.2. Серебро – малораспространенный элемент земной коры, кларк его составляет 0,07 г/т. Его средние содержания таковы (г/т): в ультраосновных породах – 0,5, в основных – 0,1, в кислых – 0,05, в осадочных – 0,1–0,4.

В природе известно 60 серебряных и серебросодержащих минералов, подразделяемых обычно на шесть основных групп. Важнейшие промышленные минералы серебра приведены в табл. 1; наиболее часто встречающийся минерал – самородное серебро – содержит до 10% золота, 6–7% меди, до 1% железа, иногда сурьму, висмут, ртуть.

Таблица 1

Важнейшие промышленные минералы серебра

Минерал	Химическая формула	Содержание серебра, %	Плотность, г/см ³
I. Минералы, в которых серебро присутствует в металлической форме			
Самородное серебро	Ag	97,8–99,3	10,1–11,1
Электрум	Ag	30–70	12,5–15,6
Кюстелит	Ag ₃ Au	62–80	11,32–13,10
II. Простые сульфиды			
Аргентит (акантит)	Ag ₂ S	87,1	7,2–7,4
III. Сложные сульфиды (сульфосоли)			
Миаргирит	AgSbS ₂	36,72	5,1–5,3
Пираргирит	Ag ₃ SbS ₃	59,76	5,77–5,86
Стефанит	Ag ₅ SbS ₄	68,3	6,24–6,32
Прустит	Ag ₃ AsS ₃	65,4–67,6	5,6
Полибазит	(Ag, Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁	62,1–74,9	6,27–6,33
Матильдит	AgBiS ₂	28,33	6,9
Штроемейерит	CuAgS	53,0	6,15–6,3
Фрейбергит	(Ag, Cu) ₁₀ (Fe, Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃	до 17	4,4–5,1
IV. Антимониды			
Дискразит	Ag ₃ Sb	72,66	9,6–9,8
V. Теллуриды и селениды			
Гессит	Ag ₂ Te	63,3	8,24–8,45
Науманнит	Ag ₂ Se	73,15	7,9
Петцит	Ag ₃ AuTe ₂	42,0	8,74
VI. Галогены и сульфаты			
Кераргирит	AgCl	75,3	5,55
Эмболит	Ag(Cl, Br)	65,2	5,55–6,35
Бромидит	AgBr	57,44	6,35
Йодидит	AgI	45,95	5,7
Аргентоярозит	AgFe ₃ (SO ₄) ₂ ·[OH] ₆	18,9	3,6–3,8

В зоне гипергенеза серебряные руды легко окисляются с образованием галогенов (кераргирит) и вторичного самородного серебра; при этом нередко происходит обогащение серебром зоны окисления с образованием крупных его самородков.

По особенностям вещественного состава руд и промышленной значимости слагающих руды металлов среди месторождений серебра принято выделять две большие группы: собственно серебряных и комплексных серебросодержащих руд.

1.3. Значительная часть мировой добычи серебра производится попутно – по некоторым оценкам от 70 до 80% серебра добывается из комплексных серебросодержащих

месторождений: свинцово-цинковых, меднопорфировых, золоторудных, колчеданных, золото-мышьяково-сульфидных и золото-серебро-марганцовистых. При этом граница между собственно серебряными и серебросодержащими комплексными месторождениями весьма условна: месторождения с содержаниями серебра около 100 г/т могут рассматриваться как собственно серебряные (например, Большой Канимансур в Таджикистане), в то же время месторождения с содержаниями серебра 200–300 г/т – как комплексные серебросодержащие (Брокен Хилл в Австралии). Основные страны – продуценты серебра – Мексика, Перу, США, Канада, Австралия и Россия.

Обычно к собственно серебряным относят месторождения, в рудах которых удельная стоимость серебра превышает 50%.

1.4. Собственно серебряные месторождения представлены шестью основными типами руд (табл. 2), среди которых наиболее широко распространены золото-серебряные и свинцово-серебряные, связанные с риолитовыми, андезит-риолитовыми и гранит-порфировыми формациями вулканоплутонических поясов и зон тектоно-магматической активизации. В серебряных рудах всех типов месторождений в тех или иных количествах присутствуют золото, свинец, цинк, медь, олово и другие химические элементы в качестве попутных компонентов.

По масштабам выделяются месторождения: весьма крупные (более 10000 т серебра), крупные (2000–10000 т), средние (500–2000 т), мелкие (менее 500 т).

1.5. По геолого-структурным условиям, особенностям морфологии рудных тел, состава руд и рудовмещающих пород, определяющим методику разведки и разработку, месторождения серебряных руд подразделяются на следующие типы:

- жильные в терригенных и терригенно-карбонатных толщах миогеосинклиналей;
- жильные в вулканических поясах;
- минерализованные и жильные зоны в вулканических поясах;
- штокверки в вулканических поясах;
- минерализованные зоны в терригенных и терригенно-карбонатных (углистых) толщах миогеосинклиналей;
- залежи в вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах.

1.5.1. Жильные месторождения в терригенных и терригенно-карбонатных толщах миогеосинклиналей характеризуются кварцевыми и кварц-карбонатными трещинными жилами мощностью первые сантиметры – первые метры, протяженностью первые сотни метров – первые километры. Сближенные маломощные (0,1–0,15 м) ветвящиеся жилы иногда образуют жильные зоны.

По вещественному составу выделяются цинково-свинцово-серебряные, кобальт-никель-серебряные и кобальт-серебряные с ураном руды. К этому промышленному типу принадлежат уникальные по запасам месторождения, где помимо серебра добыто большое количество кобальта, меди, никеля, свинца, цинка, висмута, олова, мышьяка и урана. В связи со значительным вертикальным размахом оруденения (отдельные жилы с промышленными параметрами разведаны до глубины 1,6–1,9 км) и исключительно богатым содержанием серебра в рудах (500–1000 г/т, до 150 кг/т), эти месторождения разрабатываются шахтами на глубинах 600–700 м и более (Озерное-Асхатин, Верхнее Менкече – Россия; Ак-Тепе – Узбекистан).

1.5.2. Жильные месторождения в вулканических поясах приурочены преимущественно к третичным (крупнейшие месторождения мира), реже – к более древним вулканическим сооружениям, сложенным риолитовыми и риолит-андезитовыми комплексами. Рудные тела залегают или непосредственно в субвулканических интрузивах и вулканических толщах, или в терригенных комплексах субстрата.

По морфологии рудных тел выделяются месторождения, представленные протяженными ветвящимися жилами выполнения с четкими контактами и жилами замещения линзо-столбообразной и другой формы с неотчетливыми границами, определяемыми по данным опробования.

Таблица 2

Основные типы руд серебряных месторождений

Тип руд	Геотектоническая позиция	Магматическая формация, с которой ассоциируют месторождения	Породы, вмещающие оруденение	Рудные тела		Среднее содержание Ag, г/т	Масштаб оруденения	Распределение оруденения и характер рудных тел	Попутные полезные ископаемые и компоненты	Примеры месторождений (выделенные курсивом – эксплуатируются)
				Форма	Размеры, м: А – по простиранию; Б – по падению; В – мощность					
Золото-серебряный	Вулкано-плутонические пояса окраин континентов	Риолитовая, андезит-риолитовая	Риолиты, андезиты, их туфы	Минерализованные зоны дробления	А – 200–1000; Б – до 1000; В – 3–30	50–250	Крупный	Выдержанное, с рудными столбами	Au, Pb, Zn, Cu	Дукатское (Россия), Гуанохуато (Мексика)
Свинцово-серебряный	Зоны тектономагматической активизации	Риолитовая, гранит-порфировая	Риолиты, песчано-сланцевые и карбонатно-сланцевые	Минерализованные зоны дробления, залежи, линзы	А – от 200–500 до 1500; Б – 200–300; В – 2–50	100–1000	«	Равномерное в пределах рудных тел	Pb, Zn	Мангазейское, Гольцовое (Россия), Перроде-Паско (Перу), Высоковольтное (Узбекистан)
Уран-серебряный	То же	Монзонит-диоритовая	Кристаллические сланцы	Минерализованные зоны	А – 3000 и более; Б – до 2000; В – 3–20	60–1000	«	Равномерное	U, Pb, Zn	Кер д'Ален (США)
Арсенидно-серебряный	Парагеосинклинальные прогибы обрамлений щитов	Габбро-диабазовая	То же	Жилы и жильные зоны	А – 100– 500 Б – 200– 300; В – 0,2–3	6000–30000	«	Неравномерное, гнездовое, столбообразное	Co, Ni, Bi	Кобальт (Канада)
Серебряно-порфировый	Вулкано-плутонические пояса	Риолитовая	Риолиты и их туфы	Штокверки	А – 300– 1200; Б – 100– 200; В – 30–50	60–180	Средний	Равномерное	Se	Деламар (США), Реаль-де-Анхелес (Мексика)
Серебряный стратиформный	То же	–	Песчаники, сланцы, туфы липаритов	Стратифицированные залежи прожилково-вкрапленных руд	А – до 300; Б – 100– 200; В – от первых метров до 100	70–100	«	«	Pb, Zn	Деламар (США)

По составу руд (с учетом попутных компонентов) выделяются олово-серебряные, золото-серебряные, свинцово-серебряные и медно-висмутово-серебряные месторождения. В свинцово-серебряных значительную долю ценности руд составляют свинец и цинк, а также висмут, кадмий, сера сульфидная и олово, а в медно-висмутово-серебряных – медь, висмут и золото.

Содержание серебра по рудным телам изменяется в больших пределах, среднее по месторождению находится на уровне 200–500 г/т в сульфидных рудах, до 3 кг/т – в окисленных (Тидит, Арылахское, Гольцовое, Таежное – Россия).

1.5.3. Минерализованные и жильные зоны в вулканических поясах – крупные месторождения, приуроченные к вулкано-купольным поднятиям. Структура определяется системами разрывных нарушений; линейновытянутые мощные зоны разломов являются рудоконтролирующими и, как правило, рудовмещающими. Для данных месторождений характерны рудные тела следующих структурно-морфологических типов:

- крупные крутопадающие минерализованные зоны протяженностью более 1 км и мощностью до 10 м, сложного строения, включающие осевые жилы и участки прожилково-вкрапленных руд; оконтуриваются, как правило, по опробованию;
- минерализованные зоны меньшие по размерам, иногда согласные с рудовмещающими вулканитами; имеют более простую форму и строение; оконтуриваются в геологических границах и по данным опробования;
- жильные зоны и жилы с четкими контактами; характеризуются небольшой протяженностью и мощностью 1–2 м.

Руды имеют преимущественно кварц-адуляровый состав, содержат марганцевые и марганценозные карбонаты, родонит и оксидные минералы марганца. Серебросодержащими минералами являются аргентит, самородное серебро и сульфосоли серебра, а также оксидные минералы марганца, сульфиды свинца и цинка. Содержание серебра в рудах составляет 200–500 г/т и более. По вещественному составу руды представлены собственно серебряным и золото-серебряным типами. Для руд собственно серебряного типа характерно незначительное содержание других полезных компонентов, в том числе золота, отношение которого к серебру обычно не превышает 1:200, а также свинца и цинка или меди и висмута. В золото-серебряных рудах важную роль приобретает золото (Дукатское, Агинское, Асачинское, Тарынское – Россия)

1.5.4. Штокверки в вулканических поясах образуют крупные месторождения. Рудные поля и месторождения размещены на пересечении протяженных зон разломов в пределах отрицательных структур, выполненных вулканогенно-осадочными породами, интродуцированными многочисленными субвулканическими телами риолитов, гранит-порфиоров, дацитов.

Форма штокверков определяется общей конфигурацией субвулканических сооружений и вулканических кальдер. К зонам разломов в пределах штокверков часто приурочены крупные, но весьма не выдержанные по мощности жилы сложной формы. Руды прожилково-вкрапленные и вкрапленные.

Участки с промышленными рудами не имеют четких геологических границ и выявляются по данным опробования. Серебро в рудах представлено самостоятельными ассоциациями самородного серебра, аргентита, пираргирита, прустита, науманнита, в меньшей степени микровключениями этих минералов в пирите, тетраэдрите – теннантите, халькопирите, галените и сфалерите. Содержания серебра 60–180 г/т.

Среди месторождений этого типа по составу руд выделяются золото-серебряные, свинцово-серебряные и олово-серебряные. Штокверковые месторождения серебряных руд по аналогии с меднопорфировыми, могут быть отнесены к серебропорфировым. (Б. Канимансур – Таджикистан, Деламар – США).

1.5.5. Минерализованные зоны в терригенных и терригенно-карбонатных толщах миогеосинклиналей размещены, как правило, в складчатых областях.

Все месторождения этого типа контролируются разрывными нарушениями и их сочленениями, которые определяют внутреннее строение месторождения – количество, морфологию и условия залегания рудных тел, их размеры, распределение в контуре минерализованной зоны.

По составу руд все известные месторождения этого типа являются золото-серебряными. Продуктивность месторождений определяется концентрацией самородного серебра, акантита, фрейбергита и серебросодержащих пирита и арсенопирита; содержание серебра находится на уровне 20–200 г/т. Характерно высокое фоновое содержание серебра, в связи с чем на морфологию рудных тел при их оконтуривании большое влияние оказывает бортовое содержание.

Рудные тела круто- и пологопадающие, простого и сложного строения. Рудные тела простого строения – линзы, пологие жилы – имеют протяженность в сотни метров по простиранию и десятки – первые сотни метров по падению, мощность их колеблется в пределах 5–15 м, редко достигая в раздувах 40–50 м. Характерной особенностью их является высокая сплошность при неравномерном распределении промышленной рудной минерализации в плоскости тела. Контуров рудных тел обычно простые, ровные.

Рудные тела сложного строения – типичные уплощенные столбообразные залежи различного падения крестообразной, серповидной, линзоподобной формы в плане; границы рудных тел очень сложные, извилистые. Размеры их значительны: по простиранию прослеживаются на сотни метров – первые километры, по падению – на десятки – сотни метров; мощность изменяется в широких пределах: от 1–2 до 70–80 м. Внутреннее строение характеризуется наличием обогащенных участков, приуроченных к линиям пересечения разнонаправленных разрывных структур. Нередко в контуре рудных тел фиксируются значительные по размерам участки некондиционных руд и пустых пород, что еще более осложняет их строение. (Мангазейское – Россия, Высоковольное – Узбекистан).

1.5.6. Месторождения типа залежей локализуются в вулканогенных, реже вулканогенно-осадочных отложениях (фанерозойские) или кристаллических сланцах и амфиболитах (докембрийские), а также на контакте вулканогенно-осадочных толщ с массивами гранитоидов в зонах скарнирования. Залежи, выделяемые по данным опробования, представляют собой либо согласные с залеганием пород пластообразные, ленто- и линзовидные рудные тела, размещающиеся, как правило, на нескольких гипсометрических уровнях в пределах единой рудоносной зоны, либо секущие жилообразные, трубообразные и другой сложной формы. Преобладающими являются тела значительных размеров – от сотен до первых тысяч метров по простиранию, сотни метров по падению, первые метры – десятки метров мощностью; характерен большой диапазон колебаний мощности (от десятков сантиметров до 100 м в пределах отдельных участков месторождений).

Для месторождений этого типа характерен многокомпонентный состав руд, при этом концентрация серебра находится в прямой значимой корреляционной зависимости от содержания свинца и меди. Серебро в виде микровключений аргентита, полибазита, пираргирита, самородного серебра, электрума, стефанита распределяется в главных рудных минералах; наиболее сереброносными являются галенит и блеклые руды; самостоятельные ассоциации минералов серебра встречаются редко, образуя обогащенные серебром участки.

Содержания серебра в рудах варьируют в широких пределах: максимальное значение отмечается в барит-полиметаллических разностях руд. Часто обнаруживается тенденция неравномерного уменьшения содержания серебра с глубиной, что обусловлено изменениями в пространстве состава минеральных ассоциаций. (Деламар – США).

1.5.7. Интерес для освоения могут представлять **техногенные месторождения**. К ним относятся спецотвалы забалансовых руд, добытых в процессе разработки серебросодержащих месторождений, серебросодержащие отходы (хвосты, шламы), образующиеся в процессе обогащения руд или переработки серебросодержащих концентратов (огарки, пеки, золы) комплексных месторождений. Отличительные черты

строения этих месторождений и состава серебросодержащего материала, сформировавшегося под влиянием техногенного и последующего гипергенного воздействия, требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в «Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений, утвержденном Председателем ГКЗ* 25 февраля 1994 г.

1.6. В России промышленными источниками серебра являются комплексные руды (серебро-свинцово-цинковые; серебросодержащие медные, свинцовые и полиметаллические) и золото-серебряные. В малосульфидных золото-серебряных и серебряных рудах (доля сульфидов редко превышает 3–5%) наряду с самородным серебром и кюстелитом присутствуют сульфиды – акантит, прустит, пирсеит, стефанит, полибазит, пираргирит и др. В небольших концентрациях встречаются селениды (агвиларит, науманнит) и теллуриды серебра (гессит, петцит, сильванит). Большинство этих руд сложено кварцем (до 80%), полевыми шпатами (5–15%), слюдами, силикатами (хлориты, родонит и др.) и карбонатами. В серебросодержащих рудах с большой (до 80%) долей сульфидов (серебро-свинцовые, серебро-медно-свинцовые, серебро-свинцово-цинковые и др.) основная масса серебра представлена наряду с простыми сульфидами сульфосолями серебра и серебросодержащими блеклыми рудами. Меньшее значение в них имеют самородное серебро и теллуриды.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения серебра месторождения серебряных руд соответствуют 2-, 3- и 4-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ко **2-й группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные крупными минерализованными зонами (протяженностью около 1 км и более, мощностью 5–10 м и более) или штокверками (площадью более 1 км²) сложного строения, а также; значительными по размерам (1–3 км по простиранию, первые сотни метров по падению, с устойчивыми мощностями от первых метров и более) пласто- и линзообразными залежами. Рудная минерализация распределена неравномерно. (Нежданнинское, Карамкенское, Дукатское, Майское, Сибаяевское, Блявинское и др. – Россия).

К **3-й группе** относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения, представленные средними по размерам минерализованными и жильными зонами (протяженностью от сотен до тысячи метров), жилами с изменчивой мощностью (от нескольких сантиметров до 3 м), линзо- и столбообразными залежами (первые сотни метров по простиранию и падению, мощность 1–2 м) сложного строения. Распределение оруденения весьма неравномерное, нередко прерывистое. (Тидид, Гольцовое, Агинское, Аметистовое и др. – Россия; Большой Канимансур – Таджикистан).

К **4-й группе** относятся месторождения (участки) весьма сложного геологического строения, представленные мелкими по размерам (протяженностью первые десятки метров) единичными или сближенными маломощными (до 0,3–0,4 м) жилами, линзообразными и столбообразными залежами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений (участки с высокими содержаниями серебра перемежаются с безрудными).

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года №69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – Территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций выполняющих государственную экспертизу будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождений к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (приложение 1).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы для месторождений серебряных руд обычно составляются в масштабах 1:1 000–1:5 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел или зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:5 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, наличии зональности в распределении оруденения, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых выявлены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены канавами, шурфами с рассечками, траншеями, расчистками, пройденными по простиранию рудных тел, неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень обогащения ее серебром, ширину развалов окисленных руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств руд и провести подсчет запасов первичных, смешанных и окисленных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка месторождений серебряных руд на глубину проводится горными выработками и скважинами с использованием геофизических методов исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений серебра и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы серебряных руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать характер пространственного распределения минералов серебра, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное истирание при бурении скважин и выкрашивание при опробовании в горных выработках серебросодержащих или пороодообразующих минералов.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования.

Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность определения выхода керна линейным методом следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний полезных компонентов и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного, шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При бурении по окисленным рудам, обладающим повышенной склонностью к избирательному истиранию, должны быть приняты меры, обеспечивающие достоверное определение содержаний серебра и мощностей рудных интервалов в зоне окисления. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания серебра в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, рекомендуется выполнять во всех скважинах, пробуренных на месторождении; при этом необходимо обеспечить возможность дифференциальной интерпретации результатов измерений с целью последующего использования их для оценки неравномерности оруденения в недрах.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений используются при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров заверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно производить искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки бурением рекомендуется применять многозабойные скважины и веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, распределения в них серебра, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должна быть изучена в достаточном объеме на представительных участках по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – сгущением сети ортов, квершлаггов, подземных горизонтальных скважин.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел, исходя из их размеров, мощности, внутреннего строения, минеральной формы и характера распределения серебра; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей разведочных выработок даны по ограниченному кругу разведанных серебряных месторождений в России и других странах СНГ. Эти сведения могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям. При разведке месторождений, характеризующихся комплексным составом руд, следует учитывать возможность распространения серебряной минерализации за контуром рудных тел ведущего металла.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На разведанных месторождениях запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й и 4-й групп – по категории С₁. На разведанных месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при
разведке
некоторых месторождений серебряных руд в России и других странах СНГ**

Группа месторождений	Характеристика месторождений	Формы рудных тел	Виды выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов			
				В		С ₁	
				по падению	по простиранию	по падению	по простиранию
2-я	Крупные минерализованные зоны, штокверки, значительные по размерам залежи сложного строения	Минерализованные зоны	Штреки	40–60	Непрерывное прослеживание	80–120	Непрерывное прослеживание
			Восстающие	Непрерывное прослеживание	80–120	Непрерывное прослеживание	120
			Рассечки, кваршлыги	–	20–30	–	40–60
			Скважины	20–40	40–60	40–80	80–120
		Штокверки	Штреки	40–60	Непрерывное прослеживание	–	Непрерывное прослеживание
			Кваршлагги, горизонтальные скважины	–	20–40	–	40–80
			Скважины	20–40	40–60	40–80	80–120
		Залежи	Штреки	50–60	Непрерывное прослеживание	–	Непрерывное прослеживание
			Восстающие	Непрерывное прослеживание	80–120	Непрерывное прослеживание	120
			Орты, горизонтальные скважины	–	20–30	–	40–60
			Скважины	30–40	40–50	50–75	75–100
		3-я	Средние минерализованные и жильные зоны, жилы, залежи сложного строения	Минерализованные и жильные зоны	Штреки	–	–
Восстающие	–				–	Непрерывное прослеживание	80–120
Рассечки	–				–	–	20–30
Скважины	–				–	20–30	40–60
Жилы	Штреки			–	–	40–60	Непрерывное прослеживание
	Восстающие			–	–	Непрерывное прослеживание	80–120
	Рассечки			–	–	–	10–20
	Скважины			–	–	40–60	40–60
Залежи	Штреки			–	–	40–60	Непрерывное прослеживание
	Восстающие			–	–	Непрерывное прослеживание	80–120
	Орты, горизонтальные скважины			–	–	–	20–30
	Скважины			–	–	30–40	50–60

Примечание. На оцененных месторождениях разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

Для месторождений с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков балансовых руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятой геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его

геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться с натурой специально назначенными комиссиями в установленном порядке. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

Целесообразность применения ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования* на месторождениях серебряных руд подтверждена положительным опытом использования рентгенорадиометрического метода при опробовании подземных горных выработок на Дукатском месторождении. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

или сопоставлением должна быть доказана возможность использования при подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться раздельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса, который не должен превышать установленную кондициями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов серебра деление керна при опробовании на половинки не производится.

Горные выработки, намечаемые для вскрытия и пересечения мощных рудных тел (орты, квершлаг), следует ориентировать перпендикулярно направлению максимальной изменчивости оруденения. Выработки, намечаемые для прослеживания маломощных рудных тел (штреки, восстающие), полностью вскрываются их забоями – вдоль этого направления; для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживающих выработках обычно не превышает 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте от подошвы выработки. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Данные опробования штреков и восстающих, не вскрывающих рудные тела на всю мощность, не могут быть использованы при подсчете запасов; возможность использования данных опробования восстающих, вскрывающих рудные тела на полную мощность, должна быть в каждом случае обоснована исходя из особенностей распределения обогащенных серебром участков (рудных столбов).

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения, руководствуясь «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), кратной 1 м. Показатели радиометрической сепарации прогнозируются по результатам дифференциальной интерпретации геофизических данных при линейных размерах пробы,

соответствующих куску максимальной крупности 100–200мм.

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения и надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать ± 10 –20% с учетом изменчивости плотности руд).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования в случае деления керна на половинки – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудного интервала. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных бороздового и геофизического опробования по интервалам, для которых доказано отсутствие выкрашивания серебросодержащих или породообразующих минералов при отборе проб.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели рекомендуется также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения плотности в целиках, и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения, с учетом минеральной формы серебра, крупности выделений и характера его распределения. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки следует систематически контролировать по всем операциям в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки. Необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам, включающим проведение экспериментальных работ по определению минимальных массы и количества отбираемых на анализ навесок.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержание их в руде определяется анализами проб химическими, пробирным, спектральным, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в серебряных рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Все рядовые пробы руд анализируются на серебро, а также на попутные компоненты (свинец, цинк, золото, медь, серу, олово, висмут), содержание которых может учитываться при выделении рудных интервалов и оконтуривании рудных тел. Другие полезные компоненты (селен, теллур и др.) и вредные примеси (мышьяк, углерод и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов (бортовое и минимальное промышленное содержания). В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% их общего количества, но в любом случае должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период по каждому классу содержаний.

В практике некоторых зарубежных компаний, занимающихся разведкой и разработкой серебрянорудных месторождений, используется более простая, но достаточно эффективная, процедура контроля за качеством отбора, подготовки и анализа проб, основанная на систематическом включении в каждую партию из 20 поступающих в лабораторию рядовых проб по одной пустой, дубликатной и эталонной пробе, формируемых в следующем порядке.

Пустые пробы отбираются из подготовленной на начальной стадии разведки месторождения гомогенизированной валовой пробы массой не менее 20 кг, близкой по составу к серебро-вмещающим породам месторождения. Материалом для валовой пробы служит безрудный керн или породы соответствующего обнажения. Отсутствие значимых количеств серебра в валовой пробе подтверждается многочисленными анализами не менее чем в двух различных лабораториях. Пустая проба включается в начало потока подготовки проб и имеет номер, последовательный с другими пробами.

Дубликатные пробы выбираются в полевых условиях произвольно. При опробовании бурового шлама они готовятся путем его деления. При опробовании керна деление производится после первичной стадии дробления.

Эталонные пробы, содержание серебра в которых известно с приемлемым уровнем точности, должны быть, насколько это возможно, близки к литологическому и минеральному составу вмещающих пород и рудной минерализации месторождения.

Концентрация серебра в эталонных пробах должна соответствовать трем основным выделяемым на месторождении классам содержаний, близким к экономически обоснованным величинам содержаний – бортового, среднего и высокого. Эталонные пробы отбираются из заранее подготовленных валовых проб массой не менее 20 кг, составленных из крупнозернистого материала, остающегося от ранее анализированных проб керна или бурового шлама. Истертый и гомогенизированный материал валовых проб, должен быть проанализирован по меньшей мере в пяти независимых лабораториях. Эталонные пробы имеют последовательные с рядовыми пробами номера, которые не должны быть известны для лиц, проводящих анализы.

Использование пустых, дубликатных и эталонных проб обеспечивает регулярный и достаточно эффективный контроль за качеством подготовки рядовых проб (возможное заражение) и проведения анализов (выявление систематических и установление величины случайных погрешностей) в течении всего срока разведки и в основном средствами собственной лаборатории.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего, контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки – аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов – оценивается возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.10. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание должно быть уделено изучению серебра, форм его нахождения, серебросодержащих рудных и жильных минералов, определению их количества, выяснению

их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности классов.

Таблица 4

Предельно допустимые среднеквадратические погрешности по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ag, Au, Se и Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ag, Au, Se и Te, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Ag	>500	2,5	Sn	>5	3,0
	300–500	5,0		1–5	6,0
	100–300	7,0		0,5–1	7,5
	50–100	12		0,2–0,5	10
	20–50	13		0,1–0,2	15
	10–20	15		0,05–0,1	20
	1–10	22		0,025–0,05	25
Au дисперсное (до 0,1 мм)	>128	4,0	S	30–40	1,2
	64–128	4,5		20–30	1,5
	16–64	10		10–20	2,0
	4–16	18		2–10	6,0
	1–4	25		1–2	9,0
	0,5–1	30		1–3	8,0
Au средней крупности (до 0,6 мм)	>128	7,5	Bi	0,6–1	8,5
	64–128	8,5		0,2–0,6	11
	16–64	13		0,05–0,2	15
	4–16	25		0,02–0,05	20
	0,5–4	30		50–100	20
Au крупное, часто видимое	>128	10	Se	20–50	25
	64–128	12		5–20	30
	16–64	18		1–5	30
	4–16	25		50–100	22
	<4	30	20–50	25	
Pb	>10	2,5	Te	5–20	30
	5–10	3,5		1–5	30
	2–5	6,0		1–2	5
	1–2	8,5	Ni	0,5–1	7
	0,5–1	11		0,2–0,5	10
	0,2–0,5	13		0,02–0,2	20
	0,1–0,2	17		0,5–1	3,5
Zn	>10	2,5	Co	0,1–0,5	6
	5–10	3,5		0,05–0,1	10
	2–5	6,0		0,01–0,05	25
	0,5–2	11	U	0,03–0,1	6,5
	0,2–0,5	13		0,01–0,03	8,0
	0,1–0,2	17		<0,01	15
	0,02–0,1	22		0,5–2	6,0
Cu	>5	2,5	As	0,05–0,5	16
	3–5	4,5		0,01–0,05	25
	1–3	5,5		<0,01	30
	0,5–1	8,5			
	0,2–0,5	13			
	0,1–0,2	17			
	0,05–0,1	25			

Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то величины предельных значений относительных среднеквадратических погрешностей определяют интерполяцией.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.12. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам при наличии горных выработок должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

3.13. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие отдельной выемке, требующие различных способов переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения проводятся по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с временным методическим руководством «Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки», утвержденным заместителем Министра цветной металлургии СССР и заместителем Министра геологии СССР в 1983 г. и стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

4.2. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума

Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания рудовмещающими породами.

4.3. При исследовании обогатимости серебряных руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивается дробимость и измельчаемость, проводится ситовый, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

4.4. Природная и технологическая типизация руд на месторождениях серебра производится: по степени окисления; присутствию попутных промышленных компонентов (золото, медь, свинец, цинк) или вредных примесей (мышьяк, углистые вещества); текстурно-структурным особенностям руд.

Наиболее часто различают собственно серебряные, золото-серебряные, серебро-свинцовые, серебро-свинцово-цинковые, серебро-медные и серебро-медно-цинковые руды. Известны также серебросодержащие руды, промышленное значение в которых имеют кобальт, олово, сурьма, никель, вольфрам, висмут, уран, пирит, барит. Золото-серебряные руды с содержанием кремнезема не менее 60% могут быть использованы в качестве флюсов на медеплавильных заводах. В этом случае промышленную ценность в рудах, помимо благородных металлов, имеет и кварц.

По степени окисления различают первичные (сульфидные), частично окисленные и окисленные серебросодержащие руды. В первичных рудах массовая доля сульфидных минералов колеблется от десятых долей процента до 60–80%. Характерная особенность окисленных руд – наличие в них оксидов и гидроксидов железа, а в комплексных рудах –

оксидов, сульфатов и карбонатов цветных металлов. Частично окисленные руды наряду с сульфидными содержат минералы, характерные для окисленных руд.

Основные технологические типы серебросодержащих руд и показатели извлечения на примере отдельных фабрик приведены в табл. 5.

4.5. Многообразие минеральных форм серебра и присутствие в рудах других ценных компонентов требуют применения комбинированных технологий, включающих разные способы обогащения и металлургии. Для извлечения крупных ценных минералов (самородных серебра и золота, акантита, хлораргирита, серебросодержащего галенита, касситерита и других) применяют гравитационные способы; для выщелачивания большинства серебряных минералов, а также золота – цианирование. Флотацией извлекают серебряные минералы, золото, сульфидные минералы меди, свинца, цинка, кобальта, железа и других металлов.

Окисленные и частично окисленные серебряные руды перерабатывают по традиционной технологии с применением цианирования при измельчении материала до крупности 60–90% класса –0,074 мм с последующим осаждением серебра из растворов цинком.

Первичные серебро-золотые и золото-серебряные руды подвергаются обогащению по гравитационно-флотационной схеме с получением коллективного концентрата благородных металлов. В ряде случаев для повышения извлечения ценных компонентов хвосты направляют на цианирование. При переработке полученных концентратов возможно применение технологии сорбционного цианирования, совмещающей операции выщелачивания золота и серебра и сорбцию этих металлов на ионообменных смолах или активированных углях (Карамкенская фабрика, Россия), или пирометаллургии (прямая плавка, хлоридная плавка, плавка на металлизированный штейн), обеспечивающей более высокие показатели извлечения металлов. Серебряные руды, представленные разрушенным материалом, трещиноватыми и пористыми кусками, в последние годы начали перерабатывать по технологии кучного цианидного выщелачивания.

Серебро-свинцовые и серебро-свинцово-цинковые руды обогащаются по гравитационно-флотационным разветвленным схемам с получением селективных концентратов цветных металлов, а также пиритного концентрата, который подвергается цианированию для извлечения серебра. Причем гравитация используется как на исходной руде, так и на хвостах флотации. Иногда на цианирование направляют и хвосты обогащения.

Серебро-медные, серебро-медно-цинковые и другие комплексные руды обогащаются преимущественно флотацией по традиционным коллективно-селективным или селективным схемам, а пиритный серебросодержащий концентрат обычно цианируют.

При обогащении комплексных руд основная часть серебра концентрируется в свинцовом и медном концентратах, а меньшая – в цинковом и пиритном.

Серебро и золото из концентратов цветных металлов извлекаются попутно в процессах металлургической переработки, причем наиболее эффективно из свинцовых, в которые при обогащении и стремятся максимально извлечь ценные компоненты.

Золото-серебро-марганцовые руды с тонкодисперсным серебром, ассоциированным с оксидами марганца, относятся к категории упорных. Переработку таких руд в промышленности осуществляют по двум комбинированным технологиям: обработка измельченной руды в водной среде сернистым газом; хлорирующий обжиг руды, цианирование огарка. По первой технологии из руды помимо золота и серебра получают товарный марганцевый продукт.

Перспективным направлением совершенствования технологии переработки всех типов руд (особенно комплексных) является применение процесса сухой крупнокусовой радиометрической сепарации. Он призван решить задачи удаления отвальной породы для повышения качества сырья и разделения на минеральные разновидности с целью повышения эффективности их последующего обогащения. Поскольку современные методы

Таблица 5

Основные технологические типы серебросодержащих руд

Показатели	Тип руд					
	серебряные окисленные	серебро-золотые окисленные	серебро-золотые первичные	серебро-свинцовые первичные	серебро-свинцово-цинковые первичные	серебро-полиметаллические первичные
Содержание серебра, г/т	800–1000	100–200	50–250	600–800	50–500	50–300
Содержание попутных металлов:						
золота, г/т	–	2–6	4–20	–	–	1,0–7,0
свинца, %	–	–	–	0,4–0,6	0,4–0,5	0,3–0,7
цинка, %	–	–	–	–	0,5–0,6	0,8–1,0
Извлечение в цианистый раствор, %:						
серебра	90–95	85–90	80–85	–	–	–
золота	–	90–92	90–95	–	–	–
Извлечение в концентраты, %:						
серебра	–	–	–	92–98	86–93	75–80
золота	–	–	–	–	–	80–84
свинца	–	–	–	90–94	82–92	76–80
цинка	–	–	–	–	80–90	72–76
Типичные месторождения	Лорето (Мексика)	Кохномай (Япония)	Карамкенское, Джульетта (Россия)	Саншайн (США)	Большой Канимансур (Таджикистан), Торбриг (Канада)	Дукатское (Россия), Портовело (Эквадор)

радиометрической сепарации недостаточно чувствительны для регистрации таких низких концентраций серебра (менее 200–300 г/т), применение этого процесса основано на реализации косвенных признаков разделения по корреляции серебра (прямой или обратной) с другими компонентами.

В результате промышленной переработки серебросодержащих руд получают следующие товарные продукты: золото- и серебросодержащие кварцевые флюсовые руды; гравитационные золото-серебряные и серебряные концентраты; флотационные золото-серебряные и серебряные концентраты; флотационные серебросодержащие медные концентраты; флотационные серебросодержащие свинцовые концентраты; флотационные серебросодержащие цинковые концентраты; золото- и серебросодержащие цинковые осадки; золото катодное; золото лигатурное (золото-серебряные слитки).

Качество товарных продуктов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 6 приведены ранее применявшиеся в СССР технические требования к флюсовым рудам, а также перечень стандартов к другим видам продукции (приложение 2).

Таблица 6

Требования к химическому составу, крупности классов и сортов флюсовых руд

Класс и сорт	Содержание, %				Крупность, мм
	кремнезема общего, не менее	глинозема, не более	мышьяка, не более	сурьмы, не более	
Отражательный					0–10
I сорт	70	8	0,8	0,3	
II сорт	65	10	0,8	0,3	
III сорт	60	13	0,8	0,3	
Конверторный					10–50
I сорт	70	8	0,8	0,3	
II сорт	65	10	0,8	0,3	
III сорт	62	12	0,8	0,3	
Шахтный					50–120
I сорт	90	6	0,8	0,3	
II сорт	75	8	0,8	0,3	
III сорт	68	9	0,8	0,3	

4.6. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10%, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

4.7. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической, нейтронно–активационной и др.) порционной сортировки в транспортных емкостях или селекции кускового материала в соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в ТЭО кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;
- оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчету эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твердых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

5.2. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным

Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г. и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями месторождения должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии; инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и, при необходимости, нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Современные способы разработки месторождений серебра не отличаются многообразием; применяются в основном подземный и открытый способы добычи руд с традиционными системами. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

5.4. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониозоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.5. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалы пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

5.6. Основная цель **экологических исследований** заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность,

степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений серебряносодержащих руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением цианирования и флотации в качестве ведущих методов обогащения, присутствием в качестве попутных компонентов свинца, цинка, меди, золота, селена и других химических элементов.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.7. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

5.8. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений серебряных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания балансовых и забалансовых руд или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество их в

подсчетном блоке определяются статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений серебряных руд.

6.3.1. Запасы **категории А** подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки, горно-подготовительных и нарезных выработок. К ним относятся запасы, подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы **категорий В** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-й группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых скважинами и горными выработками соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории В могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудонасыщенности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

6.3.3. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях результатами работ на участках детализации или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На месторождениях с прерывистым оруденением при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых, забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически. При этом изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выявление рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд.

Контур запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качество руд.

6.3.4. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены единичными скважинами или горными выработками, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и установленных закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержания серебра.

6.4. Запасы подсчитываются раздельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольнями, шахтами), по выделенным промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При невозможности оконтуривания количественные соотношения различных промышленных (технологических) типов и сортов руд определяются статистически.

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

Балансовые и забалансовые запасы подсчитываются на сухую руду с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

6.5. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием серебра (золота) («ураганские» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганских» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержания серебра по данным сгущения разведочной сети).

Для ограничения влияния боковых пересечений можно использовать граничные содержания серебра в рядовых пробах (не пересечениях) по соответствующему перцентиллю. Этот способ ограничения выдающихся содержаний используется зарубежными горнорудными компаниями, как предварительная процедура при геостатическом моделировании.

6.6. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.7. Запасы руды, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.8. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, коэффициенту рудоносности содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных государственной экспертизой и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе об остатке утвержденных запасов), представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды и металла в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных запасов при эксплуатационной разведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления должны сопровождаться графикой, отражающей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения и морфологии рудных тел.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели

горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором по степени разведанности утвержденные запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.9. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), и по интервалам опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $1/4$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных

блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

6.10. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.11. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6.12. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Рекомендациями по содержанию, оформлению, и порядку представления материалов подсчета запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

Требования к представлению материалов подсчета запасов в электронном виде сформулированы в «Рекомендациях по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов подсчета запасов, ТЭО кондиций и первичной геологической информации в электронном виде».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности серебрянорудные месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных либо разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** серебряных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для всех вновь открытых месторождений. В отчете должна содержаться информация, достаточная для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы

обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможном выходе и качестве товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и др. экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение опытно-промышленной разработки диктуется, обычно, необходимостью выявления особенностей геологического строения (изменчивость морфологии и внутреннего строения) рудных тел, горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т.д.) решение которых возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии

рудных тел, качестве и количества запасов подтверждены на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей месторождения;

- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений определяется в каждом конкретном случае по результатам государственной геологической экспертизы подсчета запасов и оформляются в виде рекомендации. Запасы категории C_2 на месторождениях 4-й группы по сложности геологического строения при проектировании отработки месторождений учитываются полностью. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%), стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т.е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);

- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экологические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции) может быть устранено с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требует пересчета и переутверждения запасов.

ПРИЛОЖЕНИЕ (СПРАВОЧНОЕ):

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad \cdot(1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad \cdot(1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в%) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad \cdot(1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad \cdot(1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

Приложение 2 (справочное):**Перечень стандартов и технических условий**

- ТУ 117-2-26–76 Руда золотосодержащая кварцевая флюсовая
- ТУ 117-2-8–75 Концентрат гравитационный золотосодержащий
- ТУ 117-2-6–75 Концентрат флотационный золотосодержащий
- ТУ 48-7-13–89 Концентрат медный
- ТУ 48-6-116–90 Концентрат свинцовый
- ТУ 48-6-117–90 Концентрат цинковый
- ТУ 117-2-1–78 Осадки цинковые золотосодержащие
- ТУ 117-2-3–78 Золото катодное
- ТУ 117-2-7–75 Золото лигатурное
- ТУ 48-43-472–89 Концентрат серебросодержащий, коллективный
- ГОСТ 28595–90 Серебро в слитках

УДК 553.04:553.495/.493.68

ББК 26.341

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных металлов / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 68 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных месторождений атомно-энергетического сырья. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче атомно-энергетического сырья и его переработке.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных руд», утвержденная Председателем Государственной Комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР 1986 г.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных металлов

1. Общие сведения

1.1. Уран. Металл светло-серого цвета, легко поддается обработке, сравнительно мягкий, на воздухе темнеет, покрываясь пленкой оксида. Кларк урана – $2,5 \cdot 10^{-4}\%$, т.е. выше кларков многих редких металлов (Mo, W, Hg). Атомный номер $Z=92$, атомная масса $A=238,029$. Существует в трех кристаллических модификациях. Плотность $18,7-19,5 \cdot 10^3$ кг/м³, твердость по Бринеллю $19,6-21,6 \cdot 10^2$ Мн/м² ($200-220$ кгс/мм²), слабый парамагнетик (удельная магнитная восприимчивость $1,72 \cdot 10^{-6}$). Температура плавления 1135 °С. Радиоактивен, в порошке пирофорен, в растворах токсичен.

Уран химически весьма активный элемент. Он быстро окисляется на воздухе, разлагает воду при 102 °С, легко реагирует со всеми неметаллами, образует ряд интерметаллических соединений. Уран относится к III группе периодической системы Менделеева, открывая, наряду с торием, семейство актиноидов, представленное в основном трансурановыми, искусственно получаемыми элементами (плутоний, америций, кюрий и др.). Однако по химическим свойствам уран имеет много общих черт с элементами IV группы (Mo, W, Cr). Он поливалентен, в четырехвалентном состоянии амфотерен и склонен к изоморфизму с Ca, Ti, Th и редкими землями. В шестивалентном состоянии в нейтральных и кислых растворах образует комплексный уранил-ион $(UO_2)^{+2}$.

Большинство соединений четырехвалентного урана нерастворимо в воде. В то же время большинство солей уранила – сульфаты, нитраты, карбонаты – хорошо растворимы. Различная растворимость урана в четырех и шестивалентном состоянии определяет условия его миграции и является главным фактором образования его концентраций в природе.

Фторид шестивалентного урана (гексафторид) возгоняется при 56 °С и используется в процессе обогащения природного урана изотопом ^{235}U .

Природный уран состоит из смеси трех изотопов: ^{238}U (99,2739%), ^{235}U (0,7024%) и ^{234}U (0,0057%). Периоды полураспада этих изотопов соответственно равны: $4,51 \cdot 10^9$ лет, $7,13 \cdot 10^8$ лет и $2,48 \cdot 10^5$ лет.

Изотопы урана ^{238}U и ^{235}U в результате радиоактивного распада образуют два радиоактивных ряда: уран-радиевый и актино-урановый. Конечными продуктами распада рядов являются устойчивые изотопы ^{206}Pb , ^{207}Pb и гелий. Из промежуточных продуктов практическое значение имеют радий ^{226}Ra и радон ^{222}Rn .

С течением времени, через интервал равный примерно десяти периодам полураспада наиболее долгоживущего дочернего продукта, в радиоактивном ряду урана наступает состояние устойчивого радиоактивного равновесия, при котором число распадающихся в единицу времени атомов всех элементов ряда одинаково.

Радий (^{226}Ra) щелочноземельный металл, гомолог бария, является в ряду распада ^{238}U основным гамма-излучателем. Чистый уран испускает только слабопроникающие альфа-лучи. Период полураспада радия 1590 лет. Радиоактивное равновесие между ураном и радием наступает через $8 \cdot 10^5$ лет и наблюдается в древних, хорошо сохранившихся породах и минералах. При радиоактивном равновесии одному грамму урана соответствует $3,4 \cdot 10^{-7}$ грамма радия. В равновесном ряду интенсивность гамма-излучения пропорциональна содержанию урана, что позволяет осуществлять экспресс-анализ урановых руд, а также их сортировку и радиометрическое обогащение. Однако в незамкнутых природных системах равновесие между ураном и радием может нарушаться, поскольку эти элементы имеют различную миграционную способность.

Состояние равновесия системы принято выражать коэффициентом радиоактивного равновесия:

$$K_{pp} = 2,94 \cdot 10^8 C_{\text{Ra}} / C_{\text{U}},$$

где C_{Ra} и C_{U} – содержания радия и урана в %.

Необходимость изучения состояния радиоактивного равновесия составляет одну из особенностей разведки и оценки урановых месторождений.

Радон (^{222}Rn) представляет собой инертный газ, хорошо растворимый в воде. Период полураспада радона очень мал – 3,8 суток. Поэтому его высокая миграционная способность обычно не приводит к изменению соотношения между гамма-активными продуктами и ураном. Однако при бурении разведочных скважин в обводненных ураноносных породах может происходить отжатие буровым раствором пластовых вод с растворенным радоном из околоскважинного пространства, за счет чего интенсивность измеряемого каротажем гамма-излучения окажется ниже соответствующей содержанию урана. Необходимость изучения и учета этого явления составляет еще одну особенность разведки и оценки некоторых типов урановых месторождений.

Урановые руды выделяют радон в окружающую среду (эманруют). Именно радон, попадая из рудничной атмосферы в легкие человека и распадаясь там на твердые более долгоживущие продукты, является одним из главных факторов радиационной опасности на уранодобывающих предприятиях.

Способность руд к эманированию требует специального изучения (оценки удельного радоновыделения – УЭР), а проходка подземных горных выработок на урановых месторождениях, – специальных мер безопасности (усиленная вентиляция, бетонирование обнаженных поверхностей и др.).

Минералогия урана исключительно разнообразна. Известно около 300 урановых и ураносодержащих минералов, однако основную массу промышленных руд обычно слагают следующие (табл.1).

В некоторых типах месторождений основным носителем урана является ураноносный фторапатит, в котором уран изоморфно замещает Са.

1.2. Торий. Пластичный металл серебристо-белого цвета, на воздухе медленно окисляется. Атомный номер 90, атомная масса 232,038. Существует в двух кристаллических

модификациях. Плотность $11,72 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, твердость по Бринеллю $450\text{--}700 \text{ Мн/м}^2$ ($45\text{--}70 \text{ кгс/мм}^2$), парамагнитен (удельная магнитная восприимчивость $0,54 \cdot 10^{-6}$). Температура плавления 1750 C° . Разлагает воду при 200 C° , на холоде медленно реагирует с азотной, серной, плавиковой кислотами, легко растворяется в соляной кислоте и царской водке. Радиоактивен.

Таблица 1

Важнейшие урановые минералы

Минералы	Химический состав (формула)	Содержание урана и тория (в скобках), %
Уранинит	$(\text{U,Th})\text{O}_{2x}$	62–85 (до 10)
Настуран	UO_{2x}	52–76
Урановые черни	UO_{2x}	11–53
Браннерит	$(\text{U, Th})\text{Ti}_2\text{O}_6$	35–50 (до 4)
Коффинит	$\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$	60–70
Давидит	$(\text{Fe,Ce,U})(\text{Ti,Fe,V,Cr})_3(\text{O,OH})_7$	1–7
Нингиоит	$\text{CaU}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20–30
Карнотит	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	52–66
Торбернит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	48
Отенит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	48–54
Уранофан	$\text{Ca}[\text{UO}_2(\text{SiO}_3\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	55–58
Цейнерит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	55
Тюямунит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	57–65
Казалит	$\text{Pb}[\text{UO}_2\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$	42–50

Природный торий практически состоит из одного долгоживущего изотопа ^{232}Th с периодом полураспада $1,39 \cdot 10^{10}$ лет (содержание ^{238}Th , находящегося с ним в равновесии, ничтожно – $1,37 \cdot 10^{-8}\%$). Конечный продукт ряда распада стабильный ^{208}Pb . Продукты, способные обусловить нарушение равновесия в ряду отсутствуют. Один из промежуточных продуктов – инертный газ торон (Tn) крайне короткоживущий (полураспад 54 сек). Радиоактивное равновесие между торием и основным его гамма-излучателем мезоторием (MsTh_2) наступает через 75 лет.

В природных соединениях Th исключительно четырехвалентен. Большинство его соединений нерастворимо. В поверхностных условиях мигрирует только путем механического переноса минералов. Накапливается в россыпях.

Несмотря на относительно высокий кларк ($8 \cdot 10^{-4}\%$), торий склонен к рассеянию. Собственные его минералы редки. В качестве изоморфной примеси встречается в различных минералах редких земель и тантала-ниобия. Наиболее практически важные минералы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наиболее важные минералы тория

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание Th (U) в%
Монацит	$(\text{Ce, Th, U})\text{PO}_4$	<10 (<6)
Лопарит	$(\text{Ce, Na, Ca, Th})(\text{Ti, Nb})\text{O}_3$	< 3
Пироклор	$(\text{Ca,Na,Th,TR,U})_2\text{-(Nb,Ta,Ti)}_2\text{O}_6(\text{O,OH,F})_{1-m} \cdot n \text{H}_2\text{O}$	<5 (<7)
Торит	$(\text{Th,U})\text{SiO}_4$	65–80 (1–2)
Торианит	$(\text{Th,U})\text{O}_2$	58–90 (1–30)

В заметных количествах в настоящее время торий не добывается. Применение его в технике незначительно (в виде тугоплавкого оксида и для легирования некоторых специальных сплавов).

Месторождений собственно ториевых руд неизвестно. Наиболее перспективным источником получения больших его количеств являются россыпи монацита. Возможно также попутное получение тория при разработке пироклоровых карбонатитов, щелочных лопаритоносных пород, других редкоземельно-редкометалльных месторождений. Массовое

производство тория будет сопряжено с проблемой сбыта сопутствующих металлов, часть из которых пользуется весьма ограниченным спросом (редкоземельные).

1.3. Уран и торий являются сырьем для изготовления ядерного топлива с целью производства электрической и тепловой энергии (АЭС, АСТ, АТЭЦ), опреснения морской воды, получения вторичного ядерного горючего, других искусственно приготавливаемых делящихся веществ и изотопов, трития, восстановителей для металлургической промышленности, новых видов химической продукции и научных исследований. Ядерные реакторы находят применение как транспортные силовые установки.

Из природных изотопов, свойствами, необходимыми для использования в качестве атомного топлива, обладает только изотоп урана ^{235}U . Однако в атомных реакторах, путем облучения нейтронами, из изотопа ^{238}U может быть получен искусственный изотоп – плутоний (^{239}Pu), а из ^{232}Th – изотоп ^{233}U , также обладающие свойствами атомного горючего. При этом в специальных типах реакторов-размножителей процесс может осуществляться так, что количество вновь образующегося атомного топлива будет превышать количество ^{235}U , затраченного на поддержание работы реактора.

Некоторая часть урановых руд используется для производства радия, соединения урана применяются в медицине, химии, фотографии, электротехнике и др. Торированные катоды применяются в электронных лампах, а оксидно-ториевые – в магнетронах и мощных генераторных лампах. Добавка 0,8–1% ThO_2 к вольфраму стабилизирует структуру нитей накаливания. Двооксид тория используется как огнеупорный материал, а также как элемент сопротивления в высокотемпературных печах. Торий и его соединения широко применяют в составе катализаторов в органическом синтезе, для легирования магниевых и других сплавов, которые приобрели большое значение в реактивной авиации и ракетной технике.

1.4. По характеру урановой минерализации руды разделяются на следующие основные типы:

- настурановые и уранинитовые;
- коффинит-настуран-черниевые;
- браннеритовые и настуран-браннеритовые (настуран-коффинит-браннеритовые);
- руды со сложными урансодержащими, торийсодержащими и редкоземельными минералами (монацит, лопарит, торит, эвдиалит, сфен, пироклор, гаттчетолит и т.п.);
- настуран-апатитовые;
- уранослюдковые .

1.5. Геологические условия, в которых формируются месторождения радиоактивных руд, многообразны. Количество геолого-промышленных типов этих месторождений и их роль, как сырьевой базы, изменяются в течение достаточно коротких промежутков времени. Отдельные геолого-промышленные типы в настоящее время утрачивают свое промышленное значение (урано-битумный, железо-урановый и др.) в связи с отработкой соответствующих месторождений. Получают промышленное значение геолого-промышленные типы, не игравшие ранее существенной роли в производстве урана и тория, что вызвано достижениями в разработке новых способов добычи, переработки и использования минерального сырья (селен-урановые в проницаемых отложениях, редкометальные торий-урановые в щелочных массивах, карбонатах и др.). Такие изменения должны учитываться при планировании и производстве геологоразведочных работ.

Известные на сегодняшний день в стране и за рубежом геолого-промышленные типы месторождений радиоактивного сырья отражены в таблицах 3 и 4. Основные объемы мировой добычи урана обеспечиваются месторождениями типа структурно-стратиграфических «несогласий», «песчаникового» и жильного типов, на долю которых приходится 80% мирового производства. В России 98% добываемого урана добывается на месторождениях жильного типа, связанных с вулканическими структурами (Стрельцовский тип).

Таблица 3

Промышленные типы месторождений урана с основными типами руд

Промышленные типы месторождений	Морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание U в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Эндогенный в областях тектоно-магматической активизации докембрийских щитов	Плито-, стобо- и линзообразные залежи в гнейсах, мигматитах и гранитах	Урановый. Коффинит-настуран-браннеритовый, уранинит-браннеритовый	0,1	–	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Мичуринское, Ватутинское и Северинское (все Украина)
	Пласто-, и линзообразные залежи в железо-магнезиальных сланцах и железистых кварцитах	Урановый. Гематит-магнетит-настуран-уранинитовый	0,2	Fe до50%	Энергетический железо-урановый (сортировочный, гидрометаллургический, пиро-гидрометаллургический)	Желтореченское, Первомайское (Украина)
	Штокверки и линзы в гранитоидах, мигматитах и пегматитах	Урановый и торий-урановый. Браннерит-уранинитовый, коффинит, браннеритовый, настуран-браннеритовый	0,04–0,07	Au, Ag, Mo	Энергетический урановый с золотом и серебром (сортировочный, флотационно-гидро-пирометаллургический)	Южное и Лозоватское (Украина), Россинг (Намибия)
	Плито-, жило- и линзообразные залежи в кристаллических сланцах, мигматитах, гранитах	Золото-урановый. Браннеритовый	0,15	Au	Энергетический урановый с золотом (сортировочный, гидрометаллургический)	Дружное, Курунг, Снежное (Эльконский рудный район)
Эндогенный в зонах структурно-стратиграфических несогласий	Линейные залежи и жилы в кристаллических сланцах, гнейсах фундамента и песчаниках осадочного чехла	Урановый, никель-урановый Арсенидно-сульфидно-коффинит-настурановый	0,3–12	Au, Ni, Cu, Ag	Энергетический урановый золото-никельсодержащий (гидрометаллургический)	Сигар-Лейк и Роки-Лейк (Канада), Джабилука, Набарлек (Австралия)
Эндогенный в структурах тектонической активизации складчатых областей	Столбо-, линзо- и жилообразные залежи в песчаниках, углеродистых сланцах, диабазах, гранитах и известняках	Урановый, Коффинит-фторопатит-браннерит-настурановый	0,12	TR	Энергетический урановый (сортировочный, гравитационно-гидрометаллургический)	Грачевское, Косачинское и Восток (все Казахстан)
		Урановый фосфор-урановый, молибден-урановый аршиновит-молибденит-браннерит-настурановый, апатит-уранинитовый	0,08–0,1	Mo, Au, Zr, P ₂ O ₅ 25–30	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Маньбайское Заозерное (Казахстан)
	Пласто- и линзообразные залежи в углисто-кремнистых сланцах	Урановый. Настуран-коффинитовый, урановые черни-настурановый	0,05	V	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Шмирхау, Ройст и Беервальде (Германия)

Промышленные типы месторождений	Морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание U в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Эндогенный в структурах тектонической активизации складчатых областей	Жильные и линзообразные залежи в амфиболитах, углеродисто-кремнистых сланцах	Урановый. Сульфидно-арсени-дно-настурановый с самородн. серебром, карбонат-коффинит-настурановый	0,4	Ag до200г/т Bi, Ni, Co, Sn, Zn, Pb, W, Mo	Энергетический урановый с серебром (сортировочный, гидрометаллургический)	Шлема-Альберода, (Германия), Пршибрам (Чехия)
Эндогенный в вулканно-тектонических структурах складчатых областей	Штокверки, линзо- жило- и пластообразные залежи в вулканитах, гранитоидах, туфопесчаниках, мраморах	Молибден-урановый Настурановый, настуран-коффинитовый, иордизит-настурановый, Сульфидно-настурановый	0,12–0,5	Mo, Pb, Bi, Zn	Энергетический , металлургический молибден-урановый (сортировочный, гидрометал-лургический)	Стрельцовское, Тулукуевское, Аргунское, Бота-Бурум, Кызылсай
Экзогенный в морских глинах платформенного чехла	Пласты и линзы в серых и черных глинах с костным детритом	Редкометалльно-урановый Редкометалльно-ураноносный костный фосфат	0,05	Sc, Y, TR, Re	Энергетический урановый (сортировочный, гравитацион-но-гидрометаллургический)	Степное, Меловое (Казахстан)
Экзогенный в водопроницаемых толщах платформенного чехла	Ленто- и лин-зообразные залежи, роллы в сероцветных песчаниках и гравеллитах	Урановый Коффинитовый, урановые черни-настурановый	0,1–0,2	Se, V, Mo, Re	Энергетический урановый (скважинное подземное выщелачивание – гидрометаллургический)	Учкудук и Сургалы (Узбекистан), Буденновское (Казахстан)
	Ленто- и линзообразные залежи в углисто-глинистых сероцветных песчаниках, песках и гравелитах	Урановый Урановые черни-коффинит-настурановый	0,02–0,1	–	Энергетический урановый (скважинное подземное выщелачивание – гидрометаллургический)	Долматовское, Хохловское, Хиагдинское,Имское, Девладовское (Украина)
	Лентообразные залежи в бурых углях, углистых песчаниках и сланцах	Урановый Молибденит-коффинит-урановые черни-настурановый	0,03–0,1	Mo, Se, Re	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический, пиро-гидрометаллургический)	Нижне-Илимское и Кольджатское (Казахстан)
	Линзо-, пласто-, лентообразные залежи и роллы в красноцветных и пестроцветных песчаниках, глинистых сланцах	Битум-урановый и ванадий-урановый Урановые черни-коффинит-настурановый	0,n	V	Энергетический урановый (сортировочный, гидрометаллургический)	Майлисайское, (Кыргызстан), Адамовское (Украина), Амброзия-Лейк (США)

Промышленные типы торийсодержащих месторождений с основными типами руд

Промышленные типы месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание в руде ThO ₂ , %	Основные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Торийсодержащие коренные руды	Пластообразные залежи (страти-фицированные) в агпаитовых нефелиновых сиенитах	Торий – редкоземельный Лопаритовый	0,02	TR, Ta, Nb, Zr, U	Химико-металлургический редкоземельно-редкометалльный с ураном и торием (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Ловозерское
Коры выветривания карбонатитов	Пластообразные залежи в корях выветривания карбонатитов	Торий – редкометалльный Пирохлоровый, монацит-пирохлоровый	0,01–0,05	Nb, Ta, TR, P	Металлургический тантал–ниобиевый с торием (сортировочный, флотационно-гидрометаллургический)	Томтор, Белозиминское, Араша (Бразилия)
Россыпной прибрежно-морской и континентальный	Пластовые залежи в береговых пляжных и донных отложениях	Редкоземельно-ториевый Монацит-циркон-рутил-ильменитовый	Монацит п.100 г/м ³	Zr, Ti, TR	Металлургический титан-цирконий-редкоземельно-ториевый (гравитационно-электростатический-магнитно-гидрометаллургический)	Туганское, Лукояновское, Малышевское (Украина), россыпи Австралии, Индии, США
	Пластовые аллювиальные залежи	Редкоземельно-ториевый Монацит-торит-касситеритовый	Монацит п.100 г/м ³	TR, Sn	Металлургический олово-редкоземельно-ториевый (гравитационно-электростатический-магнитно-гидрометаллургический)	Россыпи Юго-Восточной Азии, Африки и Южной Америки
	Пластовые ложково-аллювиальные залежи	Цирконий-ториевый. Циркон-монацитовый	Монацит п.100 г/м ³	Zr	Металлургический цирконий-ториевый (гравитационно-электростатический-магнитно-гидрометаллургический)	Юг Енисейского кряжа, Алданский массив, Калба-Нарынская зона
		Торит-изоферроплатиновый	Торит п.10-п.100 г/м ³	Pt	Металлургический платина-ториевый (гравитационно-гидрометаллургический)	Кондерское

1.5.1. Урановые месторождения в областях тектоно-магматической активации докембрийских щитов.

Урановые месторождения зоны натрового метасоматоза (альбитизации) в гранитоидах и гнейсах Украинского кристаллического щита: Мичуринское, Ватутинское, Северинское, Ново-Константиновское и др. Оруденение контролируется зонами катаклаза, микробрекчирования и трещиноватости в альбититах. Рудные залежи сложной линзообразной, столбообразной, плитообразной формы с крутым и пологим падением, протяженностью по простиранию от первых сотен метров до 1 км, падению – десятки-сотни метров (до 0,5 км) при средней мощности от первых до десятков метров. Рудные залежи характеризуются сложным внутренним строением при значениях коэффициента рудоносности 0,75–0,85; границы рудных тел выделяются по данным опробования. Руды алюмосиликатные, монометалльные, вкрапленные и тонкопрожилковые, бедные и рядовые, слабо-и среднеконтрастные.

Первичные урановые минералы – настуран, уранинит, коффинит, браннерит, ненадкевит, давидит; развиты вторичные минералы урана. Вредные примеси представлены CaO, MgO, CO₂, P₂O₅, цирконием. По запасам урана месторождения относятся к крупным и средним, а по сложности геологического строения – в основном к 3 группе в соответствии с Классификацией запасов.

При разведке месторождений используется комбинированная горно-буровая система с преобладанием скважин.

Урановые месторождения зоны натрового метасоматоза в складчатых нарушениях среди железо-магнезиальных пород – железистых кварцитов и сланцев: Желтореченское, Первомайское, Кременчугское. Месторождения контролируются пликативной и дизъюнктивной тектоникой. Урановая и железорудная минерализация генетически связана с процессами железистого, натрового и карбонатного метасоматоза. Урановые рудные тела залегают как совместно, так и отдельно с железными рудами и имеют пласто-, линзо- и столбообразную форму. Протяженность рудных залежей по простиранию составляет сотни метров, реже до 1,5 км, падению – первые сотни метров при мощности до 10 м и более. Внутреннее строение крупных залежей сравнительно простое с почти сплошным оруденением. Урановые руды алюмо-силикатные и железоксидные, вкрапленные и прожилковые. Главные рудные минералы – уранинит, настуран, силикаты урана, магнетит и гематит. По содержанию урана руды относятся к рядовым, а по содержанию железа (выше 50%) – к богатым. Руды слабо- и среднеконтрастные. По масштабу уранового оруденения месторождения относятся к средним и соответствуют 2 группе сложности.

Золото-урановые месторождения зон калиевого метасоматоза вдоль протяженных разломов Алданского щита в аляскитовых гранитах, мигматитах и пегматоидах: Дружное, Курунг, Снежное и другие. Рудные тела имеют жилообразную форму, протяженность до 700 м, мощность 2–5 м, при общем вертикальном размахе оруденения до 1,5–2 км; кулисообразно или четковидно располагаются в зонах дробления и метасоматоза и обычно не имеют геологических границ. Урановая минерализация образует цемент брекчиевых швов, прожилки и вкрапленность внутри зон метасоматоза. Руды алюмосиликатные с повышенным содержанием серы и углекислоты, коффинит-браннеритовые, смолково-браннеритовые, в отдельных случаях уранинит-ториевые, комплексные, содержат золото (0,8 г/т), серебро (10 г/т), молибден (0,08%) в виде молибденита и иордизита, серу (2,5%). По содержанию урана руды в целом рядовые, высоко- и среднеконтрастные.

По масштабу оруденения месторождения относятся к уникальным и крупным, а по сложности геологического строения – в основном ко 2 группе. Разведка месторождений производится скважинами, обязательно в сочетании с горными выработками с целью подтверждения сплошности оруденения по простиранию и падению.

1.5.2. Золото-никель-урановые месторождения в зонах карбонатно-магнезиального метасоматоза вблизи поверхностей несогласия различных структурных

этажей (геосинклинального и платформенного) в углеродсодержащих породах: Рейнджер-1, Джабилука, Набарлек (Северная территория Австралии), Раббит-Лейк, Мидуэст-Лейк, Ки-Лейк, Клаф-Лейк и др. (Канада). Месторождения этого типа контролируются зонами разломов. Урановое оруденение, как правило, локализуется в оперяющих трещинах крупных нарушений, трещинах разрыва, межпластовых зонах дробления, а также в структурах обрушения (коллапса) карстогенных образований. Оруденение развивается выше и ниже поверхности несогласия. Наиболее богатое оруденение обычно находится над горизонтами углеродистых сланцев либо в них самих. Вмещающими оруденение породами являются измененные гнейсы, графитовые и амфиболовые сланцы, их брекчии, прослой доломитов и песчаников. Рудовмещающие породы повсеместно хлоритизированы, проявлена также серицитизация и аргиллизация пород. Рудные тела представлены сложнопостроенными линзо- и пластообразными залежами. По внутреннему строению залежи близки к сложным штокверкам. Протяженность рудных тел достигает 800–1500 м при ширине от 10 до 200 м и глубине распространения до 90–120 м. Месторождения этого типа имеют значительные, иногда уникальные запасы и высокое качество руд. Содержание в богатых рудах урана достигает 8–30% при среднем содержании в рядовых рудах 0,15–0,25%. Руды алюмосиликатные, комплексные. Кроме урана в рудах выявлены высокие содержания золота (до 12–16 г/т), никеля (0,9–4,8%), меди (0,1–0,4%), серебра (45–70 г/т). Рудные минералы представлены настураном, сульфидами и арсенидами Co – Ni, гематитом, лимонитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом.

По масштабам оруденения и сложности геологического строения месторождения в основном могут быть отнесены ко 2 и 3-й группам.

1.5.3. Месторождения в структурах тектоно-магматической активизации складчатых областей.

Торий-фосфор-урановые, молибден-урановые и урановые месторождения в зонах низкотемпературного натрового метасоматоза по терригенным породам фанерозоя в блоках с геоантиклинальным режимом развития и вблизи срединных массивов. Заозерное, Тастыколь, Маныбайское, Грачевское, Косачиное, Глубинное и др.

Оруденение контролируется послойными, секущими дизъюнктивными нарушениями, трубообразными и линейными зонами брекчированных пород, определяющих, наряду с пликативными структурами и составом пород, форму рудных тел, представленных пластообразными, линзообразными, трубообразными, жилообразными телами и штокверками. Размеры рудных залежей весьма разнообразны и составляют по простиранию от десятков метров до одного километра, падению – десятки и сотни метров, а в отдельных залежах – до 1 км, мощности – от первых метров до первых сотен метров. Руды фосфор-урановой формации фосфатные и карбонатные, реже алюмосиликатные, молибден-урановой и урановой формаций – алюмосиликатные, по содержанию урана рядовые и бедные, вкрапленные. Основными рудными минералами являются: для фосфор-урановых руд – фтор-апатит, коффинит, аршиновит, браннерит, ферриторит, торианит, циркон (малакон); молибдено-урановых и урановых – преимущественно настуран, урановые черни, коффинит, молибденит, иордизит. Содержание пятиоксида фосфора изменяется от 2 до 25%, тория – в пределах 0,01–0,13%, молибдена – 0,02–0,04%, циркония – до 0,5–0,9%.

Вредными примесями являются карбонаты, цирконий и углистое вещество. По радиометрической контрастности руды относятся к средне- и слабоконтрастным. По количеству запасов месторождения относятся к средним, а по сложности геологического строения – ко 2 и 3 группам. Детальная разведка месторождений осуществляется комбинированными горно-буровыми системами.

Урановые, ванадий-урановые месторождения в углеродисто-кремнистых породах нижнего и среднего палеозоя: Роннебургское рудное поле (Шмирхау, Ройст и др.), Рудное и др. Рудные залежи согласные со складчатостью в осветленных породах между зоной окисления и цементации, осложненные секущими и послойными тектоническими нарушениями. Границы рудных тел устанавливаются по данным опробования. Размеры

рудных тел по простиранию изменяются от первых десятков до сотен метров, по ширине – с первых до сотен метров при мощности обычно первые метры, реже первые десятки метров. Руды алюмосиликатные и карбонатные, прожилково-вкрапленные и вкрапленные, рядовые и бедные. Основными урановыми минералами являются урановые черни, урансодержащее гумусовое вещество, уранованадаты и фосфаты урана. Подавляющая часть ванадия связана с корвуситом, навахитом, фольбортитом. Среднее содержание ванадия в руде 1,1%, молибдена 0,02–0,03%. Вредной примесью является цирконий (0,01–0,3%).

По масштабу оруденения месторождения относятся к крупным и мелким, а по сложности строения – к 3 группе. Детальная разведка месторождений осуществляется главным образом горными выработками в сочетании со скважинами.

Кварц-карбонатно-смолквые жильные месторождения с никелем, кобальтом, серебром, висмутом в краевых или центральных частях срединных массивов, в экзоконтактовых зонах гранитоидных интрузивов среди роговиков, скарнов, амфиболитов и других метаморфизованных пород. Пршибрам, Яхимовское, Обершлема-Альберода, Нидершлема-Альберода в Рудных горах. Рудные скопления внутри жил образуют рудные столбы, размещение которых контролируется трещинной тектоникой, экранирующими структурами и литологическим составом пород. Руды в основном карбонатные, реже алюмосиликатные, весьма богатые и богатые и характеризуются высокой радиометрической контрастностью. Минералы рудных жил представлены настураном, карбонатами, кварцем, реже флюоритом, сульфидами, самородными серебром и висмутом, диарсенидами никеля и кобальта, никелином. Помимо урана промышленное значение могут иметь серебро, висмут, кобальт, никель, которые являются попутными полезными компонентами, а также попутные (основные) полезные ископаемые, представленные оловом в пологих скарновых залежах, свинцом и цинком в зонах послонных нарушений и сидеритовых жилах, вольфрамом, молибденом и оловом в кварц-вольфрамитовых и кварц-касситеритовых жилах с молибденитом.

По масштабу оруденения месторождения этой формации относятся к крупным и уникальным, а по сложности геологического строения – к 3 группе. Детальная разведка подобных месторождений производится горными выработками. Обычные способы рядового опробования сопровождаются валовым опробованием (экспресс-анализом руды в шахтных вагонетках) для определения продуктивности (выход металла на 1 кв. м. площади рудного тела, кг/кв. м.).

1.5.4. Месторождения в вулканотектонических структурах позднеорогенного или активизированного этапов развития складчатых областей в связи с проявлением вулканизма андезит-липаритовой формации и зонами аргиллизации.

Молибден-урановые месторождения преимущественно в вулканогенных породах: Месторождения Стрельцовского рудного поля, Джидели, Чаули и др. Рудные поля приурочены к вулканотектоническим депрессиям, выполненным вулканогенными и осадочными породами. Оруденение развивается на различных стратиграфических уровнях, подчиняясь структурному и литологическому контролю. Рудные залежи представлены крутопадающими линейными штокверкоподобными, жилообразными и пологими пластообразными формами и их комбинациями. Протяженность рудных залежей по простиранию колеблется от первых десятков метров до 1 км, по падению – от первых десятков до нескольких сотен метров, ширина штокверкоподобных и пластообразных залежей составляет первые десятки – сотни метров, мощность оруденения – от первых до десятков метров (для пластовых – доли метра, первые метры). Руды алюмосиликатные, комплексные молибдено-урановые, рядовые и средние, реже богатые, прожилково-вкрапленные, вкрапленные, брекчиевые, контрастные. Содержание молибдена в комплексных рудах отдельных месторождений составляет 0,02–0,20%. Среди минералов руд выделяются настуран, коффинит, реже браннерит, иордизит, молибденит, ильземанит, флюорит, кварц, карбонаты.

По масштабу оруденения отдельные месторождения относятся к крупным и средним, реже мелким, а по сложности геологического строения соответствуют 3 группе. Детальная разведка месторождений осуществляется комбинированными горно-буровыми системами с применением большого объема горных выработок и подземного бурения.

Молибден-урановые месторождения в экструзивных, эффузивных и жерловых фациях вулканитов и породах фундамента, контролирующихся зонами разломов, карбонатизации, гематитизации и окварцевания: Алатанга, Каттасай, Бота-Бурум, Кызыл-Сай.

Месторождения представлены рудами сульфидно-смолковой и молибден-урановой формации жильного и штокверкоподобного типа с прерывистым резко неравномерным распределением оруденения. Оруденение контролируется структурными, литологическими факторами и физико-механическими особенностями пород. Руды алюмосиликатные, вкрапленные, прожилково-вкрапленные, прожилковые, средне- и высококонтрастные, по качеству рядовые и богатые, по составу комплексные. Размеры рудных залежей по простиранию и падению составляют десятки, сотни метров при мощности от долей метра до нескольких метров. Рудные минералы представлены настураном, урановыми чернями, сульфидами свинца, цинка, молибдена, меди, железа, висмута, сульфосолями; жильные минералы – карбонатами, флюоритом, баритом. Промышленных концентраций достигают молибден (0,02–0,20%), свинец (0,6%), висмут (0,4%), цинк (0,4%), флюорит.

По масштабу оруденения месторождения этого типа относятся к мелким и средним, а по сложности геологического строения – к 3 и 4 группам. Детальная разведка их осуществляется в основном горными выработками на нескольких горизонтах.

1.5.5. Месторождения в морских глинах платформенного чехла.

Редкоземельно-фосфор-урановые осадочного типа в морских глинах с костными остатками фауны: Меловое, Томак, Тасмурун, Степное. Оруденение связано со скоплениями костного детрита рыб, состоящего, в основном, из фосфата кальция (апатит) и заключенного в темных глинах. Большая часть урана, редких земель и фосфора содержится во фтор-апатите, и лишь небольшая часть урана образует комплексные урано-фосфатные соединения. Рудные залежи представляют собой стратифицированные пласты крупного размера с пологим падением, выдержанной небольшой мощностью (0,3–1,5 м) и равномерным распределением урана. Руды фосфатные, бедные, неконтрастные, комплексные и состоят в основном из глинистых минералов (до 70%), сульфидов железа и костного детрита (20% и более). Промышленную ценность представляют уран, редкие земли и фосфор. По масштабу оруденения месторождения этой формации относятся к крупным, а по сложности геологического строения – к 1 и 2 группам. Детальная разведка месторождений выполняется главным образом скважинами.

1.5.6. Месторождения в водопроницаемых толщах платформенного чехла.

Урановые месторождения в проницаемых породах в связи с зонами пластового окисления в областях молодых орогенов (водородные месторождения): Учкудук, Сугралы, Мынкудук, Канжуган, Северный Карамурун, Букинай и др. Оруденение приурочено к сероцветным, в основном проницаемым породам артезианских бассейнов. Рудные залежи имеют в разрезе форму роллов – удлиненных серповидных пластов или линз, а в плане, как правило, лент, окаймляющих фронт распространения пластово-окисленных пород. Размеры их по простиранию достигают первых километров, в отдельных случаях – первых десятков километров, ширине – нескольких десятков – сотен метров, мощности – первых метров. Руды алюмосиликатные, вкрапленные, комплексные, неконтрастные, преимущественно бедные и рядовые. Рудными минералами являются: урановые черни, коффинит, настуран. Попутными полезными компонентами (ископаемыми) являются селен (до 0,07%), представленный главным образом самородным гамма-селеном, молибден (0,04–0,06%), рений.

Разработка месторождений осуществляется способом подземного выщелачивания и традиционным горным способом, переработка руд – преимущественно по серноокислотно-

сорбционной технологии. К факторам, осложняющим процесс выщелачивания, относятся наличие в них карбонатов, фосфора, органического вещества и пониженные фильтрационные свойства руд, а также отсутствие водоупорных горизонтов.

По запасам месторождения относятся к средним и крупным, а по сложности геологического строения – к 2 группе. Детальная разведка месторождений, предполагаемых к разработке СПВ, производится исключительно скважинами, а в случае горного способа добычи руд – в основном скважинами поверхностного бурения с применением в отдельных случаях горных выработок.

Урановые месторождения в отложениях палеодолин платформенного этапа развития стабилизированных областей в связи с зонами грунтового и пластового окисления (водородные месторождения): Девладовское, Братское, Санарское, Семизбай, Хиагдинское, Долматовское.

Месторождения приурочены к палеорулам в нижележащих породах. Оруденение формируется на границе зон грунтового окисления с сероцветными породами, богатыми органическим веществом, представлено мелкими и средними линзовидными, пластообразными и лентообразными залежами протяженностью в сотни метров – первые километры, шириной в десятки и первые сотни метров, мощностью от долей метра до первых метров. Руды алюмосиликатные, бедные, неконтрастные, тонковкрапленные. Урановая минерализация в основном связана с пелитоморфной глинисто-углистой массой цемента песков и обуглившимися растительными остатками и представлена урановыми чернями с незначительным количеством настурана и урановых слюдок. Разработка месторождений может осуществляться способом ПВ либо открытым способом. По масштабу месторождения относятся к мелким, а по сложности геологического строения – к 3 группе. Детальная разведка этих месторождений производится скважинами.

Угольно-урановые месторождения в связи с зонами пластового и грунтового окисления (водородные месторождения): Кольджатское, Нижне-Илийское. Месторождения приурочены к угленосным отложениям мезо-кайнозойских впадин на палеозойском фундаменте. Урановое и сопутствующее оруденение сформировано кислородными палеогрунтовыми и пластовыми водами на восстановительном геохимическом барьере в кровле и почве угольных пластов и в первично-сероцветных осадочных породах (песчаники, конгломераты). В углях оруденение представлено пологими и горизонтально залегающими выдержанными лентообразными и линзообразными залежами, а в песчано-конгломератовых отложениях – сложными телами ролловой, ролло-пластообразной и линзо-пластообразной формы. Размеры основных рудных залежей по простиранию составляют несколько км, достигая первых десятков км, по ширине – первые сотни метров, мощность – 0,5–2,4 м. Оруденение располагается на нескольких стратиграфических и гипсометрических уровнях. К основным полезным ископаемым относятся уран, бурые энергетические угли; к попутным компонентам – молибден (0,04–0,07%), селен (0,02%), рений (4 г/т), серебро (6 г/т), германий (10 г/т), залегающие совместно с урановыми рудами. Руды каоустобиолитовые (в углях), силикатные (в терригенных породах), настуран-коффинит-германиевые, рядовые и бедные, неконтрастные, тонковкрапленные. Рудная минерализация представлена настураном, урановыми и уран-молибденовыми чернями, коффинитом, уранофаном, пиритом, молибденитом, иордизитом, ильземанитом, повеллитом, ферримолибдитом, селенидами меди, свинца и серебра, самородным селеном и др.

По количеству запасов месторождения относятся к крупным, а по сложности геологического строения – к 1 и 2 группам (каоустобиолитовые руды) и 3 группе (силикатные руды). Детальная разведка месторождений осуществляется в основном скважинами с поверхности с применением относительно небольшого объема горных выработок.

Битумо-урановые месторождения в красно- и пестроцветных, преимущественно карбонатных породах в пределах купольных структур нефтегазоносных бассейнов: Майли-Су, Майлисайское. Оруденение залегает согласно с вмещающими породами на нескольких горизонтах в молассоидной терригенной толще в виде полос значительной протяженности

(3–5 км), внутри которых участки с промышленными рудами образуют мелкие линзы площадью от сотен до первых десятков тысяч квадратных метров при мощности 0,3–2 м. Уран связан с органическим веществом, асфальтитами, смолами, настураном и чернями. Руды этих месторождений каустобиолитовые, тонковкрапленные, рядовые и бедные, неконтрастные. Попутными (основными) полезными ископаемыми являются нефть и газ. По сложности геологического строения месторождения относятся к 3 группе, а по запасам – к мелким. Детальная их разведка производилась преимущественно скважинами с применением небольшого объема горных работ.

1.5.7. Комплексные уранодержащие месторождения

Древние золотоносные и ураноносные конгломераты в базальных слоях вулканогенно-осадочных отложений пологих синклиналей либо палеодолин, нарушенных сбросами, дайками основного и среднего состава: Витватерсранд (ЮАР), Элиот-Лейк, Блайнд-Ривер (Канада), Жакобина (Бразилия). Оруденение контролируется литолого-фациальными особенностями пород и локализовано в прослоях кварцевых конгломератов. Вмещающие породы серицитизированы, хлоритизированы, пиритизированы.

Уран-золото-медное месторождение среди гранитных и полимиктовых гематитизированных и хлоритизированных брекчий Олимпик-Дам (Юго-Западная Австралия).

Уран-торий – редкометальные месторождения в многофазных щелочных интрузивах: Илимауссак (Гренландия), Посусди-Калдас (Бразилия), Ловозерское.

1.6. Разнообразие геологических типов урановых месторождений затрудняет их классификацию, в связи с чем в МАГАТЭ* принято классифицировать урановые месторождения, присваивая типам условные названия, в соответствии с некоторым характерным признаком включаемых в них месторождений. Такие признаки оказываются разнородными, а получаемая классификация не отвечает принципу системности, однако она отличается простотой и краткостью наименований выделяемых типов, что весьма удобно в практических целях. Согласно такой классификации, в настоящее время поставка уранового сырья на мировой рынок обеспечивается за счет следующих типов месторождений (табл. 5):

Таблица 5

Типы месторождений уранового сырья

Наименование типа	Страны, в которых этот тип является ведущим	Годовая добыча (2002 г)	
		тыс. т	%
«Песчаниковый»	Казахстан, Узбекистан, США, Нигерия	9,8	27,2
«Несогласия»	Канада, Австралия	15,4	42,7
Жильно-штокверковый	Россия, Китай	3,8	10,6
Метасоматический («альбититовый»)	Украина	1,3	3,6
«Гранитный»	Намибия	2,0	5,6
U – конгломераты	ЮАР	0,8	2,2
«Брекчиевый»	Австралия	2,4	6,7
Другие типы		0,5	1,4

Как видно из таблицы 5, основную добычу урана в мире в настоящее время обеспечивают три типа месторождений: «песчаниковый», «несогласия» и «жильный», на которые в сумме приходится 80% мирового производства. В России 98% всего добываемого урана пока получается из месторождений жильного типа (Стрельцовский район), осваиваются месторождения «песчаникового» типа в палеодолинах (Урал, В.Сибирь), к потенциально промышленным относятся жильно-штокверковые месторождения уран-титанатовых (браннерит) руд в зонах калиевых метасоматитов на Алданском щите, жильные месторождения уранофановых руд в гранитах Забайкалья, а также месторождения ураноносного костного детрита в Калмыкии.

* Международное агентство по атомной энергии при ООН.

2. Группировка урановых месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

2.1. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, сложности внутреннего строения и особенностям распределения урана урановые месторождения соответствуют 2-, 3-й или 4-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Ранее, как группа 1 рассматривались месторождения ураноносного костного детрита (Меловое и другие), ныне находящиеся на территории Казахстана. Их эксплуатация прекращена, а подобные месторождения в России (в Калмыкии), в связи с небольшими площадными размерами и меньшей мощностью, должны рассматриваться как группа 2

Ко **2 группе** относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с изменчивой мощностью, сложным внутренним строением рудных залежей, но относительно высокой сплошностью промышленного оруденения, при различной изменчивости содержания урана. Среди них выделяются два типа месторождений (участков):

- крупные и средние крутопадающие жилообразные залежи, (площадь от первых кв. км, до многих сотен тыс. кв. м), с относительно выдержанной мощностью, устойчивыми элементами залегания и высокой сплошностью промышленных руд (коэффициент рудоносности $K_p = 0,7-1,0$). Мощность рудных залежей, как правило, 3–5 м, но их положение контролируется выдержанными тектоническими элементами или зонами развития метасоматитов. Содержание урана неравномерное, колеблется в пределах от первых сотых до 0,2–0,5%, при коэффициенте вариации $V > 100\%$.

К этому типу относятся наиболее крупные жильные месторождения браннеритовых руд Эльконского района на Алдане (Южное и др.).

- крупные и средние по размерам (сотни-десятки тыс. кв. м) пологозалегающие пластовые залежи ураноносного костного детрита. Положение залежей в разрезе четко контролируется горизонтами темных пиритоносных глин, с выдержанной мощностью. Рудные тела практически сплошные ($K_p \approx 1,0$), с низким (первые сотые%), но относительно равномерным ($V < 100\%$) содержанием урана.

К этому типу относится Шаргадыкское месторождение в Калмыкии.

К **3 группе** относятся месторождения (участки) очень сложного строения, с рудными залежами, характеризующимися невыдержанными элементами залегания, сложной формой, изменчивой мощностью и весьма неравномерным распределением урана.

Среди них выделяются три типа месторождений (участков):

- крупные и средние (сотни-десятки тыс. кв. м), сложные, ветвящиеся по падению и простиранию, жилообразные и штокверкообразные залежи, различной мощности (от долей м, до десятков м), средней сплошности ($K_p = 0,4-0,8$), при весьма неравномерном содержании урана ($V \gg 100\%$). К этому типу относится большинство месторождений Стрельцовского урановорудного района (Стрельцовское, Антей, Октябрьское, Аргунское и др.);
- крупные и средние (сотни-десятки тыс. м²) пластообразные залежи, приближенно контролируемые литологическими границами, осложненные тектоническими нарушениями, при относительно выдержанной мощности, высокой и средней сплошности ($K_p = 0,6-1,0$), при неравномерном (сотые–десятые %) содержании урана ($V > 100\%$). К этому типу относятся пластовые месторождения Стрельцовского района (Дальнее, Новогоднее, Юбилейное), а также Оловское месторождение и некоторые месторождения песчаникового типа, пригодные для разработки только горным способом (Приморское);
- крупные и средние (площадь десятки-сотни тыс. кв. м) лентообразные, слабо извилистые в плане залежи, сложного строения по мощности (роллы, сочленяющиеся линзы, пласты), контролируемые зонами окисления-восстановления в палеодолинах. Сплошность

промышленных руд в плане (для отработки СПВ) высокая ($K_p=0,7-1$), но в разрезе низкая. Содержания урана низкие, относительно равномерные ($V<100\%$). К этому типу относятся месторождения Далматовское, Хиагдинское и др.

К 4 группе относятся месторождения (участки) весьма сложного геологического строения с залежами жильного или пластового типов малых размеров (десятки тыс. кв. м), весьма сложной морфологии, с прерывистым внутренним строением ($K_p<0,5$) и весьма неравномерным содержанием урана ($V>100\%$). К ним относятся мелкие (протяженностью в десятки метров) маломощные (до 0,5 м) жилы с гнездовым распределением оруденения в плоскости жил, линзообразные, столбообразные и штокверкообразные залежи невыдержанной мощности с весьма сложным и прихотливым распределением оруденения, крайне изменчивой формой и крайне неустойчивыми элементами залегания. Площадь рудных залежей достигает первых десятков тысяч квадратных метров при резко изменчивой мощности – от долей метра до первых десятков метров. Границы оруденения устанавливаются исключительно по опробованию. К этому типу могут быть отнесены отдельные молибдено-урановые и урановые месторождения в зонах березитизации (Ишимское, Шокпак) и жерловых фациях вулканитов (Кызыл-Сай), рассматриваемые ранее в качестве 3 группы. В настоящее время месторождения этой группы не разведуются. Однако, с ростом цен на уран, возможно вовлечение в разведку и освоение некоторых резервных месторождений данной группы.

2.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных залежей, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

2.3. С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент рудоносности, коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности рудных тел (см. приложение 1).

3. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствует особенностям геологического строения и рельефу местности. Обычно топографические карты составляются в масштабах 1:1 000–1:10 000. Все пройденные горные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты) и буровые скважины, а также профили геофизических работ и естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон, должны иметь инструментальную топографическую привязку. По подземным горным выработкам должны быть выполнены маркшейдерские съемки. Маркшейдерские планы обычно выполняются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы в масштабе не мельче 1:1 000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудных тел и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1 000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Указанные планы и разрезы во всех случаях составляются в масштабах не менее 1:2 000–1:1 000, а при необходимости – в более крупном. Для месторождений пластового типа с субгоризонтальным залеганием рудовмещающих слоев, перекрытых непродуктивными отложениями, если их отработка намечается СПВ, допускается представление геологических карт поверхности в более мелком масштабе (до 1:50 000).

По месторождениям, намечаемым к отработке СПВ, кроме геологических карт, составляются гидрогеологические карты, фациально-геохимические карты продуктивных

горизонтов в масштабе 1:10 000–1:25 000, а также планы изогипс продуктивных горизонтов, с отображением рудоконтролирующих элементов и контуров рудных залежей, в масштабах не мельче 1:2 000–1:5 000. Разрезы на этих месторождениях могут составляться в разных масштабах по вертикали и горизонтали. Вертикальный масштаб при этом должен выбираться таким, чтобы отразить внутреннее строение рудных залежей с необходимой детальностью (вплоть до 1:200).

Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представления о размерах и форме рудных залежей, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности оруденения, характере выклинивания рудных залежей, распределении урана в них, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных залежей с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. На участках детализации и горизонтах горных выработок должны быть получены необходимые данные о размерах, форме и условиях залегания собственно рудных тел (с коэффициентом рудоносности, близким к 1,0), входящих в состав рудных залежей, запасы которых подсчитываются с применением коэффициента рудоносности. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы кат. Р₁*.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных залежей, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам. При этом следует иметь в виду, что окисление первичных урановых руд обычно улучшает показатели их гидрометаллургического передела, но ухудшает показатели радиометрической сепарации. Содержание урана в рудах приповерхностной части месторождений может быть как несколько повышенным, так и пониженным относительно первичных руд, в зависимости от конкретных условий.

3.4. Разведка урановых месторождений на глубину проводится горными выработками и скважинами, группируемыми в системы, позволяющие отстраивать серии вертикальных или горизонтальных разрезов (планов) с минимальными искажениями.

Разведка месторождений, намечаемых к разработке горным способом, и представленных залежами крутого падения, обычно осуществляется подземными горными выработками и буровыми скважинами. При этом значительная часть скважин может буриться из подземных выработок. При разведке под такой способ отработки месторождений с субгоризонтальными залежами, основным разведочным средством обычно являются скважины с поверхности, а горные выработки служат для решения специальных задач (отбор крупнообъемных проб, изучение горнотехнических условий, детализация и заверка данных бурения).

Месторождения, намечаемые к разработке СПВ разведываются исключительно скважинами. Особенности условий залегания и внутреннего строения рудных залежей,

* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами, отвечающими требованиям инструкций к картам этого масштаба, а также другие графические материалы, обосновывающие оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений урана, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

распределения оруденения в разрезе продуктивного проницаемого горизонта, минерального и химического состава руд выявляются по данным скважин на участках детализации, которые должны характеризовать оруденение разных морфологических типов. На этих же участках осуществляются опытные и опытно-промышленные геотехнологические исследования по подземному выщелачиванию.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний урана, характер пространственного распределения урановых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное истирания зерна при бурении и выкрашивание рудных минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

3.4.1. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход зерна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры, структуры, радиологических свойств и представительность материала для опробования. По рудным интервалам всегда следует добиваться предельно высокого выхода зерна. Скважины, с выходом менее 70% должны браковаться и перебуриваться. На месторождениях, разведываемых под СПВ, по части скважин необходимо получать особо качественный зерн с ненарушенной структурой для отбора образцов на лабораторные испытания выщелачиваемости. Следует отметить, что получение качественного зерна на месторождениях для СПВ, залегающих в рыхлых породах, обычно требует специальных мер и инструмента (двойные-тройные колонковые трубы, специальные режимы бурения и пр.).

Достоверность определения линейного выхода зерна следует систематически контролировать весовым или объемным способами.

Представительность зерна для определения содержаний урана и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования зерна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе зерна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания урана в зерновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам зернового опробования на основе данных контрольных выработок.

На месторождениях со сложными радиологическими условиями и изменчивым радиоактивным равновесием должны быть выделены однородные по содержанию радиоактивных элементов и радиоактивному равновесию геохимические зоны. Каждая из них должна характеризоваться представительным количеством выработок, равномерно освещающих всю ее площадь. Рудный материал, используемый для минералогической и количественной оценки радиоактивных элементов (урана, радия, тория, калия), должен

представительно характеризовать изучаемые руды по мощности и содержанию. Для этих целей используется керн с ненарушенной структурой, характеризующий соответствующую геохимическую разновидность оруденения.

Для месторождений, представленных практически равновесными рудами, радиологические свойства изучаются по более редкой сети опробования. На комплексных месторождениях, в случае невозможности использования геофизического опробования для количественного определения содержания полезных компонентов, керновое опробование производится по всем интервалам с повышенным содержанием попутных компонентов как в контуре урановых руд, так и за их пределами.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется, исходя из конкретных геологических условий месторождений и современных возможностей геофизических методов.

Во всех буровых скважинах обязательно производится гамма-каротаж (ГК). Целесообразность и условия применения других видов каротажа определяются задачами, возникающими при изучении различных месторождений, и устанавливаются в каждом конкретном случае.

На месторождениях в проницаемых породах для картирования проницаемых и водоупорных горизонтов к выявления в проницаемых рудных интервалах глинистых пропластков может применяться электрокаротаж методами КС и ПС.

При исследовании технологических, наблюдательных, контрольных и других скважин на опытных участках ПВ кроме гамма-каротажа могут применяться методы прямого определения содержания урана в частности, каротаж нейтронов деления (КНД), термометрия и индукционный каротаж. С помощью метода КНД-М контролируется процесс выщелачивания, определяется степень извлечения и остаточное содержание урана в недрах. Индукционным каротажом (в необсаженных скважинах) исследуется растекание закачиваемого раствора. При проектировании и подготовке участка для опыта ПВ предусматриваются наблюдательные скважины.

При разведке урано-угольных месторождений в комплексе с гамма- и электрокаротажом обязательно применение гамма-гамма-каротажа плотностного (ГГК-П) и селективного (ГГК-С). По результатам ГГК-П и электрокаротажа определяются границы и мощность, а по данным ГГК-С – вещественный состав угольного пласта.

Для контроля диаметра буровых скважин применяется кавернометрия. Так как при интерпретации гамма-каротажа вводятся поправки на диаметр скважины, кавернометрия проводится прежде всего в пределах рудных интервалов. При устойчивости среднего диаметра скважин в руде, доказанной на представительном количестве скважин, объем кавернометрии может быть сокращен до 10% от общего метража бурения по руде.

Инклинометрия выполняется в вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные. Замеры азимутальных и зенитных углов скважин производятся не более чем через 20 м с контролем и повторными измерениями в объеме 5–10%. При наличии в разрезе сильно магнитных пород достоверность измерений азимутальных углов инклинометрами с магнитной стрелкой должна быть заверена измерениями гироскопическими инклинометрами. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для пересечения крутопадающих рудных залежей под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин и бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.2. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, характера распределения основных компонентов, а также контроля данных

бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. На месторождениях с прерывистым распределением оруденения определяется степень рудонасыщенности, ее изменчивость, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд для оценки возможности их селективной выемки. Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

При разведке тел малой мощности штреки и восстающие желательнее проходить непосредственно по руде. В случаях когда, из-за сильного эманирования руд, проходка таких выработок затруднена, допускается вскрытие рудных тел длинными шпурами (скважинами), не реже, чем через 2–5 м, из полевых выработок. Тела значительной мощности по простиранию прослеживаются ортами (рассечками), располагаемыми не реже, чем через 25 м. Орты могут чередоваться с горизонтальными скважинами.

Прослеживание мощных тел по падению обычно производится веерами подземных скважин, с пересечением через 10–25 м. Как исключение, выборочная детализация участков залежей относительно простой формы и пологого залегания, может осуществляться скважинами с поверхности. При этом расстояние между пересечениями рудного тела не должно превышать 10–25 м.

При разведке месторождений, намечаемых для отработки СПВ, необходимая детализационная информация обеспечивается выборочным сгущением сети скважин, вплоть до соответствующей эксплуатационным сетям. На этих же участках осуществляются опытные и опытно-промышленные геотехнологические исследования по подземному выщелачиванию. Вместе с тем, характер процесса подземного выщелачивания определяет значительно менее жесткие требования к детальности представлений о распределении урановой минерализации в разрезе недр, что позволяет использовать более редкие разведочные сети. На таких месторождениях сплошность оруденения и его изменчивость по простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках – по маломощным рудным телам непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным жилообразным и штокверкообразным рудным телам – пересечением ортами, квершлагами, подземными скважинами в сочетании с прослеживающими горными выработками.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных залежей с учетом их размеров, особенностей геологического строения, характера распределения урана и возможности использования геофизических методов (наземных, скважинных, шахтно-рудничных) для оконтуривания рудных залежей и изучения сплошности оруденения.

Приведенные в табл. 6 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений урановых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На разведанных месторождениях запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3 и 4-й группы – категории С₁. На разведанных месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило не менее, чем в 2 раза по

сравнению с принятой для категории C_1 , а на месторождениях 4-й может приближаться к плотности сети эксплуатационного опробования.

Таблица 6

Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений в странах СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, в м.			
			В		C_1	
			по прос-тиранию	по падению	по прос-тиранию	по падению
2-я	Пластовые, линзообразные в плане, практически сплошные ($K_p \approx 1$), с устойчивой мощностью и равномерно-низким содержанием ($V < 100\%$).	скважины	200–100	50–25	200–100	100–50
	Жилообразные, крупные, крутопадающие, высокой сплошности ($K_p = 0,7–1$), с неравномерным содержанием ($V < 100\%$)	штреки	–	120–60	–	–
		орты	25–10	25–10	–	–
		восстающие	120	–	–	–
3-я	Жилообразные и штокверковые, крутопадающие, средней сплошности ($K_p = 0,4–0,8$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки	–	–	–	60–80
		орты,	–	–	50–25	25–10
		восстающие	–	–	40–60	–
		скважины	–	–	50–25	25–10
	Пластообразные, средней и высокой сплошности ($K_p = 0,6–1$), с неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки	–	–	–	60–120
		орты	–	–	50–25	50–25
		скважины	–	–	100–50	50–25
	Пластообразные, лентообразные, высокой сплошности в плане ($K_p = 0,6–1$) и низкой в разрезе, с относительно равномерным содержанием ($V < 100\%$).	скважины*	–	–	200–100	50–25
	4-я	Жилообразные и трубообразные, низкой сплошности ($K_p < 0,6$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки	–	–	–
орты			–	–	25–10	25–10
восстающие			–	–	40–60	–

*Для отработки СПВ
 На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории C_2 по сравнению с сетью для категории C_1 разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на разведанных месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Для месторождений с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков балансовых руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов должна быть оценена возможность их селективной выемки.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения; оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы по типовым формам. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием. Документация горных выработок обязательно сопровождается радиометрической съемкой документируемых поверхностей по сети не реже 0,5x0,5 м, а керны – сплошным радиометрическим промером. Результаты замеров фиксируются в документации.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться компетентными комиссиями в установленном порядке. Следует также оценивать качество опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералогических и инженерно-геологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов, все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Отбор проб керна и бороздовых проб производится по методикам и схемам, разработанным для каждого месторождения или по аналогии с однотипными месторождениями.

Принятый метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задииковый и др) определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г.

3.6.2. Мощность рудных интервалов и концентрация в них урана, используемые для подсчета запасов, определяются, как правило, по данным гамма-каротажа и гамма-опробования.

Методика проведения, контроля и интерпретации результатов всех видов каротажа и радиометрического опробования определяются соответствующими инструкциями.

Для интерпретации результатов радиометрических методов необходимо изучить состояние радиоактивного равновесия, а также распределение тория и калия. Такое изучение

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

осуществляется по результатам анализов проб, отбираемых из горных выработок и керна скважин обычными способами.

Для определения поправок на нарушение радиоактивного равновесия между радием и ураном, а также между радоном и радием в околоскважинном пространстве (отжатие фильтратом промывочной жидкости) могут быть использованы также данные, полученные методом каротажа нейтронов деления.

Для определения содержаний попутных полезных компонентов и вредных примесей могут использоваться как обычные методы опробования, так и методы ядерно-геофизического опробования стенок горных выработок и ядерно-геофизического каротажа скважин*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

3.6.3. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений – аналогов, на новых объектах устанавливается экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;
- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок.
- природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических, других свойств руд и уточняется по результатам радиометрических замеров, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленную условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При опробовании керна скважин, особенно при неполном его выходе, рекомендуется предварительно осуществлять увязку данных гамма-каротажа и промера керна, с совмещением характерных максимумов и минимумов, для уточнения положения материала керна по глубине. Интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов урана в пробу берется весь керн.

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях или по стенкам в зависимости от условий залегания залежи. Расстояния между опробуемыми забоями в прослеживающих выработках должны быть подтверждены экспериментальными данными. В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел линии гамма-профилирования и все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания ураносодержащих и попутных ценных минералов при принятом для горных выработок способе опробования.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения, руководствуясь «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г.

При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы) кратной 1 м. Для изучения покусковой контрастности руд необходимо использовать аппаратуру «направленного приема» с интерпретацией результатов гамма-каротажа и гамма-опробования по интервалам 5–10 см.

3.6.4. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания. При этом необходимо учитывать наличие неравновесных руд, тория, притоков радоновых вод, поглощения бурового раствора в рудных зонах. Кроме того, результаты интерпретации гамма-каротажа могут быть проконтролированы методом прямого определения содержания урана (КНД-М).

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования скважин и горных выработок контролируется более представительным способом, как правило, валовым в соответствии с «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 23 декабря 1992 г. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения с учетом характера распределения основных и попутных компонентов или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям, в части обоснованности коэффициента *K* и соблюдения схемы обработки. При обработке проб с резко различающимися содержаниями рудных минералов необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб рентгеноспектральными, радиометрическими, химическими, пробирными, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

Анализы рядовых проб выполняются на содержание урана и ценных попутных компонентов, встречающихся в близких концентрациях (чаще всего – молибдена). Содержания других попутных компонентов (фосфора, золота и др.), а также и вредных примесей (карбонаты, сера, органическое вещество и др.) могут определяться по групповым пробам. Также по групповым пробам оцениваются содержания тория и калия, и выполняются полные химические анализы для изучения вещественного состава и расчета эффективного атомного номера руд.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

Для градуировки анализирующей лабораторной аппаратуры используются стандартные образцы, указанные в отраслевой или государственной нормативно-технической документации (НТД); при отсутствии таких указаний используются стандартные образцы предприятия (СОП), изготовленные из руд с элементным составом, аналогичным или близким к составу руд разведываемого месторождения.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, НСОММИ и ОСТ 41-08-272-04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы не позднее следующего квартала.

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС).

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в контрольную лабораторию. Пробы, направляемые на внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождений и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов.

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лабораториям, выполняющим основные и контрольные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 7. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования – отбора, обработки проб и анализов, оценки стабильности работы аппаратуры, воспроизводимости результатов и др. – должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

Таблица 7

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний радиоактивных и некоторых сопутствующих им в рудах элементов.

Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %	Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %
1	2	3	4	5	6
Уран	>1	4,0	CaF ₂	>50	2,5
	0,1–1	5,0		20–50	3,0
	0,03–0,1	6,5		10–20	5,0
	0,01–0,03	8,0		2–10	10
	0,01	15		0,5–2	17
Торий	>1	4,5	Мышьяк	>2	3,0
	0,1–1	6,0		0,5–2	6,0
	0,03–0,1	8,5		0,05–0,5	16
	0,01–0,03	10		0,01–0,05	25
	<0,01	20		<0,01	30
Радий в % равновесного урана	>1	4,0	Золото средней крупности (до 0,6 мм)	>128	7,5
	0,03–0,1	5,0		64–128	8,5
	0,1–1	6,5		16–64	13
	0,01–0,03	8,0		4–16	25
	<0,01	15		<4	30
Железо общее	>45	1,0	Золото дисперсное	>128	4,0
	30–45	1,5		64–128	4,5
	20–30	2,0		16–64	10
	10–20	2,5		4–16	18
	5–10	5,0		1–4	25
	1–5	10		<1	30
TiO ₂	>15	2,5	Цирконий в оксиде ZrO ₂	>3	3,5
	4–15	6,0		1–3	6,0
	1–4	8,5		0,1–1	15
	<1	17		<0,1	30
Сера	>40	1,0	BeO	>10	2,5
	30–40	1,2		5–10	3,0
	20–30	1,5		1–5	5,5
	10–20	2,0		0,5–1	7,0
	2–10	6,0		0,2–0,5	10
	1–2	9,0		0,1–0,2	12
	0,5–1	12		0,05–0,1	15
	0,3–0,5	15		0,02–0,05	20
	0,1–0,3	17		0,01–0,02	25
	0,05–0,1	20		>5000	4,5
<0,05	30	1000–5000	6,0		
Цинк	>10	2,5	Селен	500–1000	8,0
	5–10	3,5		100–500	15
	2–5	6,0		50–100	20
	0,5–2	11		20–50	25
	0,2–0,5	13		<20	30
	0,1–0,2	17		>10	4,5
	0,02–0,1	22		1–10	7,0
Свинец	>10	2,5	Сумма редких земель	0,5–1	10
	5–10	3,5		0,2–0,5	13
	2–5	6,0		0,1–0,2	20
	1–2	8,5		0,05–0,1	25
	0,5–1	11		<0,05	30
	0,2–0,5	13		>500	2,5
	0,1–0,2	17		300–500	5,0

Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %	Компоненты	Классы содержаний, % (Se, Ag, Au, Ti, Ga, Ge, Re, г/т)	Допустимые среднеквадратические погрешности, %
Медь	>5	2,5	Серебро	>500	2,5
	3–5	4,5		300–500	5,0
	1–3	5,5		100–300	7,0
	0,5–1	8,5		30–100	12
	0,2–0,5	13		10–30	15
	0,1–0,2	17		1–10	22
	0,05–0,1	25		0,5–1	25
	0,01–0,05	30		30–40	1,3
Никель	1–2	5,0	P ₂ O ₅ в фосфоритах, апатитах	20–30	2,0
	0,5–1	7,0		10–20	3,5
	0,2–0,5	10		5–10	4,0
	0,02–0,2	20		>1	8,0
Кобальт	>1	2,5	V ₂ O ₅	0,5–1	12
	0,5–1	3,5		0,2–0,5	15
	0,1–0,5	6,0		0,1–0,2	20
	0,05–0,1	10		0,01–0,1	25
	0,01–0,05	25		<0,01	30
Молибден	>1	3,5	Рений	>40	18
	0,5–1	6,0		20–40	19
	0,2–0,5	8,5		10–20	22
	0,1–0,2	13		5–10	24
	0,05–0,1	18		1–5	26
	0,02–0,05	23		<1	30
Калий в оксиде К ₂ O	>5	6,5	Au крупное	>128	10
	1–5	11		64–128	12
	0,5–1	15		16–64	18
	<0,5	30		4–16	25
				<4	30

Примечание. Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией

3.11. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространения.

Особое внимание уделяется ураносодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений. Наряду с рудами систематическому минералогическому изучению подвергаются также и продукты их обогащения.

3.12. При изучении месторождений для отработки способом ПВ должны быть получены данные о растворимости урановых и урансодержащих минералов в химических реагентах, используемых для извлечения урана. В случаях, когда уран находится в виде нескольких минералов, различающихся по растворимости, должен быть составлен баланс распределения урана по растворимым и труднорастворимым минералам. При подземном выщелачивании должна быть изучена восстановительная емкость пород и руд. Определены и

выявлены геохимическая зональность по этому признаку, содержание и природа различных восстановителей, соотношение закисного и окисного железа.

3.13. Определение объемной массы необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев.

Объемная масса плотных руд и рудовмещающих пород определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Каждая разновидность руд и вмещающих пород должна быть охарактеризована не менее чем 30 образцами (пробами). При наличии горных выработок объемная масса определяется методом ослабления гамма-излучения не менее 20–30 конвертов по каждому выделенному промышленному типу руд. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.14. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд, их вскрываемости при кислотном и карбонатном выщелачивании устанавливаются природные разновидности руд и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и раздельной переработки. Окончательное выделение промышленных (технологических) типов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождениях природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки в транспортных емкостях добываемой горнорудной массы. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. В соответствии с «Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными Председателем ГКЗ 23 ноября 1992 г. должны быть установлены: порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей; физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы; показатели радиометрической сортировки для порций разного объема.

Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнопорционной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную, некондиционную руды и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должно быть заверено контрольным валовым опробованием.

При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды.

Исследования способности руд к радиометрической сепарации кускового материала включают испытания специально отобранных проб на лабораторных или полупромышленных сепараторах. При этом должны определяться гранулометрический состав руды после крупного дробления с оценкой распределения металла по классам, выход машинных классов при дроблении, технологические показатели радиометрической сепарации с получением кускового концентрата, отвальных хвостов и промпродукта, направляемого вместе с отсевом на переработку традиционными методами обогащения.

В результате должны быть определены целесообразность радиометрической сепарации руд перед гидрометаллургической переработкой и возможность их разделения на сорта для заводской и кучной переработки. Одновременно, особенно на месторождениях с телами

сложной морфологии, следует оценить возможность получения отвальных хвостов при сортировке руд, извлекаемых массовыми системами при повышенном разубоживании и целесообразность применения таких высокопроизводительных и дешевых систем.

В процессе разведки должна быть изучена в лабораторных, а при необходимости, в натуральных условиях возможность извлечения урана из добытых некондиционных руд способом кучного выщелачивания.

4.2. Технологические свойства руд изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. Лабораторные исследования проводятся на этапе поисков и оценки. На стадии разведки должны проводиться технологические исследования в полупромышленных условиях.

При имеющемся опыте промышленной переработки для легковскрываемых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд, а в случае необходимости и продуктов их переработки, должны производиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

Отбор проб для полупромышленных технологических исследований следует выполнять в соответствии с существующими инструкциями по отбору урановых руд для технологических испытаний.

4.3. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы, разрезы.

На лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания и сортировки горнорудной массы на РКС. При полупромышленных испытаниях должна быть отработана вся схема переработки руд, начиная от рудоподготовки, включая измельчение и самоизмельчение руд, и кончая экстракционной переработкой товарных регенератов. Для месторождений в районах с действующими рудоперерабатывающими предприятиями полупромышленные испытания руд должны производиться по схеме предприятия, на котором предусматривается их переработка. Отбор проб для полупромышленных технологических исследований следует выполнять по согласованным проектам и при участии представителей предприятия, которое будет проводить испытания.

4.4. Принципиальная возможность извлечения урана способом СПВ устанавливается геотехнологическими исследованиями на начальной стадии оценки месторождений.

Такие исследования выполняются в лабораториях на образцах керна с нарушенной и ненарушенной структурой, в объемах, достаточных для выбора схемы, предварительной оценки показателей извлечения и расхода реагентов. Однако смоделировать в лаборатории особенности протекания процесса в недрах практически невозможно. Поэтому на

завершающей стадии оценочных работ, при окончательном определении промышленной ценности месторождения, необходимо проведение натуральных геотехнологических испытаний.

Такие испытания обычно проводятся по двухскважинной схеме, без передела продуктивных растворов, в условиях дебаланса откачки-закачки. Отношение дебитов откачки и закачки обычно выбирается порядка 3–5, что позволяет локализовать область циркуляции растворов. В процессе опыта систематически замеряются дебиты и опробуются откачиваемые растворы, по содержанию урана в которых, путем умножения на коэффициент дебаланса, оценивается вероятное содержание урана в промышленных растворах при СПВ. По общему объему растворов и среднему содержанию урана в них оценивается количество извлеченного в растворы металла, а по разности его с первоначальной оценкой в недрах – степень извлечения. Двухскважинные опыты позволяют получить достаточно надежные оценки всех параметров выщелачивания, за исключением показателей передела растворов. Отрицательный результат таких опытов чаще всего свидетельствует о невозможности отработки данного участка СПВ, а если участок достаточно типичен, то и месторождения в целом. Время, необходимое для проведения двухскважинных опытов, обычно составляет от 3 до 6 месяцев.

На стадии разведки приступают к проведению многоскважинных опытов, практически отвечающих опытной эксплуатации. Такие опыты проводят на малых группах элементарных ячеек (обычно 2–3 откачные и соответствующее количество закачных скважин), с введением в схему узла переработки растворов и с получением конечной продукции (насыщенного сорбента или желтого кека). Время проведения таких опытов составляет уже не менее 1–2 лет. В них отрабатываются оптимальные режимы и получаются все показатели, необходимые для проектирования предприятия.

Основными геотехнологическими параметрами при СПВ являются коэффициенты фильтрации и дебиты скважин по откачке, средняя концентрация урана в выходных растворах, степень извлечения металла из недр, удельные затраты реагента на кг урана, а также отношение масс рабочего раствора и прорабатываемых им пород (жидкого к твердому, Ж/Т), при котором достигается плановое извлечение.

Примерные значения этих параметров, позволяющие обосновать положительную или однозначно отрицательную оценку геотехнологических свойств месторождений, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Параметры для обоснования оценки геотехнологических свойств месторождения

Параметр	Значение, отвечающее положительной оценке	Значение, отвечающее отрицательной оценке
Коэффициент фильтрации (для воды), м/сут	> 1	< 0,5
Средняя концентрация урана в растворах, мг/л	> 40	< 20
Отношение Ж/Т	1–3	> 5–10
Удельные затраты реагента, кг H ₂ SO ₄ /кг U	< 100	> 150–200
Степень извлечения урана от запасов в недрах, %	> 70	< 50

Опытные работы по СПВ на стадии разведки обязательно должны доводиться до конца, т.е. до достижения содержания в растворах, отвечающего промышленному минимуму, поскольку только в этом случае могут быть получены объективные оценки извлечения и всех других показателей, необходимых для дальнейших экономических расчетов.

4.5. Изучение возможности выщелачивания руд в горных выработках и кучах обычно ограничиваются лабораторными исследованиями. Как правило, эти способы могут рассматриваться только в качестве вспомогательных для утилизации попутно добываемых бедных руд или доработки их остаточных запасов в недрах на действующих предприятиях, поскольку значительные затраты на горное вскрытие и подготовку, при пониженной степени извлечения и низкой интенсивности отработки, не могут быть скомпенсированы. Однако при появлении месторождений, для которых подземное выщелачивание с горным вскрытием будет рассматриваться в качестве основного способа разработки, их разведка должна

включать расширенные геотехнологические исследования, с проведением натуральных испытаний.

4.6. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки, с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение, а также кучного выщелачивания отвалов РКС.

По каждому из сортов и типов руд должны быть определены минеральный и химический составы исходной руды и продуктов ее обогащения, представлены данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, выхода машинных классов, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов, определены технологические показатели переработки: для процесса выщелачивания – величина извлечения урана, для процессов флотации и гравитации – выход концентрата, его качество, метод переработки концентрата, извлечение основных и попутных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение, расход реагентов, необходимость обезвреживания промстоков. Качество продуктов переработки и концентратов должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Для попутных компонентов, в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также определить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения. Для попутных полезных ископаемых и компонентов, требующих иных способов извлечения, по сравнению с технологией извлечения урана, технология переработки руд и их продуктов должна быть изучена в соответствии с требованиями Методических рекомендаций по применению Классификации запасов к месторождениям этих полезных ископаемых.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод, а также отходов, переработки минерального сырья и даны рекомендации по очистке промстоков.

4.7. Основным способом переработки урановых руд является гидрометаллургический передел, которому, в зависимости от конкретных особенностей руд, могут предшествовать: радиометрическое обогащение (покусковая или мелкопорционная сортировка); механическое обогащение (гидроциклонирование, избирательное измельчение, обогащение в тяжелых суспензиях и др.); другие способы обогащения (флотация, термическая обработка и др.).

Механическому обогащению подвергаются урановые руды, в которых урансодержащие минеральные образования резко отличаются по физико-механическим свойствам от минералов вмещающих пород (например, слюдовые руды в гранитах и сланцах, фоссилизированный ураноносный костный детрит в глинах и др.).

Радиометрическому обогащению подвергаются урановые руды, обладающие достаточной радиометрической контрастностью и механическими свойствами, определяющими высокий выход обогатимых классов крупности при дроблении (обычно +25 мм или +15 мм).

Прочие способы предварительного обогащения применяются для урановых руд при необходимости извлечения попутных компонентов или удаления вредных примесей.

Попутными полезными компонентами в рудах урановых месторождений могут являться молибден, фосфор, золото, серебро, ванадий, рений, селен, сера (при высоком содержании и целесообразности получения сульфидного концентрата для попутного серноокислотного производства), редкие земли, флюорит (при высоком содержании) и др. Руды некоторых зарубежных месторождений (Канада, Австралия) содержат в промышленных концентрациях также никель, кобальт. В рудах месторождения Падма (Карелия) отмечены платиноиды.

Вредными примесями являются карбонаты (при кислотной схеме переработки), сера

(при карбонатной схеме), цирконий, мышьяк, флюорит (при невозможности его утилизации, как ценного компонента), органическое вещество (при содержании, препятствующим окислению) и др.

4.8. Гидрометаллургическая переработка урановых руд производится по кислотной или карбонатной схемам, с применением при необходимости интенсифицирующих агентов (нагрев, давление, добавка окислителей). Выбор схемы переработки и её экономические показатели определяются химическим составом руд и типом урановой минерализации.

По **вещественному составу** урановые руды подразделяются на алюмосиликатные, карбонатные, сульфидные, фосфатные (табл. 9).

Таблица 9

Типы вещественного состава урановых руд.

Тип руды	Разновидности типа	Определяющий компонент	
		Вид	Содержание, %
Алюмосиликатный	–	Силикаты и алюмосиликаты	>95
Карбонатный	низкокарбонатный	Карбонаты	6–12
	среднекарбонатный		12–15
	высококарбонатный		>25
Сульфидный	малосульфидный	Сульфиды	3–10
	среднесульфидный		10–25
	высокосульфидный		>25
Фосфатный	малофосфатные	P ₂ O ₅	3–10
	среднефосфатные		10–20
	высокофосфатные		>20
Каустобиолитовые	Ураноносные угли и твердые битумы	–	
	Углистые и битуминозные сланцы, песчаники и другие породы	–	

По содержанию урана руды разделяются на три сорта: *богатые* (более 0,3% урана), *рядовые* (0,1–0,3%) и *бедные* (<0,1%).

По типу урановой минерализации руды разделяются на следующие основные типы:

- настурановые и уранинитовые (оксидные);
- коффинит-настурановые;
- браннеритовые, настуран-браннеритовые и настуран-коффинит-браннеритовые (титанатовые);
- апатитовые и настуран-apatитовые;
- уранофановые и слюдковые.

Руды оксидного, коффинит-настуранового и слюдкового типов легко вскрываются, как при кислотной, так и при карбонатной схеме. Титанатовые, фосфорные и уранофан-уранотитовые руды могут перерабатываться только по кислотной схеме. При этом, среди титанатовых руд встречаются, как относительно легко вскрываемые, так и весьма упорные разновидности.

По содержанию попутных компонентов урановые руды могут быть разделены на две основные группы: руды, в которых уран и попутные компоненты входят в состав одних и тех же минералов (уран и ванадий в карнотите, фосфор и уран в апатите); и руды, в которых уран и прочие компоненты заключены в разных минералах (Ni-Co в сулфоарсенидах, Mo, Au и Ag в сульфидах и иных формах). Руды первой группы поступают на гидрометаллургический передел, независимо от наличия попутных компонентов, а последние могут быть извлечены в виде чистых химических продуктов. Руды второй группы могут предварительно обогащаться методами гравитации или флотации, с выделением попутных компонентов в самостоятельные концентраты. Молибден, который часто бывает связан с нефлотируемыми иордизитом и ильземанитом, извлекается в едином с ураном гидрометаллургическом процессе.

Кислотный метод получил наибольшее распространение как более экономичный и обеспечивающий высокое извлечение урана. При взаимодействии с кислотами урановые минералы образуют комплексный катион UO_2^{+2} , устойчивый даже в слабокислых средах. На большинстве предприятий используют H_2SO_4 , реже применяют соляную и азотную кислоты. Наиболее благоприятными для кислотного выщелачивания являются руды, сложенные преимущественно силикатами, алюмосиликатами, кварцем и содержащие лишь небольшие количества карбонатов (4.5%), фосфатов, сульфидов, свободных оксидов железа и органического вещества. В разбавленных кислотах хорошо разлагаются все вторичные минералы урана. Уранинит, настурин и черни выщелачиваются в присутствии окислителя. Достаточно высокое извлечение урана из углей, асфальтита и других органических веществ достигается лишь после обжига.

Тантало-ниобиевые, циркониевые, редкоземельные минералы, ураносодержащие титанаты требуют для разложения и извлечения урана применения концентрированных кислот и повышенных температур вскрытия.

Карбонатное выщелачивание проводится в автоклавах и пачуках. При взаимодействии с растворами щелочей уран избирательно в виде комплексного уранил-карбонатного иона переходит в раствор, в то время как карбонаты и силикаты остаются в кеках. Селективность процесса обеспечивает получение слабо загрязненных растворов. С целью полного вскрытия урановых минералов требуется измельчение до $-0,06$ мм. Для растворения оксидов четырехвалентного урана необходимо применение окислителей. Плохо разлагаются в щелочах силикаты урана, ниобо-тантало-титанаты и уранаты. Карбонатный способ непригоден, если руды содержат много гипса и гумусовых веществ.

Извлечение урана из растворов и пульп производится сорбционно-экстракционным способом. Процесс сорбции из осветленных пульп осуществляется в ионообменных колоннах. Для десорбции урана со смолы используют растворы серной и азотной кислоты, сульфата аммония, хлорида натрия. Параллельно из осветленных растворов и растворов перечистки десорбентов уран извлекается жидкостной экстракцией. Сопутствующие урану ценные компоненты извлекаются вместе с ураном на стадии выщелачивания, затем выделяются на стадиях сорбции, десорбции и экстракции, реже методами химического осаждения и кристаллизации.

Осаждение химического концентрата закиси – окиси урана (U_3O_8) из концентрированных растворов производится аммиаком, реже перекисью водорода.

Товарной продукцией горно-химических комбинатов, осуществляющих весь цикл добычи и переработки уранового сырья, обычно является закись-окись урана (U_3O_8), требования к которой устанавливаются ТУ 95 1981–89. Извлечение урана из руды в закись – окись колеблется в пределах 85–97% соответственно для содовых и кислотных схем. Для отдельных предприятий, особенно при СПВ, товарной продукцией может являться и т.н. «желтый кек» (аммоний-уранил-трикарбонат – АУТК), качество которого определяется ТУ 95 2776–2001.

Дальнейшая переработка атомно-энергетического сырья включает аффинаж, с получением особо чистых (ядерная чистота) соединений, производство гексафторида урана, обогащение по изотопу ^{235}U , получение двуокиси NO_2 и, наконец, производство на ее основе тепловыделяющих элементов АЭС (ТВЭЛ-ов).

4.9. Отработка урановых месторождений способом СПВ, а также выщелачивание руд на месте залегания в горных выработках и в кучах, производятся с применением тех же реагентов.

Кислотный способ при подземном и кучном выщелачивании не требует добавки специальных окислителей, хотя их применение может интенсифицировать процесс. Карбонатная схема требует обязательного введения в раствор окислителя, причем в качестве такового уже не может использоваться пиролюзит, применяемый в заводских условиях. В качестве окислителя при СПВ чаще всего используют кислород воздуха или чистый кислород, вводимые путем аэрации растворов. Более эффективным, но дорогим и сложным в

эксплуатации (пожаро, взрывоопасность) окислителем является пергидроль. Сравнительные характеристики кислотной и карбонатной схем СПВ приведены в таблице 10:

Таблица 10

Сравнительные характеристики кислотной и карбонатной схем

Характеристика	Кислотная схема	Карбонатная схема
Основной реагент	H ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃ , NaHCO ₃ , (NH ₄) ₂ CO ₃
Окислитель	Не обязателен	O ₂ , H ₂ O ₂
Концентрация основного реагента	5–30 г/л	0,5–10 г/л
окислителя: O ₂	–	100–300 мг/л
H ₂ O ₂	–	0,1–3 г/л
рН растворов	0,8–1,2	8–11
Вредные факторы	Карбонаты > 2,5% CO ₂	Сульфиды, >1%
Общая эффективность процесса	Высокая	Пониженная
Материал труб и арматуры	Полиэтилен, пластики, нерж.сталь	Допустим черный металл
Экологически вредный фактор	Оставление в недрах кислотных растворов	Извлечение на поверхность активного Ra

Чаще используется кислотная схема, обеспечивающая более высокую интенсивность процесса. Карбонатная схема выступает в качестве конкурирующей, при повышенной карбонатности пород и руд или при иных факторах, осложняющих применение кислотной схемы. В таких случаях выбор оптимальной схемы определяется экономическими расчетами.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождений.

5.1. Изучение гидрогеологических условий месторождений производится с учетом специфики их отработки (горным способ или СПВ).

5.1.1. Гидрогеологические исследования при горном способе отработки месторождений проводятся с целью изучения условий их обводненности, оценки возможных водопритоков в горные выработки, определения мероприятий по осушению, условий сброса или хранения шахтных вод, а также влияния осушительных мероприятий на окружающую среду.

В процессе исследований по каждому водоносному горизонту, участвующему в обводненности месторождения, устанавливается его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами. Определяется положение уровней подземных вод и другие параметры. По данным опытных откачек и режимных наблюдений рассчитываются возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разрабатываются мероприятия по их защите от подземных вод. По подземным водам, участвующим в обводнении, изучаются химический состав, содержание радиэлементов и бактериологическое состояние вод, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам. Оценивается возможность использования этих вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие и проектируемые в районе водозаборы и другие инженерные сооружения, связанные с использованием подземных и поверхностных вод.

Возможность отвода шахтных и дренажных вод должна быть согласована с местными органами по регулированию использования и охраны вод, государственного санитарного надзора, земельного контроля, а при использовании природных вод для рыбоводства и рыболовства – органами рыбнадзора. При невозможности утилизации откачиваемых подземных вод и противопоказаниях на их отвод в речную сеть, должны быть разработаны рекомендации по организованному их хранению в поверхностных, природных или искусственных ёмкостях, указаны возможные варианты строительства инженерных хранилищ шахтных вод. Утилизация дренажных вод предполагает подсчёт

эксплуатационных запасов. Подсчёт эксплуатационных запасов дренажных вод производится в соответствии с «Требованиями к изученности и подсчёту эксплуатационных запасов подземных вод, участвующих в обводнении месторождений твёрдых полезных ископаемых», утвержденными приказом ГКЗ СССР от 06 июня 1986 г. № 20-орг. и «Методическими рекомендациями по оценке эксплуатационных запасов дренажных вод месторождений твёрдых полезных ископаемых», одобренными начальником отдела геоэкологии и гидрогеологии Мингео СССР 24.01.1991 г. и согласовано с ГКЗ.

5.1.2. Гидрогеологические исследования при разведке месторождений под отработку СПВ проводятся с целью прогноза гидродинамики процесса СПВ, обоснования систем расположения и дебитов технологических скважин, прогноза изменения гидродинамических условий в процессе эксплуатации, оценки возможного взаимного влияния водозаборов подземных вод и системы СПВ, а также экологических последствий СПВ.

В процессе изучения должны быть выделены литолого-фильтрационные типы пород, изучены их фильтрационные свойства, оценено соотношение водопроницаемости руд и безрудных пород, определены дебиты скважин, оборудованных на рудные интервалы. Установлены режимы подземных вод (напорный или безнапорный) и величины напоров, качество водоупоров в кровле и подошве рудовмещающего горизонта, глубина залегания уровня, направление и скорость движения; химический состав и агрессивность подземных вод, влияние на гидродинамические условия горизонтов основных разрывных нарушений.

По результатам исследований даются прогнозы растекания продуктивных растворов за пределы геотехнологических полигонов, оценивается влияние процесса на существующие и проектные водозаборы, участки с утвержденными ГКЗ запасами и др. объекты. Определяется также вероятность естественной нейтрализации растворов и необходимость принудительных мер рекультивации водоносных горизонтов после завершения эксплуатации.

5.2. Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений также производятся с учетом способов их отработки (горным или СПВ).

5.2.1. Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений под горный способ проводятся с целью информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

В процессе исследований должны быть определены плотность, твердость, сопротивление сжатию, разрыхляемость и другие необходимые характеристики руд, рудовмещающих пород, перекрывающих и подстилающих отложений, для естественного и водонасыщенного состояния. Должны быть изучены инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, состояние в зоне выветривания, а также охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. Особое внимание необходимо уделять участкам ослабленных пород (зоны разломов, плавунные породы и др.). Должны быть собраны данные о сейсмичности района, возможных участках схода лавин, селеопасных направлениях и т.д. В районах с развитием многолетнемерзлых пород определяется температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубина слоя сезонного оттаивания и промерзания. Инженерно-геологические исследования необходимо производить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга

геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.)

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы, позволяющие приступить к проектированию карьера или подземного рудника.

5.2.2. Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений для отработки СПВ выполняются с целью дифференциации среды по проницаемости для технологических растворов и изучения условий создания крупных скважинных систем.

В процессе исследований должны быть изучены гранулометрический состав, фильтрационные и водно-физические свойства пород; категория пород по буримости, степень устойчивости пород при бурении и оборудовании скважин (поглощение промывочной жидкости, проявление пучащих и плавунных свойств пород и др.). При изучении гранулометрического состава, основной показатель – содержание глинистой фракции, определяющее относительную проницаемость слоев, обязательно изучается по разрезу дифференцированно. Кроме опробования керна, для послойной оценки фильтрационных свойств пород, используются специальные виды каротажа (электрический методами КС и ПС, расходомерия.).

Устанавливается температурный режим в интервале залегания оруденения, а также условия поверхности, определяющие размещение скважинных систем и трубопроводов (необходимость и объем планировочных работ, строительства подъездов и др.). Собираются сведения о возможных геодинамических явлениях и процессах в районе месторождения, качестве тампонажа разведочных скважин, климатических условиях, почвенном и растительном покрове.

5.3. Принципиальные схемы добычи и переработки урановых руд горным способом и СПВ приведены в приложении 2 и 3.

5.3.1. Горная разработка месторождений урана производится открытым, подземным и комбинированным способами. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей и схем добычи руды. При комбинированном способе границу разработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом.

При добыче урановых руд открытым способом на месторождениях жильно-штокерного типа, залегающих в скальных породах применяется буро-взрывная технология и автотранспорт. На месторождениях песчаникового типа в рыхлых породах – прямая экскавация роторными комплексами и конвейерный транспорт. Крупные карьеры первого типа действовали на месторождениях Маньбай (Казахстан) и Тулукуевское (Россия), второго – на месторождениях Меловое (Казахстан) и Уч-Кудук (Узбекистан). В настоящее время действующие карьеры на территории стран СНГ отсутствуют. Максимальная глубина карьеров на урановых месторождениях достигала 200 м.

Подземным способом в России в настоящее время эксплуатируются месторождения Стрельцовского района. Глубина отработки до 800 м. Применяются системы с закладкой и с обрушением. Наиболее глубокие подземные рудники (до 2000 м) действовали на жильных месторождениях Рудных гор в Германии (Шлема-Альберода и др.). В настоящее время добыча на них прекращена.

Специфика горной разработки определяется двумя факторами:

- возможностью радиометрического экспресс-опробования на всех стадиях процесса добычи – при отбойке, погрузке и транспортировке горной массы и, как следствие, организации ее сортировки также на всех указанных операциях;
- необходимостью соблюдения специальных мер радиационной безопасности при добыче и транспортировке руд, а также при последующей рекультивации земель.

Сортировка на стадии отбойки осуществляется путем радиометрического каротажа взрывных шпуров или скважин, с последующим выбором режима взрывания, обеспечивающего необходимую селективность выемки.

Сортировка в процессе погрузки может эффективно осуществляться при открытой добыче путем установки датчиков излучения непосредственно на ковшах экскаваторов.

Сортировка в транспортных емкостях (самосвалах, вагонетках) производится путем их пропускания через специальные рудосортировочные комплексы с выделением нескольких сортов. Обычно выделяются следующие сорта: фабричный, непосредственно направляемый на переработку на гидрометаллургическом заводе; сепарируемый, направляемый на предварительную покусковую радиометрическую сепарацию; кучный – направляемый в специальные штабеля для последующего кучного выщелачивания; практически пустая порода.

Специальные меры безопасности заключаются в усиленной вентиляции выработок, принятии мер по снижению эманации пород, руд и шахтных вод (бетонирование выработок, покрытие водостоков), пылеподавлении, систематическом контроле уровня радиации и дозиметрическом контроле персонала.

5.3.2. Подземное выщелачивание урана скважинными системами представляет собой наиболее прогрессивный и экологически безопасный способ эксплуатации урановых месторождений. При этом способе в минимальной степени нарушается земная поверхность, исключается нахождение персонала под землей, резко сокращается его численность, относительно легко осуществляется автоматизация управления процессом. Главными условиями применения скважинного подземного выщелачивания (СПВ) являются высокая естественная проницаемость и обводненность рудовмещающей среды. Таким требованиям обычно отвечают рыхлые, слабо литифицированные, водонасыщенные осадочные образования, проведение горных выработок в которых чаще всего крайне затруднено или даже невозможно.

Способом СПВ могут обрабатываться руды с весьма низким содержанием урана (первые сотые%), причем в процесс вовлекаются практически любые его концентрации, вплоть до близкларковых. При СПВ также практически не сказывается значительная неравномерность распределения урановой минерализации по мощности фильтрующего горизонта, поскольку растворами неизбежно прорабатывается все проницаемое пространство. Поэтому для оценки месторождений часто используется показатель продуктивности залежей в плане, рассчитываемый через суммарный метропроцент по пересечению.

СПВ осуществляется путем вскрытия продуктивного пласта специальными технологическими скважинами, в одни из которых подается раствор реагента, а из других производится откачка промышленного раствора. На поверхности раствор пропускается через сорбционные установки, доукрепляется реагентом и снова подается в недра. Диаметры откачных скважин 150–390 мм, закачных 150–200 мм. В качестве водоподъемных средств используются эрлифты и погружные насосы. Расстояние между скважинами определяется фильтрационными свойствами рудного пласта и колеблется в пределах первых десятков метров.

Производительность элементарной выщелачивающей ячейки (обычно 1 откачная и 2–6 закачных скважин) зависит от фильтрационных свойств и продуктивности пласта, но в среднем относительно не велика (1–3 т урана в год). Поэтому для достижения высокой производительности необходимо создание систем в сотни-тысячи скважин. Содержание урана в растворах также зависит от ряда условий, но обычно находится в пределах 40–200 мг/л. С течением времени, по мере выщелачивания урана из объема ячеек, содержание в растворах постепенно снижается. Время отработки участков обычно составляет 1–3 года.

На экономику СПВ сильно влияет глубина залегания руд, т.к. с ее ростом увеличиваются удельные затраты на бурение эксплуатационных скважин. При этом, глубины порядка >600–700 м оказываются критическими, т.к. могут потребовать применения станков повышенной мощности, что резко и скачкообразно удорожает бурение.

Основными факторами, определяющими принципиальную возможность отработки месторождений СПВ, являются проницаемость и обводненность рудовмещающей среды,

минеральный состав руд, обеспечивающий их вскрываемость применяемыми растворами, взаимоотношение дифференциальной проницаемости пласта и распределения урановой минерализации. Так, наличие в разрезе высокопроницаемых слоев, при приуроченности минерализации к менее проницаемым, может определять циркуляцию растворов преимущественно по безрудной среде и, как следствие, низкую концентрацию урана в них и резко пониженное извлечение его из недр. Отсутствие водоупоров, ограничивающих рудоносный горизонт, вызывает растекание растворов по безрудному разрезу, что также снижает концентрацию в них урана и увеличивает удельный расход реагентов, и т.п.

Разработка месторождений урана, залегающих в рыхлых обводненных породах, способом СПВ в настоящее время широко применяется в Казахстане (месторождения Уванас, Мынкудук, Канжуган, Карамурун и др.) и Узбекистане (Букинай, Лявлякан и др.). В России этим способом разрабатывается месторождение Даламатовское. Производительность отдельных предприятий СПВ составляет 200–600 т урана в год, хотя, в благоприятных условиях, может, по-видимому, быть и больше. Глубина отработки 150–500 м. Себестоимость урана, добываемого СПВ, в 3–6 раз ниже, чем при горном способе.

5.4. При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведваемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.5. Необходимо показать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород, дать рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

5.6. По районам новых месторождений следует обобщить данные о наличии сырья для производства строительных материалов.

5.7. Экологические исследования выполняются при любом намечаемом способе разработки месторождений и имеют для добывающих уран предприятий, как источников повышенной опасности, особое значение. Целью экологических исследований является информационное обеспечение проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Специфика воздействия разработки месторождений урановых руд на окружающую среду определяется их радиоактивностью, способом разработки (подземным, открытым или СПВ), а также применением гидрометаллургического процесса переработки, с использованием больших количеств достаточно активных реагентов, которые при СПВ неизбежно попадают в недра.

При изучении исходного состояния окружающей среды должны быть установлены ее фоновые параметры: уровень естественной радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, состояние почвенного покрова, растительного и животного мира. При СПВ особое внимание уделяется состоянию подземных вод, которые в районе урановых месторождений, как правило, бывают изначально и естественно загрязнены радиоэлементами, что исключает или ограничивает их хозяйственное использование.

При оценке характера и степени воздействия предприятия на природную среду определяются:

- объемы природных ресурсов, используемых в процессе деятельности или безвозвратно изымаемых на нужды предприятия (лесные и водные ресурсы, земли для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.);
- предполагаемые виды химического и физического воздействия, намечаемого к строительству объекта на окружающую среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод и почв рудничными водами и промстоками, а воздуха – выбросами в атмосферу газов и аэрозолей), размеры зон влияния источников

загрязнения, продолжительность и динамика функционирования, интенсивность, степень и опасность их воздействия.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Отвалы не утилизируемых убогих руд и минерализованных пород, а также хвостохранилища перерабатывающих комплексов, имеющие повышенную радиоактивность, должны быть рекультивированы в соответствии с действующими нормативами радиационной безопасности.

При СПВ практически все вредные отходы оказываются естественно захороненными. Главную экологическую опасность при этом способе представляет миграция загрязненных реагентами подземных вод. Как показывает имеющийся опыт, при такой (обычно весьма медленной) миграции неизбежно происходит постепенная саморекультивация загрязненных вод за счет поглощения и нейтрализации реагентов содержащимися в породах нейтрализаторами и сорбентами (карбонаты, цеолиты, глинистые минералы, органика). Прогноз возможности и темпов такой саморекультивации необходимо сделать на основании проведенных исследований.

В процессе СПВ по мере отработки полигонов, на них должны создаваться системы мониторинга состояния подземных вод, причем эти системы должны продолжать действовать и после ликвидации предприятий, что следует учитывать еще при их проектировании.

Специального изучения требуют факторы, влияющие на здоровье персонала уранодобывающих горных предприятий (пневмокониозоопасность, радиоактивность, геотермические условия и др.). Удельное эквивалентное радоновыделение (УЭР) в горных выработках должно быть изучено с полнотой, достаточной для проектирования рудничной вентиляции.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

5.8. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

5.9. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

6. Подсчет запасов

6.1. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений урановых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую (на предприятиях СПВ 3-х летнюю) производительность будущего предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;
- однородностью геологического строения и примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями и т.д.);
- общностью горнотехнических условий разработки. По падению (при СПВ обычно по простиранию) рудных тел подсчетные блоки следует разделять с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений урановых руд:

6.3.1. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются на месторождениях 2-ой группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. Промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

Применение коэффициента рудоносности при подсчете запасов категории В, как правило, не допускается.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок.

На месторождениях, намечаемых для отработки СПВ, запасы категории В при разведке, как правило, не подсчитываются. К этой категории могут относиться запасы полигонов, разбуренных сетями эксплуатационных скважин и подготовленные для закачки реагентов.

6.3.2. К **категории С₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. При подсчете запасов категории С₁ на месторождениях урана допускается применение коэффициента рудоносности, при условии, что его величина составляет для месторождений 2 группы >0,7, а 3–4 групп > 0,4. Контур запасов категории С₁, как правило, определяются геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

6.3.3. Запасы **категории С₂** подсчитываются по конкретным рудным телам или рудоносным зонам, контуры которых определены по разреженным (относительно принятой для запасов категории С₁) разведочным сетям, а также путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий, при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений.

6.3.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности основных подсчетных параметров.

6.3.5. Запасы урановых руд подсчитываются в метрических тоннах (тыс. тонн, млн. тонн), запасы урана – в тоннах металлического урана. Содержания урана оцениваются в весовых%, а площадная продуктивность при СПВ – в кг урана на 1 кв.м площади (через

суммарные величины метропроцентов всех кондиционных рудных прослоев в пределах мощности продуктивного пласта).

6.3.6. При подсчете запасов для СПВ к балансовым должны относиться только запасы в проницаемых породах и породах, не являющихся углями. Интервалы руд, заключенные в глинистых прослоях и линзах углей из числа учитываемых балансовых исключаются, независимо от содержания урана. Показатели для отнесения рудных интервалов к проницаемым (предельное содержание глинистой фракции) или углям (предельное содержание органического углерода) оговариваются в кондициях.

6.3.7. Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения и складирования для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

При подсчете запасов для СПВ, концентрации урана, которые, согласно установленных кондиций, квалифицируются, как неизвлекаемые, учету в качестве забалансовых запасов не подлежат.

6.3.8. Запасы руды для горного способа добычи подсчитываются без учета влажности с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

Определение величины запасов руды при СПВ не требуется, поскольку ее извлечения при добыче не происходит. Однако для проектных расчетов необходимо знание объема прорабатываемого растворами пространства недр (фильтрующего продуктивного горизонта), а также массы (с естественной влажностью) слагающих его пород, которые следует подсчитать. Запасы урана могут рассчитываться непосредственно через площади блоков и удельную среднюю продуктивность в $\text{кг}/\text{м}^2$.

6.3.9. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием урана («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием или увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня ураганных значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний урана по данным сгущения разведочной сети).

6.4. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.5. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам руды и металла, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных, как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на Государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.6. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод математического (геостатистического) моделирования. При этом, занимаемое месторождением пространство недр представляется в виде системы ячеек (блоков) стандартной формы и размера (обычно кубы или призмы, размером от первых м, до 10–20 м), для каждой из которых, с использованием некоторых интерполяционных формул, вычисляется оценка содержания компонента (иногда и других параметров). В соответствии с вычисленным значением и заданными условиями, каждая ячейка относится к промышленному контуру или исключается из него.

Вывод интерполяционных формул основывается на предположениях о статистической взаимозависимости величин параметра в смежных точках пространства, увеличивающейся с уменьшением расстояния между ними, и наоборот. Характер такой зависимости может постулироваться в виде некоторой функции (например, метод т.н. «обратных квадратов расстояний»), или определяться на основе анализа «вариограмм», представляющих собой функции, аппроксимирующие зависимость характеристик рассеяния от расстояния между наблюдениями, или, наконец, базироваться на сопоставительном анализе результатов разведки и отработки (эксплуатационной разведки).

Процедура оценки наиболее вероятного значения параметра в некоторой элементарной зоне пространства, с использованием разведочных проб, расположенных как внутри, так и вне ее, получила название «кригинга» («крайгинга»). Любая процедура такого рода приводит к некоторому занижению значений содержания в зонах влияния богатых проб (относительно его значений в самих пробах) и завышению в зонах влияния бедных проб, т.е. к сглаживанию. Т.к. в дальнейшем контур промышленных запасов отстраивается по сглаженным данным, результаты подсчета, относительно подсчета обычными способами, приводят к несколько увеличенным оценкам запасов руды, но уменьшенным – среднего содержания. При этом кригинг направлен, не на ограничение влияния выдающихся значений, (такие значения следует ограничивать независимо от его применения), а на

уточнение доли бедных руд в балансовых запасах, поскольку эта доля, как показывает опыт, при обычных подсчетах, как правило, занижается.

Расчетные процедуры типа «кригинга» могут применяться и при обычных способах подсчета запасов, без построения ячеечных (блочных) математических моделей. Однако преимущество современных методов моделирования заключается в возможности прогноза структуры информационного массива для элементов разной геометрии и оценки вероятного положения промышленного контура при эксплуатационной разведке или отработке. Такой прогноз, хоть и осуществляется для конкретных точек пространства с относительно высокой погрешностью, позволяет получать более правильные (свободные от систематической ошибки) оценки средних параметров в оконтуриваемом объеме.

Следует учитывать, что наличие между стадиями разведки и отработки, стадии эксплуатационной разведки, на которой положение промышленного контура может быть уточнено, учитывается не во всех алгоритмах моделирования. Оценки запасов по таким моделям могут характеризоваться несколько «излишним» завышением доли бедных руд в балансовом контуре и снижением среднего содержания в рудах.

Построение достаточно адекватных моделей определяется также не только тем или иным используемым математическим аппаратом, но и правильным учетом геологических особенностей месторождения. Построению моделей всегда должен предшествовать анализ геологического строения объекта, на основании которого задаются элементы, определяющие особенности пространственного распределения руды: складки, разломы, контакты благоприятных и неблагоприятных пород, геохимические границы (например, зона окисления) и др., а также производится разделение признакового пространства на блоки, с различными параметрами эллипсоида сглаживания, принимаемого при моделировании.

Наилучшие результаты моделирование обеспечивает тогда, когда параметры моделей (радиусы влияния, анизотропия, вид и коэффициенты уравнений кригинга, или иной процедуры сглаживания) подбираются путем сравнения результатов расчетов по моделям с результатами эксплуатации (эксплуатационной разведки) по отработанным частям месторождений.

Моделирование представляет собой прогрессивную методику обработки исходной информации, в целом способствующую повышению достоверности получаемых выводов и снижению рисков принимаемых на их основе решений.

6.7. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходной базы данных (координаты разведочных выработок и рудных интервалов в них, данные опробования и др.), а также промежуточных результатов подсчетов и построений (средние параметры по пересечениям, горизонтам, разрезам, блокам). Методика подсчета должна позволять корректировать показатели кондиций, контуры блоков, их категоризацию и балансовую принадлежность, а также общие результаты подсчета в связи с замечаниями экспертизы.

Независимо от технологии самого подсчета запасов, исходную базу данных, включая результаты гамма-каротажа и гамма-опробования горных выработок, следует представлять в электронном виде, допускающем переинтерпретацию в случае возникновения необходимости в изменении кондиций.

6.8. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

При СПВ к попутным ценным компонентам могут относиться только компоненты, извлекаемые одновременно с ураном теми же растворами. Компоненты, извлечение которых требует применения иных по составу растворов, могут относиться к ценным, только если целесообразность их самостоятельного извлечения обоснована в ТЭО кондиций.

При горном способе добычи распространенным попутным компонентом является молибден. Извлечение молибдена из урановых руд происходит в едином с ураном технологическом процессе гидрометаллургическим методом. Поэтому на урановых

месторождениях попутную ценность представляют любые по минеральной форме молибденовые концентрации, как сульфидные (молибденит, иордизит), так и окисленные (ильземаннит).

При СПВ к попутным ценным компонентам могут быть отнесены только ванадий, рений и скандий, переходящие в раствор при сернокислотной технологии и извлекаемые путем дополнительной сорбции на специальные сорбенты. Относительно широко распространенные в рудах некоторых месторождений селен и молибден, несмотря на иногда сопоставимые с ураном концентрации, к попутным относится, как правило, не должны, т.к. требуют или совершенно иных растворов (Na_2S – селен), или растворов, с резко увеличенным окислительным потенциалом (Mo). Организация добычи СПВ этих компонентов может оказаться рациональной только при их концентрациях, превышающих концентрации урана более чем в 5 раз (примерное соотношение их стоимости), чего обычно не бывает.

6.9. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

7. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

7.1. На **оцененных месторождениях** радиоактивных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

На месторождениях, оцененных для СПВ, обычно необходимо проведение натуральных геотехнологических испытаний по упрощенным схемам (двухскважинные опыты).

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течении не более 3-х лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения опытно-промышленной разработки (ОПР) должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения), решение которых возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

ОПР целесообразна при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

7.2. На разведанных месторождениях геологоразведочные и, при необходимости, опытно-эксплуатационные работы должны обеспечивать оценку качества и количества запасов, изучение их технологических свойств, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки, с полнотой, достаточной для обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также для проектирования строительства или реконструкции горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены, с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для проектирования рациональной технологии их переработки, при извлечении всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, а также определения направления использования отходов производства, оптимального варианта их складирования или захоронения.
- на месторождениях, разведываемых для СПВ, натурные геотехнологические испытания обычно выполняются по полной схеме, с переработкой растворов и получением готовой продукции;
- запасы других, совместно залегающих, полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяется в

каждом конкретном случае, в зависимости от геологических особенностей месторождений;

- рассмотрено возможное влияние отработки запасов месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов, а необходимые для этого затраты учтены при расчете параметров кондиций;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий на разведанных месторождениях определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Недропользователь также оценивает возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки. Эта оценка рассматривается в процессе государственной экспертизы подсчета запасов, по результатам которой может быть принято и оформлено соответствующее разрешение. Определяющими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них урановой минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении требований настоящих рекомендаций и при утверждении запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

8. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) качества руд;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50% от заложенных в обоснования кондиций);

- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

ПРИЛОЖЕНИЕ (СПРАВОЧНОЕ):

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Система разведки и плотность разведочной сети зависят в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad \cdot(1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad \cdot(1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания ($V\%$) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \quad \cdot(1.3)$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \quad \cdot(1.4)$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

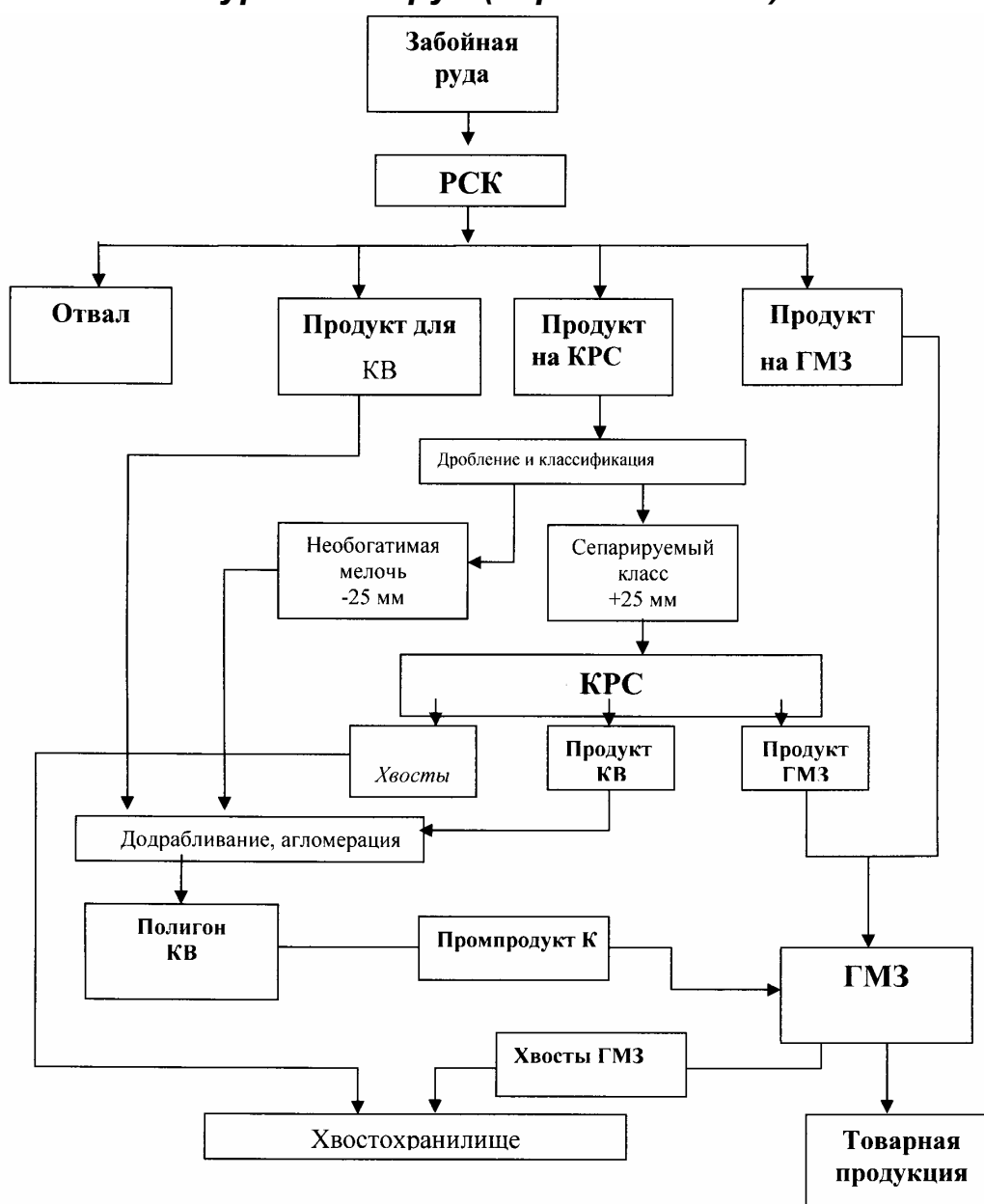
Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

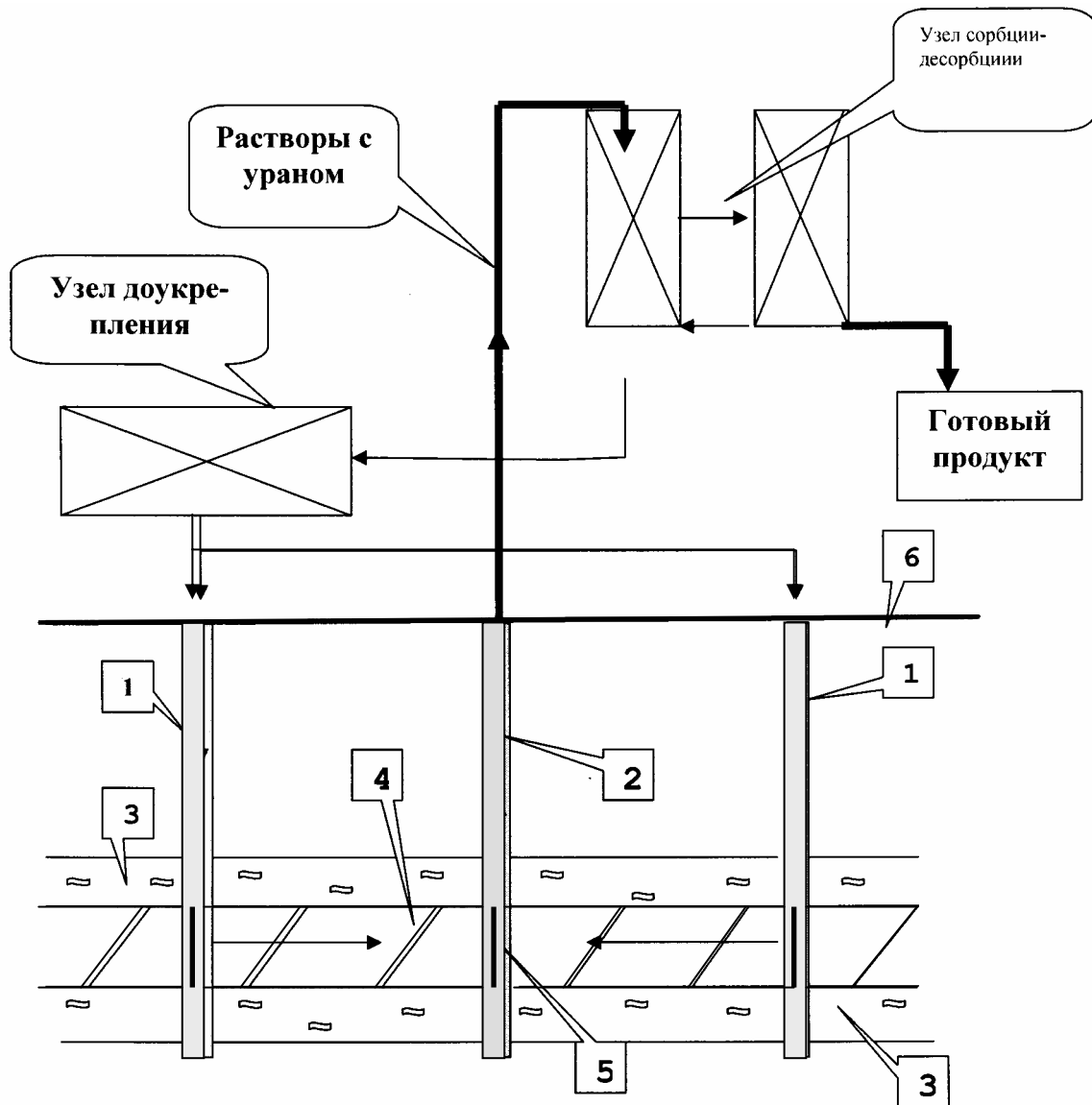
Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

Приложение 2: Принципиальная схема добычи и переработки урановых руд (горный способ)



РСК – рудосортировочный комплекс (самосвалы, вагонетки); **КРС** – комплекс радиометрической сепарации (покусковой); **КВ** - кучное выщелачивание; **ГМЗ** – гидрометаллургический завод.

Приложение 3: Принципиальная схема добычи урана СПВ.



1 – закачные скважины, 2 – откачная скважина, 3 – верхний и нижний водоупоры,
 4 – рудоносный фильтрующий пласт, 5 – фильтры в скважинах, 6 – земная поверхность.
 Стрелки – направление движения растворов.

УДК 553.04:553.068.5

ББК 26.341+26.342

М 54

Методические рекомендации по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2005. – 74 с.

«Методические рекомендации...» разработаны в соответствии с положениями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

«Методические рекомендации...» предназначены для использования всеми недропользователями и организациями, независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности, и содержат перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности оцененных и разведанных россыпных месторождений. Выполнение их обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решения о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений месторождения в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по обработке россыпных месторождений.

С выходом настоящих «Методических рекомендаций...» утрачивают силу «Методические рекомендации по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям», введенным в действие приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 4 июля 2000 года № 169.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям

1. Общие сведения

1.1. Россыпями называются скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего в виде зерен, их обломков или агрегатов ценные минералы. Россыпи образуются в результате разрушения коренных источников – эндогенных месторождений, рудопроявлений, минерализованных пород, а также путем перемыва промежуточных коллекторов – осадочных пород с повышенными концентрациями ценных минералов. Россыпное месторождение может быть представлено одной россыпью или группой пространственно сближенных россыпей (залежей), каждая из которых является самостоятельным объектом разведки.

1.2. Россыпи занимают видное место среди месторождений металлов и отдельных видов нерудного сырья, являясь для некоторых из них одним из основных источников добычи. Промышленное значение имеют россыпи золота, металлов платиновой группы (МПГ), олова, вольфрама, титана, циркония, тантала, ниобия, редкоземельных элементов, алмазов, ювелирных и ювелирно-поделочных камней и некоторых других полезных ископаемых. Нередко они являются также источниками получения ценных элементов, содержащихся в виде примесей в основных рудных минералах.

В табл. 1 приведены сведения о главных минералах, добываемых из россыпей.

1.3. По генезису и условиям формирования россыпи подразделяются на следующие типы: элювиальные, склоновые, пролювиальные, аллювиальные, прибрежно-морские, озерные, гетерогенные, техногенные. Кроме того, для некоторых видов полезных ископаемых практический интерес представляют эоловые, ледниковые, вводно-ледниковые, карстовые и другие россыпи.

Таблица 1

Характеристика главных минералов россыпных месторождений

Полезный компонент	Главные минералы			
	Наименование	Содержание главных полезных компонентов, %	Примеси в минералах, которые могут иметь промышленное значение	Плотность, г/см ³
Золото	Золото самородное	Au 50–99	Ag, Ir, Rh	15,6–19,3
Металлы платиновой группы (МПГ)	Изоферроплатина	Pt 86,0–93,5	Rh, Ir, Pd, Os, Ru	18,23–18,42
	Железистая платина	Pt 74,8	Ir, Pd, Os	15–19
	Платина самородная	Pt 98,0–99,8	Pd, Rh	19–21
	Иридоосмин	Os 47,9–80,3 Ir 15,3–46,5	Ru, Pt	17–22,5
	Осмирид	Ir 54,9–78,9 Os 16,7–39,2	Ru, Pt	22,20
	Рутеиридоосмин	Os 35,7–68,3 Ir 21,7–45 Ru 5,9–21,2	Pt, Rh, Pd	20,49
	Осмий самородный	Os 83,0–98,9	Ir, Rh, Pt, Ru	22,59
Олово	Касситерит	Sn 68 – 78	Ta, Nb, Sc, Ir, TR	6,5–7,1
Вольфрам	Вольфрамит	WO ₃ 74–76 WO ₃ –80	Ta, Nb, Sc, TR	7,1–7,5
	Шеелит	WO ₃ –80	TR	5,9–6,0
Титан	Рутил	TiO ₂ 88,6 – 98,2	Sc, Nb, Ta	4,2–4,3
	Ильменит	TiO ₂ 34,4–68,2	Sc, Nb, Ta, V, TR	3,7–4,8
	Лейкоксен	TiO ₂ 55,3 – 97,0	Sc, TR, Nb, Ta	3,3–4,1
Цирконий	Циркон	ZrO ₂ 60–67	Hf, Th, Sc, Y, TR	4,5–4,7
	Бадделеит	ZrO ₂ 95–99	Hf, TR, Th	5,4–6,2
Ниобий, тантал	Колумбит	Nb ₂ O ₅ 59–76 Ta ₂ O ₅ 1–20		5,0–6,0
	Танталит	Ta ₂ O ₅ 63–86 Nb ₂ O ₅ 0,2–20	Sn	7,0–8,0
	Микролит	Ta ₂ O ₅ 55–80 Nb ₂ O ₅ 0,9–10	U, TR	5,9–6,4
	Пироклор	Nb ₂ O ₅ 52–71 Ta ₂ O ₅ до 7	TR, U, Th	3,8–4,7
Редкоземельные элементы	Лопарит	∑Ce ₂ O ₃ 30–33,5 Nb ₂ O ₅ 8–12,8 Ta ₂ O ₅ 0,6 – 0,8	Sr, Th	4,6–4,9
	Монацит	∑Ce ₂ O ₃ до 35 ThO ₂ до 31	U	4,9–5,5
	Ксенотим	∑Y ₂ O ₃ до 61	Th, Sc, U	4,4–4,6
Ювелирные, ювелирно-поделочные и технические камни	Алмаз			3,5
	Рубин			4,0
	Сапфир			4,0
	Хризолит			–4
	Топаз			3,5–3,6
	Берилл			2,8
	Шпинель			3,6
	Гранаты (пироп, альмандин, демантоид)			3,5–4,2
	Янтарь			1,05–1,09
	нефрит			2,8–3,3
	Агат			2,6
	Гурмалин			2,9–3,1
Жадеит			3,24–3,42	
Пьезооптическое сырье	Горный хрусталь			2,6

Элювиальные россыпи сложены перемещенными продуктами выветривания (щебнисто-дресвяными или глинистыми), в которых содержание полезного компонента

близко к его концентрации в коренном источнике или несколько выше вследствие выноса части продуктов выветривания. Эти россыпи обычно имеют вид плоской залежи, контуры которой в плане примерно совпадают с контурами выхода коренного источника на дневную поверхность.

Склоновые россыпи (солифлюкционные, делювиальные и др.) образуются при сползании по склону продуктов разрушения коренных источников и материала элювиальных россыпей. На относительно ровных склонах они имеют в плане плащевидную форму.

Пролювиальные россыпи приурочены к отложениям конусов выноса и пролювиальным шлейфам, образующимся в результате деятельности временных водотоков. К пролювиальным россыпям близко примыкают **ложковые россыпи**, залегающие на дне логов, распадков, лишенных постоянного водотока, и в долинах небольших ключей. Они тяготеют к коренным источникам, часто характеризуются резкими колебаниями мощностей продуктивных отложений и по условиям образования являются промежуточными между склоновыми и аллювиальными россыпями.

Для указанных типов россыпей характерна слабая окатанность обломочного материала, плохая сортировка и неравномерное распределение полезных компонентов, часто по всей толще рыхлых отложений.

Аллювиальные россыпи образуются в результате размыва и переотложения водными потоками элювия, склоновых и других рыхлых образований, содержащих полезные минералы. Для аллювиальных россыпей характерна слоистость отложений и сортированность обломочного материала по крупности. В зависимости от положения в долине среди них выделяются *русловые, долинные и террасовые* россыпи.

Русловые россыпи залегают в русле водного потока или под ним. Они образуются там, где в сферу влияния водотока, врезающегося в рыхлые или скальные породы, попадают коренные источники россыпей или ранее образовавшиеся россыпи. Русловые россыпи характерны для молодых долин, находящихся в стадии врезания или только недавно ее завершивших. Разновидностью русловых россыпей являются *щеточные россыпи*, в которых полезный минерал концентрируется в трещинах пород плотика, и *косовые россыпи*, залегающие на галечных островах, косах и отмелях и содержащие наиболее подвижные в аллювиальной среде мелкие частицы полезных минералов.

Долинные россыпи залегают в пределах современного днища речных долин как на коренных породах, так и внутри рыхлой толщи, вне зависимости от расположения современного русла. Они формируются на разных стадиях развития рек.

Террасовые россыпи представляют собой реликтовые участки долинных россыпей прежних эрозионно-аккумулятивных циклов, сохранившиеся от разрушения при последующей глубинной эрозии и склоновой денудации. При смещении по склону полезных минералов террасовые россыпи преобразуются в террасо-увальные.

Помимо россыпей современных долин, широко распространены также аллювиальные россыпи древних долин. К ним относятся, в основном, россыпи долин неогенового, палеогенового, мелового, юрского периодов. В современном рельефе среди этих россыпей выделяются приподнятые (на водоразделах, где перекрывающие их более молодые отложения денудированы) и погребенные. Последние обычно перекрыты четвертичными отложениями аллювиального, ледникового, вулканогенного и другого происхождения, не содержащими россыпного полезного компонента.

Прибрежно-морские россыпи образуются в прибрежной полосе морей под действием волн, прибоя, приливов, отливов и береговых течений за счет материала, приносимого реками, или в результате абразии минерализованных пород, коренных рудопроявлений и месторождений, а также россыпей различного генезиса, расположенных на берегу. Среди прибрежно-морских россыпей выделяются надводные – *пляжевые* и *террасовые* и россыпи подводного берегового склона – *донные* и *бенчевые*.

Пляжевые россыпи образуются в волноприбойной зоне между уровнями прилива и отлива. **Террасовые россыпи** (или россыпи приподнятых береговых линий) являются остатками прибрежно-морских россыпей прежних абразионно-аккумулятивных уровней.

Донные россыпи образуются в результате размыва прибрежно-морскими течениями подводных дельт и затопленных морем пляжевых россыпей. **Бенчевые россыпи** формируются при абразии коренных пород на участках подводного берегового склона – бенча, представляющих собой обширные участки скального дна, покрытого маломощным слоем наносов.

Переходными от аллювиальных к прибрежно-морским являются **дельтовые россыпи**. Они образуются в нижнем течении рек и состоят из отдельных веерообразно расположенных продуктивных пропластков с высоким содержанием полезных компонентов среди песчано-глинистых отложений дельты.

Озерные россыпи крупных водоемов по условиям формирования близки к прибрежно-морским, но обычно характеризуются меньшей концентрацией полезных минералов. Особое место занимают озерные россыпи малых водоемов (малых озер), которые формируются в низкоэнергетической обстановке, где могут накапливаться минералы малой плотности и устойчивости.

Эоловые россыпи возникают в результате концентрации полезных компонентов под воздействием ветровой денудации. Они наиболее характерны для аридных областей, но развиты также вдоль морских побережий и крупных речных долин. Большие объемы песков создают благоприятные условия для разработки эоловых образований, несмотря на низкое содержание в них полезных минералов. Эоловые россыпи обычно приурочены к тыловым шлейфам отдельных дюн, к дефляционным ваннам, мелким котловинам и западинам. Они представляют собой скопления зерен тяжелых минералов в тонком плаще на поверхности пустынных отложений, часто в виде отдельных пятен, гнездовых скоплений и мелких струй.

Ледниковые и водно-ледниковые россыпи образуются в результате разрушения коренных источников или доледниковых, преимущественно аллювиальных, россыпей и захвата продуктивных отложений движущейся мореной. Различают россыпи боковых, донных, конечных морен и флювиогляциальных отложений. Для ледниковых (гляциальных) россыпей характерна незначительная концентрация полезного компонента и плохая сортированность обломочного материала. В большинстве своем, за исключением водно-ледниковых, они не имеют промышленного значения.

Карстовые россыпи приурочены к карстовым воронкам, колодцам, чашеобразным или вытянутым в плане углублениям в коренном днище или на склонах долин, развивающимся при совместном проявлении склоновых процессов, речной эрозии, химического выветривания и карстообразования. Россыпи отличаются сложной формой. Встречаются подземные карстовые россыпи. Содержание полезных минералов достигает высоких значений при крайне неравномерном распределении.

Гетерогенные (смешанные) россыпи имеют наиболее сложное строение и формируются в отложениях различных генетических типов (аллювиальных, пролювиальных, морских и т. д.).

Техногенные россыпи представлены отвалами вскрышных пород (отвалы торфов), гале-эфельными отвалами и накоплениями илов бывших илоотстойников. По распределению полезных компонентов и их содержания они резко отличаются от первоначальных природных россыпей. Россыпи отвалов вскрышных работ формируются за счет непромышленных концентраций полезных минералов, содержащихся во вскрышных породах, и маломощных висячих пластов, селективная отработка которых была нерентабельной. Россыпи гале-эфельных отвалов формируются за счет неполноты извлечения минералов из добытых песков вследствие несовершенства применявшихся технических средств обогащения, несоответствия схем промывки технологическим свойствам песков, нарушений технологических процессов. Размер частиц полезных

компонентов в этих отвалах меньше, чем в «первичных» месторождениях, хотя иногда могут попадаться и крупные самородки.

В техногенных россыпях золота может быть заключено, по различным оценкам, до 30% и более от запасов первичной золотоносной россыпи. Разрабатываются техногенные россыпи обычно открытым и дражным способами.

К техногенным россыпям также могут относиться хвосты обогатительных фабрик, перерабатывающих коренные руды, в том числе поступающие в среду активного гидродинамического воздействия (сброса в акватории заливов, озер, выноса рек, размывающих хвосты). Важнейшими факторами их образования служат сепарация и обогащение материала в зоне активного волнового воздействия, способствующего возникновению повышенных концентраций полезных минералов преимущественно мелких классов.

С определенной долей условности к техногенным россыпям можно отнести *остаточные целиковые части месторождения*, частично или полностью погребенные под отвалами (хвостами) предшествующих отработок, состоящие из бортовых, внутриконтурных, недоработанных участков первичной россыпи и охранных целиков. Распределение полезного компонента и средние содержания в них определяются природными условиями залегания «первичных» россыпей. Условием отнесения «остаточных» россыпей к техногенному типу служит соотношение запасов полезного компонента в целиковых участках месторождения и отвалах.

1.4. По отношению к коренному источнику и условиям формирования россыпи принято разделять на две крупные генетические совокупности:

- **россыпи ближнего сноса**, к которым относятся элювиальные, склоновые, пролювиальные, подавляющее большинство аллювиальных россыпей и часть россыпей прибрежного генезиса (морского, озерного и т. д.). Все они характеризуются тесной пространственной и генетической связью с коренными источниками, в различной степени, иногда практически полностью, эродированными, а для алмазоносных россыпей – сходством гранулометрического состава, морфологии и сортности, стоимости 1 кар. алмазов. Промышленное значение могут иметь россыпи ближнего сноса всех минеральных видов. Однако они наиболее характерны для минералов повышенной плотности (золото, МПГ) и устойчивости к выветриванию, износу (алмазы), или для минералов, обладающих умеренной и малой миграционной способностью (минералы олова, вольфрама, ртути, редких металлов), а также для тех видов сырья, для которых важна достаточная крупность обособлений (драгоценные камни, пьезокварц);
- **россыпи дальнего переноса и переотложения** наиболее характерны для минералов, обладающих умеренной плотностью и высокой химической абразивной прочностью. К ним относятся прибрежно-морские и озерные (крупных озер) комплексные титаноциркониевые россыпи, россыпи алмазов (в том числе древние комплексные), янтаря, а также аллювиальные россыпи алмазов, драгоценных и поделочных камней, залегающие в долинах IV–V порядков, и косовые россыпи мелкого золота. Эти россыпи не имеют видимой связи с коренными источниками, а образуются за счет промежуточных коллекторов.

1.5. По времени образования различаются россыпи современные и древние. Россыпи могут быть скрыты под чехлом более молодых отложений, формирование которых не связано с процессом россыпеобразования, или затоплены водой. В этих случаях говорят о погребенных или затопленных россыпях. Погребенные россыпи могут быть перекрыты отложениями различного происхождения: аллювиальными, ледниковыми, вулканогенными и т. д. Россыпи, залегающие в древних осадочных формациях, относятся к категории ископаемых россыпей.

1.6. По мерзлотно-гидрогеологическим и гидрологическим условиям залегания выделяются россыпи:

- расположенные за пределами развития многолетней мерзлоты; главным фактором их обводнения служат русловые, грунтовые и подземные воды, а также атмосферные осадки;
- расположенные в областях развития многолетней мерзлоты (как сплошной, так и островной), нередко осложненные так называемыми таликовыми зонами (сквозными и псевдоталиковыми), в пределах которых вода не замерзает в течении всего года, что значительно усложняет как разведку, так и разработку россыпей;
- расположенные под поверхностью моря в прилегающей к береговой линии мелководной части шельфа.

1.7. Россыпи разрабатываются **открытым** или **подземным** способами. В стадии опытно-промышленного освоения находится **геотехнологический способ скважинной гидродобычи**. В зависимости от геологических и горнотехнических условий залегания россыпи обрабатываются методом сплошной или раздельной выемки. Сплошная выемка применяется, как правило, при дражном и гидравлическом способах разработки, раздельная – при открытом и подземном способах. Выбор целесообразного способа разработки определяется технико-экономическим расчетом.

Открытый способ разработки разделяется на *дражный, гидравлический (гидромеханизированный), экскаваторный, бульдозерно-скреперный, комбинированный*.

Дражный способ применяется в большинстве случаев для разработки обводненных россыпей с тальми или предварительно оттаянными породами. По назначению драги подразделяются на континентальные и морские. По роду драгирующего аппарата выделяются черпаковые драги (многочерпаковые со сплошной или прерывистой черпаковой цепью) и гидро- и пневмовсасывающие (землесосные с рыхлителями или без них, эжекторные, эрлифтовые, с погруженными грунтовыми насосами).

Горнотехнические условия применения отечественных драг и землесосных снарядов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Горнотехнические условия применения драг с различной вместимостью черпака

Показатели	Драги средней глубины черпания				Драги глубокого черпания	
	50–100	150	250	380	380 (400)	600
Вместимость черпака, л.	50–100	150	250	380	380 (400)	600
Минимальная ширина разреза, м.	15–40	40	45–50	60	75	110–120
Глубина черпания ниже уровня воды, м.:						
максимальная	6	9	11–12	17	30	50
минимальная	1,5–2,0	2,5	3,5	3,7	4,0	5
Максимальная высота надводного борта, срабатываемого черпаками, м	1	2	3,0–3,5	4	5–6	10

Таблица 3

Горнотехнические условия применения землесосных снарядов

Показатели	Техническая производительность землесосного снаряда по породе, м ³ /ч			
	<130	130–220	220–400	>400
Минимальная мощность пласта, м.	2,4	3,2	4,8	6,4
Глубина разработки ниже уровня воды, м.:				
минимальная	1,5	2,5	3,5	5,0
максимальная	8	15	18	18
Предельный размер валунов, мм.	100	180	220	280

Технические характеристики современных малолитражных черпаковых драг приведены в приложении 1.

Гидравлический способ применяется для разработки россыпей преимущественно песчано-гравийного состава шириной не менее 20–40 м. Гидравлический способ размыва

пород с помощью гидромонитора наиболее пригоден для разработки талых террасовых, склоновых, ложковых россыпей с ограниченным притоком поверхностных и подземных вод, а также на отдельных площадях долинных и русловых россыпей с небольшой или средней обводненностью. При большой плотности пород, требующей значительного увеличения удельных расходов воды и электроэнергии, производится предварительное рыхление пород. Подача пульпы на промприбор при разработке русловых и долинных россыпей осуществляется гидроэлеваторами при отношении высоты подъема к напору от 1/4 до 1/10 (в среднем 1/6) и землесосными установками при высоте подъема от 18 до 30 м (при одноступенчатом подъеме).

Эксплуатационный способ с использованием роторных экскаваторов в комплексе с перегружателями и ленточными транспортерами применяется для разработки талых россыпей, залегающих на глубинах от 3 до 40–50 м. Этот способ целесообразно использовать при отработке безводных или маловодных крупных россыпей при отсутствии или небольшом содержании валунов, превышающих в поперечнике 1/3 ширины ковша, мягком и сильно разрушенном плотике россыпи.

При разработке мелких россыпей или невозможности подведения воды к отдельным участкам крупной россыпи используются экскаваторы с механической лопатой с транспортировкой песков автосамосвалами на стационарные или полустационарные обогатительные установки.

Бульдозерно-скреперный способ наиболее целесообразно применять для разработки террасовых, маловодных, (преимущественно многолетнемерзлых) долинных россыпей с ограниченными запасами при глубине россыпи до 9–12 м.

Способы открытой разработки россыпей с использованием высокопроизводительного землеройного оборудования обеспечивают максимальную полноту выемки песков, залегающих в многолетнемерзлых породах, на малообводненных россыпях в талых породах и обводненных россыпях в талых породах, на которых возможно предварительное осушение обрабатываемого пространства. Разработка мерзлых россыпей производится с их предварительной оттайкой в летний период (естественная послойная, игловая гидрооттайка) или рыхлением бульдозерами-рыхлителями и, в отдельных случаях, буровзрывным способом. Разработка россыпей землеройной техникой производится при глубине их залегания до 50 м.

Подземный способ разработки россыпных месторождений применяется при глубине залегания продуктивного пласта не менее 8 м в многолетнемерзлых и не менее 20–30 м в талых породах. Подготовительные и нарезные выработки проходятся только по пласту песков. Вскрытие россыпей осуществляется наклонными (в мерзлых породах) или вертикальными стволами (в талых породах), в отдельных случаях используются штольни.

При глубинах залегания россыпи до 25–30 м выбор способа ее разработки обосновывается сравнительным технико-экономическим расчетом.

Скважинная гидродобыча (СГД) – перспективный геотехнологический метод добычи маловалунистых, рыхлых и слабосцементированных залежей полезных ископаемых – находится в стадии опытно-промышленного освоения на титано-циркониевых россыпях. Способ основан на гидравлическом принципе разрушения горного массива у забоя скважины, переводе полезного ископаемого на месте залегания в состояние гидросмеси и транспортировке ее на поверхность земли.

Способом СГД возможна добыча песков из месторождений, которые по горно-геологическим условиям (большая глубина залегания, высокая обводненность) или экологическим ограничениям не могут обрабатываться традиционными способами. Глубина залегания песков для СГД может варьировать от первых десятков до сотен метров и зависит от устойчивости массива пород вскрыши (надрудных), степени обводненности песков, их мощности, условий залегания, характера плотика и др.

2. Особенности россыпных месторождений различных полезных

Ископаемых

По видам полезных ископаемых россыпи подразделяются на сырьевые группы (благородные, цветные, редкие, черные металлы, ювелирные, поделочные камни и др.) и классы (золотые, платиновые, иридия и осмия, оловянные, вольфрамовые и др.), в пределах которых выделяются промышленные типы. В связи с широким минеральным спектром россыпных месторождений признаки, лежащие в основе выделения их промышленных типов, могут существенно различаться. В промышленной классификации мономинеральных россыпей (золота, олова и алмазов) главными критериями являются условия залегания (морфогенетический тип), а также технологические свойства песков, в поликомпонентных (полиминеральных) россыпях (металлов платиновой группы, редкометалльных, титаноциркониевых) – состав и соотношение основных (иногда и попутных) полезных минералов. В отдельных случаях в качестве главного классификационного признака выступают также качество и крупность выделения полезного компонента или качество рудных концентратов.

По запасам россыпи подразделяются на крупные, средние и мелкие (табл. 4).

Таблица 4

Размерность россыпных месторождений полезных ископаемых

Полезное ископаемое	Единица измерения	Балансовые запасы россыпей		
		Крупных (более)	Средних (от-до)	Мелких (менее)
Золото	т	3,0	0,5–3,0	0,5
МПГ	т	3,0	0,5–3,0	0,5
Олово	тыс. т	10,0	1,0–10,0	1,0
Вольфрам (WO ₃)	тыс. т	15,0	1,0–15,0	1,0
Тантал (Ta ₂ O ₅)	тыс. т	1,0	0,1–1,0	0,1
Титан (TiO ₂)	млн. т	5,0	0,5–5,0	0,5
Алмазы	млн. карат	5,0	0,1–5,0	0,1

2.1. Россыпи благородных металлов (золота и металлов платиновой группы) по распространенности, разведанности и отработке занимают ведущее место среди россыпных месторождений. Основными полезными компонентами в россыпях благородных металлов являются самородное золото и минералы МПГ («шлиховое золото» и «шлиховая платина»), иногда в сростках с другими минералами. В некоторых россыпях золота в промышленных количествах присутствуют шлиховая платина и другие минералы МПГ, а в россыпях МПГ – самородное золото.

Средние размеры зерен самородного золота и минералов МПГ в россыпях обычно превышают средний размер их выделения в питающих коренных источниках, что связано с преимущественным выносом мелких и тонких фракций за пределы промышленного контура россыпей. Вместе с тем в определенных условиях – в продуктах перемещения кор химического выветривания, в глинистых несортированных толщах во впадинах – возможны значительные концентрации тонкого и мелкого золота размером менее 0,1 мм.

Содержание золота и минералов МПГ в россыпных месторождениях колеблется от десятков миллиграммов до единиц и редко до десятков граммов на 1 м³ песков. Протяженность россыпей – от сотен метров до десятков километров, ширина – от первых десятков до сотен метров при мощности пласта от десятков сантиметров до нескольких метров (редко десятков метров).

Самородное золото обычно содержит в различных количествах серебро, медь, железо и другие элементы-примеси. Содержание химически чистого золота в самородном золоте называется пробой золота. Она представляет собой отношение (измеряемое в промилях) химически чистого золота к сумме химически чистого золота и других примесей.

Самородная платина представляет собой твердый раствор различных платиноидных элементов (платины, осмия, рутения, иридия, родия, палладия). В качестве примесей присутствуют железо, никель, медь, золото, серебро и другие элементы. Иногда россыпи МПГ содержат в качестве самостоятельных минералов изоферроплатину, поликсен,

самородный осмий, иридосмин (OsIr), рутениридосмин (OsIrRu), реже – арсениды и гидроксиды платиноидов. Содержание химически чистых платины, палладия, родия, иридия, рутения, осмия, золота в шлиховой платине определяется в процентах по массе относительно общей массы минералов МПГ.

Самородное золото в россыпных месторождениях по классификации, рекомендованной ЦНИГРИ, подразделяется:

- по размеру частиц – на тонкодисперсное (размер зерен менее 0,01 мм), пылевидное (0,01–0,05 мм), тонкое (0,05–0,1 мм), весьма мелкое (0,1–0,25 мм), мелкое (0,25–1,0 мм), среднее (1–2 мм), крупное (2–4 мм) и весьма крупное (более 4 мм);
- по форме выделений – на идиоморфные, неправильные и смешанные типы частиц;
- по степени окатанности зерен – неокатанные, слабо окатанные, среднеокатанные, хорошо окатанные, совершенно окатанные.

Зерна самородного золота в россыпях подразделяются на первичные и гипергенные. Первичное золото – золото коренных источников, сохранившее, как правило, без изменения внутреннее строение и структуры эндогенной первичной кристаллизации. Гипергенное золото отлагается из растворов, циркулирующих в процессе выветривания, окисления и разрушения коренных источников и обычно образует межзерновые линзовидные прожилки, мелкозернистые коррозионные оболочки на поверхности золотин.

2.1.1. Россыпи золота. В основе промышленной классификации россыпей золота лежит морфогенетический принцип, объединяющий генезис и условия залегания россыпи. Промышленные типы могут соответствовать одному генетическому типу или объединять несколько типов одной генетической группы (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика основных промышленных типов россыпей золота

Промышленный тип россыпей	Морфология продуктивных тел (их мощность)	Фракционный состав золота, %			Схема обогащения	Положение в рельефе
		размер фракций, мм				
		+0,25	-0,25+0,1	-0,1		
Проллювиально-аллювиальные и аллювиально-склоновые (гетерогенные)	Толщи, залежи (десятки метров), пласты (единицы метров)	20–50, до 90	30–40	30–40	Гравитационная (в отдельных случаях в сочетании с рудной схемой)	На склонах, в поймах речных долин, конусах выноса, проллювиальных шлейфах
Аллювиальные	Пласты (доли метров – единицы метров)	40–60	30–50	До 10	Гравитационная	В речных долинах
Прибрежно-морские	Пласты (доли метров – единицы метров)	20–30	40–60	10–20	«	В древних и современных береговых зонах
Техногенные	Залежи, пласты (до 10 м), отвалы	10–20	30–40	40–50	Гравитационная (в отдельных случаях в сочетании с рудной схемой)	На тех же формах рельефа, что и первичные россыпи

Проллювиально-аллювиальные и аллювиально-склоновые (гетерогенные) россыпи толщ аккумуляции характеризуются общими чертами строения: большими мощностями продуктивных горизонтов (несколько десятков метров), чередованием в разрезе несортированных и хорошо дифференцированных осадков, высокой глинистостью отложений, низкими содержаниями золота, неравномерным распределением в толще аккумуляции золота с размерами частиц от коллоидных до крупных самородков. Сравнительно крупное золото приурочено к крупным галечным прослоям и пачкам фаций

размыва, а тонкое и тонкодисперсное золото, сорбированное на частицах глин и захваченное агрегатами глинистых частиц, – к аккумулятивным (констративным) толщам.

Россыпи данного типа формируются:

- у подножий склонов, в прибортовых участках впадин и предгорных равнин и связаны с конусами выноса, слияние которых может приводить к образованию предгорных шлейфов. Золото в шлейфах рассредоточено по всему разрезу в линзах, образование которых происходило на локальных участках перемыва рыхлых отложений кратковременными ливневыми потоками (россыпи подгорных шлейфов в Средней Азии);
- в грабенах-долинах в процессе тектонического опускания при длительном поступлении рыхлого материала, периодически перемываемого речными потоками, транспортирующая способность которых, как правило, менялась во времени. Россыпи представляют собой сложно построенную гетерогенную толщу пролювиально-аллювиальных и аллювиальных отложений со слабой дифференцированностью материала. Максимальные концентрации гравитационного золота обычно связаны с внутриформационными прослоями и линзами хорошо промытых грубообломочных фаций. В глинистых прослоях сорбируется тонкое золото (Большой Кураны в Якутии). Разновидность гетерогенных аллювиально-пролювиальных россыпей, связанных с аккумулятивными толщами, представляют многопластовые россыпи золота приразломных впадин (Петровская, Нагиминская в Амурской области);
- в карстовых полостях и прилегающих к ним днищах долин при аккумуляции в них золотоносного аллювия. Эти россыпи представляют собой чередование слабо сортированных прослоев с тонким золотом и фаций размыва с крупным золотом. Характерны «косые» пласты с крупным золотом, образовавшиеся при просадках рыхлой толщи в карстовые полости (Южный Урал).

Россыпи гетерогенного типа различаются по соотношению трех типов золота: *свободного*, извлекаемого аппаратами гравитационного обогащения; *свободного тонкого*, извлекаемого из хвостов гравитационного обогащения цианированием; *связанного* находящегося в сростках с кварцем или в рудных обломках, извлечение которого на гравитационных приборах возможно только после предварительного их дробления. Промышленное значение россыпей этого типа определяется пока исключительно исходя из содержания золота фракции +0,25 мм, относительно полно извлекаемого гравитационными аппаратами. Дальнейшее совершенствование технологии извлечения тонкого и тонкодисперсного золота повысит промышленное значение россыпных месторождений этого типа.

Аллювиальные россыпи золота – наиболее распространенный промышленный тип месторождений. Для них характерно наличие четко выраженного продуктивного пласта, приуроченного чаще всего к низам разреза речных отложений и трещинам плотика. Пласт может залегать и в толще рыхлых отложений (висячий пласт).

Этому типу россыпей свойственно направленное изменение их основных характеристик по мере увеличения порядка речных долин: снижается глинистость, уменьшается мощность продуктивных пластов, увеличивается продуктивность. Наиболее богатые, крупные и суперкрупные россыпи золота обычно приурочены к долинам унаследованного развития III–IV порядков с комплексом террас и/или погребенных врезов (Чай Юрье, Амчак, Ат-Юрях на Колыме, Бодайбо, Маракан в Ленском районе). В основных добывающих регионах России в долинах средних порядков (III–V) содержалось до 75–90% запасов металла, подавляющая часть которых уже отработана.

Самостоятельное промышленное значение могут иметь русловые, долинные, террасовые россыпи и россыпи погребенных долин, а также приподнятой долинной сети, в том числе перекрытые базальтами. Среди россыпей золота погребенных долин важное значение имеют погребенные россыпи, залегающие вне контуров современных долин, характерные для депрессий и приморских впадин (Кыра-Онкучах и Улахан-Онкучах в Куларском районе, Чаанайское, Пеньельхин на Чукотке).

Прибрежно – морские россыпи древних береговых зон на суше объединяют россыпи, размещающиеся в пределах береговой зоны выше уровня мирового океана. Этот тип россыпей представлен собственно морскими и гетерогенными россыпями. Среди собственно морских россыпей выделяются пляжевые россыпи и россыпи подводного берегового склона, которые соответственно образовались в прибрежной и во внутренней частях волноприбойной зоны шельфа. Они образуются в основном при размыве рыхлых отложений промежуточных золотосодержащих коллекторов различного генезиса или при выносе частиц металла реками и их перемещении береговыми течениями. Эти россыпи вытянуты параллельно береговой линии, протяженность их сотни метров, редко несколько километров, ширина до 30–50 м. Мощность продуктивных пластов обычно не превышает 0,3–1,0 м.

Наибольшее промышленное значение имеют гетерогенные россыпи прибрежных равнин, представляющие собой единый комплекс перемежающихся морских и аллювиальных россыпей, которые образуются в результате речной эрозии морских россыпей или морской абразии аллювиальных россыпей при неоднократном перемещении береговой линии в кайнозое (Рывеем). При трансгрессивном режиме верхние части аллювиальных россыпей разрушаются, а содержащийся в них металл переотлагается вдоль береговой линии, образуя собственно морские россыпи. Смена трансгрессивного режима регрессивным влечет обратную трансформацию – образование аллювиальных россыпей за счет перемыва морских. Для гетерогенных россыпей характерно расположение на разных уровнях продуктивных пластов морского и речного происхождения.

Техногенные россыпи золота рассмотрены в разделе (п. 1.3.)

Особое место занимают *россыпи золота кор химического выветривания**, которые представляют собой разновидность элювиальных россыпей, образуются по зонам с золото-кварц-сульфидным оруденением в условиях длительной тектонической стабилизации и выравнивания территорий – пенепленов (Зауральский пенеплен, Салаирский пенеплен, Енисейский кряж). Характерны площадные (мощностью в десятки метров) и линейные (мощностью в сотни метров) коры выветривания. Последние развиваются по тектонически ослабленным зонам. Главный фактор формирования россыпей этого типа – наличие уже достаточно концентрированного оруденения в коренных породах терригенно-карбонатного углеродистого комплекса. Выделяются два подтипа золотоносных глинистых кор выветривания:

- со значительным содержанием свободного шлихового золота (до 60%), улавливаемого гравитационными аппаратами по технологической схеме обогащения песков россыпей;
- с преимущественным содержанием свободного тонкого и тонкодисперсного золота (70–80%), извлекаемого по гидрометаллургическим рудным схемам.

2.1.2. Россыпи металлов платиновой группы. В россыпях встречаются более 90 разновидностей минералов МПГ, но в промышленных количествах – только семь: изоферроплатина, железистая платина, платина самородная, иридоосмин, осмирид, осмий самородный, рутениридоосмин, слагающие основную массу «шлиховой платины» россыпных месторождений. Все известные промышленные россыпи МПГ генетически связаны с массивами хромитоносных дунитов и в основном, представлены аллювиальными россыпями ближнего сноса, залегающими в современных долинах. Содержания металлов колеблются от десятков миллиграммов до первых граммов на 1м³.

Промышленная классификация россыпей МПГ основана на составе и соотношении рудных минералов. Выделяются две крупные группы россыпей – собственно МПГ и комплексные МПГ-содержащие. Главный классификационный признак – набор и соотношение минералов МПГ, состав минералов-включений и содержание главных и второстепенных элементов в минералах. Собственно платинометалльные россыпи включают три промышленных типа: иридисто-платиновый, рутениридоосминовый,

* По особенностям локализации, внутреннего строения, концентрации рудного вещества (и др.) значительная часть месторождений кор химического выветривания относится к группе экзогенных золоторудных месторождений, и на них распространяются соответствующие требования.

иридосминовый; в комплексных МПГ-содержащих россыпях к ним добавляется сульфидно-платиновый тип.

Иридисто-платиновый тип обеспечивает основную массу МПГ, добываемых в России из россыпей. К нему принадлежат наиболее богатые крупные и протяженные россыпи (Кондер-Уоргалан, россыпи рек Ис-Тура и Мартьян-Шайтанка, Висим, Сисим в пределах Платинового пояса Урала, россыпи Сейнав-Гальмознанского узла в Корякском АО – руч. Ледяной, р. Левтыриновьям и др.), связанные с дунитовыми массивами зональных комплексов габбро-клинопироксенит-дунитовой и клинопироксенит-дунитовой (щелочно-ультраосновной) формаций. Собственно платиновая минерализация связана с преимущественным развитием изоферроплатины, устойчивость состава которой увеличивается от мелких к крупным месторождениям.

Рутениридосминовый тип дает около 2% МПГ, добываемых из россыпей. В то же время это единственный источник монокристаллов твердых растворов осмия, рутения и иридия. Второстепенные минералы – изоферроплатина и тетрагональные интерметаллиды платины. Промышленные месторождения редки и невелики по запасам (десятки, редко сотни килограммов), но площади развития этого типа россыпной минерализации достаточно обширны. Часто россыпная минерализация этого типа сопровождается россыпи золота (ручьи Лиственитовый, Майский в Корякии). Промышленные месторождения располагаются в непосредственной близости от коренных источников (полиморфных тел хромитов дунит-гарцбургитовых комплексов офиолитов) и в связи с хрупкостью рутениридосминовых минералов имеют незначительную протяженность (первые сотни метров).

Иридосминовый тип россыпей связан с телами карбонатит-пироксенит-дунитового состава (россыпи Гулинского щелочно-ультраосновного плутона). Главные минералы россыпей – самородный осмий и иридосмин, присутствуют изоферроплатина, а также самородные золото и серебро.

Помимо перечисленных промышленных типов высокие концентрации платинометаллических минералов, с преобладанием в составе последних палладиевых соединений, могут образовываться при разрушении сульфидных месторождений норильского типа, богатых платиноидами (Норильск 1).

2.2. Россыпи олова играют значительную роль в добыче этого металла и интенсивно разрабатываются. Единственным промышленным минералом олова в россыпях является касситерит. Повышенная твердость (6–7), значительная плотность, а также устойчивость к химическому выветриванию обеспечивают сохранность касситерита в экзогенных условиях. Однако хрупкость минерала ограничивает удаленность россыпи от коренного источника первыми километрами. Оловоносные россыпи представлены элювиальными, склоновыми, аллювиальными и прибрежно-морскими. Среди промышленных россыпей важное место занимают погребенные россыпи древних долин; известны также континентальные и прибрежно-морские россыпи, залегающие ниже уровня моря (погребенные и затопленные). Помимо аллювиальных россыпей, среди которых наиболее крупные приурочены к долинам унаследованного развития с комплексами террас и погребенными врезами, главными промышленными типами россыпных месторождений олова являются россыпи зон тектонических уступов, аллювиальные и полигенные россыпи погребенных грабен-долин, элювиально-аллювиально-карстовые россыпи, прибрежно-морские россыпи. Все крупнейшие россыпные месторождения олова, как правило, имеют полигенное (гетерогенное) происхождение. Это россыпи зон тектонических уступов, в строении которых могут принимать участие элювиальные, склоновые и аллювиальные осадки (Тенкели, Терехтах), элювиальные, аллювиальные и прибрежно-морские осадки (Чокурдах, Валькумей). Все промышленно значимые россыпи олова имеют возраст от олигоцена до четвертичного.

В зависимости от типа коренного источника и условий высвобождения касситерита россыпи олова различаются по соотношению свободного касситерита, извлекаемого аппаратами гравитационного типа, и связанного касситерита, находящегося в обломках

(гальке, валунах) породы (россыпь Одинокая в Якутии), извлечение которого возможно только после предварительного дробления обломков и обогащения по рудной схеме (приложение 2)

Технико-экономическая оценка балансовой принадлежности запасов россыпей, содержащих свыше 20% олова, связанного с обломками, производится отдельно для гравитационно извлекаемого касситерита и касситерита, связанного с обломками.

Главными коренными источниками оловоносных россыпей служат штокверки, минерализованные зоны, жилы и прожилки касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций, пегматитовые поля.

Содержание касситерита в промышленных россыпях изменяется от первых сотен граммов до многих килограммов на 1 м^3 песков. Протяженность россыпей обычно не превышает первых километров, а ширина составляет десятки – сотни метров. Мощность песков колеблется от первых метров до нескольких десятков метров.

Совместно с касситеритом в оловоносных россыпях могут представлять промышленный интерес вольфрамит, шеелит, золото, тантало-ниобаты, минералы висмута и др.

2.3. Россыпи вольфрама. Основными минералами вольфрамовых россыпей являются вольфрамит и шеелит. Физические свойства минералов определяют их умеренную устойчивость при транспортировке. Поэтому вольфрамовые россыпи в основном принадлежат к типу россыпей ближнего сноса – элювиальным, склоновым, ложковым, аллювиальным и, как правило, имеют ограниченные запасы. Крупные месторождения встречаются редко и характеризуются преимущественно комплексным вольфрамо-оловянным составом продуктивных отложений. Коренные источники россыпей – жильные и штокверковые месторождения и рудопроявления вольфрама вольфрамато-кварцевой и грейзеново-скарновой формаций.

В россыпях, имеющих промышленное значение, содержание минералов вольфрама колеблется от сотен граммов до нескольких килограммов на 1 м^3 песков. Размеры вольфрамовых россыпей по ширине составляют десятки метров, а по мощности – первые метры – десятки метров; протяженность их меняется от сотен метров до 10 км при наличии нескольких коренных источников, но обычно не превышает 1,5–2,5 км.

2.4. Россыпи титана и циркония. Титан в россыпях связан с рутилом, ильменитом, лейкоксенитом, титаномагнетитом, сфеном; цирконий – с цирконом и бадделеитом. Плотность большинства минералов этой группы находится в пределах $4\text{--}5\text{ г/см}^3$, поэтому они концентрируются в пластах песков различного зернового состава – от мелко- до крупнозернистого. Высокая физическая и химическая устойчивость и невысокая плотность минералов титана и циркония способствуют их переносу на значительные расстояния и накоплению в морских отложениях.

Различаются три основных промышленных типа россыпных месторождений титана: *собственно титановые* месторождения – ильменитовые аллювиальные россыпи, связанные с массивами габбро-анортозитов и их корами выветривания (Ариадненское в Приморском крае, Иршинская группа на Украине), *лейкоксенитовые* и *лейкоксен-ильменитовые россыпи* в связи с ильменитоносными метапелитами (Ярега в Республике Коми), *комплексные титано-циркониевые* (рутил-циркон-ильменитовые) *россыпи* прибрежно-морского генезиса.

Основное промышленное значение имеют *прибрежно-морские*, обычно *комплексные редкометалльно-титановые* современные и древние *россыпи*, которые служат источником получения титана, циркония, гафния, тория, редких земель, скандия. Прибрежно-морские россыпи образуются в результате денудации разнообразных магматических, метаморфических и осадочных пород, развитых на обширных площадях. Промышленные концентрации минералов титана и циркония и большие размеры россыпей достигаются при перемыве хорошо проработанной коры выветривания. За рубежом комплексные прибрежно-морские россыпи современных побережий служат главным источником получения титана и циркония (циркона). В России все промышленные месторождения этого типа залегают в

осадочном чехле и относятся к ископаемым формациям; наибольшее значение имеют ископаемые прибрежно-морские россыпи девонского, среднеюрского, поздне мелового и среднепалеогенового-раннемиоценового возраста.

Содержание основных полезных минералов в промышленных титано-циркониевых россыпях составляет десятки, а иногда сотни килограммов на 1 м³ песков. Практический интерес могут представлять редкоземельные фосфаты – монацит и ксенотим, золото, титаномагнетит, хромит, нерудные минералы – силлиманит, андалузит, дистен, ставролит, глауконит, а также фосфориты. Отходы обогащения (кварцевый песок, глина) могут использоваться в качестве сырья для стекольной и керамической промышленности, формовочных материалов и др.

Промышленная ценность комплексных титано-циркониевых россыпей часто определяется не только главными полезными минералами титана и циркония, но и попутными минералами и ценными полезными компонентами, а также нерудной составляющей (кварц, каолин, полево шпат). Соотношение главных и попутных полезных компонентов выступает как главный признак при выделении их промышленных типов. Среди ископаемых титано-циркониевых россыпей России и других стран СНГ выделяются следующие промышленные и потенциально-промышленные типы: *титано-циркониевые* (циркон-рутил-лейкоксен-ильменитовые) – Центральное, Лукояновское, Тарское, Туганское, Бешпагирское, Ордынское месторождения и др.; *титано-циркониево-полевошпатовые* (циркон-ильменит-полевошпатовые) – Караоткельское; *титано-циркониево-фосфатные* (фосфатные с циркон-рутил-ильменитовой ассоциацией рудных минералов) – Унечское; россыпи других минеральных видов с попутной титано-циркониевой или циркониевой минерализацией.

Другим важным, хотя и менее распространенным, источником титана являются месторождения кор химического выветривания габбро-анортозитовых массивов (Стремигородское и Торчинское месторождения в Украине), а также пространственно и генетически связанные с ними *элювиально-аллювиальные россыпи* (Иршинская группа в Украине). Из этих месторождений получают наиболее ценные ильменитовые концентраты, характеризующиеся низким содержанием фосфора и хрома и служащие сырьем для химической промышленности. Содержание ильменита в этих россыпях достигает нескольких десятков килограммов на 1 м³ песков. Промышленный интерес может представлять также апатит. Мощность продуктивного пласта достигает нескольких метров.

Особый, весьма масштабный тип собственно титановых россыпей составляют *лейкоксен-ильменитовые* и *лейкоксеновые россыпи*, образованные за счет размыва титаноносных метапелитов (россыпи Тиманского района и пр.). В случае если вмещающие их древние осадочные толщи служат коллекторами углеводородов, эти россыпи нефтеносны (месторождение Ярега).

В добыче циркония иногда заметную роль играют коры выветривания на массивах нефелиновых сиенитов и карбонатитов и связанные с ними бадделеитовые и цирконовые россыпи ближнего сноса.

2.5. Россыпи тантала, ниобия, редких земель. Наиболее характерные минералы тантала и ниобия в россыпях – колумбит, танталит, микролит, пирохлор, лопарит, реже встречаются – гатчеттолит, эвксенит, фергусонит. Лопарит, эвксенит и фергусонит одновременно являются источником получения редких земель. Из других редкоземельных минералов возможно накопление ксенотима, монацита, бастнезита и, реже, паризита.

Высокая плотность и значительная устойчивость в гипергенных условиях способствуют накоплению редкометалльных минералов в россыпях, однако вследствие небольшой твердости и большой хрупкости большинство этих минералов при транспортировке быстро истираются и далеко от коренных источников не переносятся.

Источниками формирования россыпей тантала, ниобия и редких земель являются гранитные пегматиты, щелочные граниты, нефелиновые сиениты и карбонатиты. Промышленные концентрации минералов тантала, ниобия и редких земель могут

содержаться в элювиально-склоновых, аллювиальных, озерных, ледниковых и водно-ледниковых, а иногда и в прибрежно-морских осадках. В качестве попутных минералов в этих россыпях встречаются касситерит, циркон, малакон, ксенотим, монацит. Большое значение в добыче тантала и ниобия имеют также коры выветривания, развивающиеся на субщелочных гранитах, редкометалльных пегматитах, лопаритоносных стратифицированных агпаитовых нефелиновых сиенитах, карбонатитах. Мощность кор выветривания может достигать нескольких десятков метров.

Наряду с россыпями современных долин известны древние и погребенные россыпи тантала, ниобия и редких земель, связанные с ископаемыми осадочными формациями.

Промышленная ценность россыпей тантала, ниобия и редких земель во многом определяется содержанием Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , содержанием суммы и соотношением индивидуальных содержаний редких земель, поэтому главным классификационным признаком при выделении промышленных и потенциально-промышленных типов в этой группе россыпей является их состав, определяемый типом коренного источника. В настоящее время на территории России к числу промышленных и потенциально-промышленных типов россыпей могут быть отнесены: *пирохлоровые* и *монацит-пирохлоровые россыпи* в связи с карбонатитами (Томтор, Горное озеро); *лопаритовые россыпи* массивов агпаитовых нефелиновых сиенитов (Ловозеро). В качестве перспективных типов выделяются: *комплексные циркон-касситерит-колумбитовые россыпи* в связи с массивами щелочных гранитов и гранитоподобных метасоматитов (Катугинское и др.); *куларитоносные золотые россыпи* в связи с черносланцевыми толщами (Кулар).

Большинство из этих россыпей, за исключением последнего типа, локализируются непосредственно на площади материнского рудоносного массива или в его обрамлении. Важную роль в концентрации рудных минералов, особенно в случае их повышенной хрупкости и малой крупности, играют малые озера, располагающиеся в контуре массива и характеризующиеся низкоэнергетической обстановкой осадконакопления. Особенно богатые редкими землями и ниобием рудные пески формируются при перемыве и переотложении коры выветривания карбонатизированных ультраосновных – щелочных массивов (ультрабогатые руды Томтора содержат 9–12% TR_2O_3 и 6–8% Nb_2O_5).

Содержания полезных компонентов в собственно редкометалльных россыпях составляют: Ta_2O_5 и Nb_2O_5 соответственно 0,01–0,05 и 1,5–3%, сумма редких земель – до 3–6%, иногда 10%, Y – до 0,1–0,2%. В качестве попутных компонентов присутствует Sc.

Промышленные россыпи собственно редкоземельных минералов – монацита и ксенотима – встречаются редко. Некоторые из них связаны с остаточными корами выветривания, но преобладают аллювиальные и ложковые россыпи. Монацит почти постоянно присутствует в комплексных титано-циркониевых россыпях, которые являются главным источником его добычи.

В собственно редкоземельных россыпях, имеющих промышленное значение, содержание монацита и ксенотима обычно составляет сотни граммов на $1m^3$ песков. Содержания куларита в золотых россыпях достигает 1,5–3% при содержании суммы редких земель в куларитовом концентрате 52,2%.

2.6. Россыпи ювелирных, ювелирно-поделочных и технических камней. В этой группе россыпей наибольшее значение имеют россыпи алмазов и янтаря. Промышленное значение могут иметь также аллювиальные россыпи агатов в полях размыва эффузивов, комплексные элювиально-склоновые россыпи мориона, берилла и топаза на гранитных пегматитах, аллювиальные и аллювиально-карстовые россыпи ограночного корунда, ледниковые, водно-ледниковые и аллювиальные россыпи жадеита и нефрита, аллювиальные россыпи демантоида, элювиально-склоновые россыпи оливина – хризолита. За рубежом россыпные месторождения являются также главным промышленным типом месторождений рубина, сапфира, александрита, циркона – гиацинта, гранатов, турмалина.

2.6.1. Россыпи алмазов. В промышленной классификации россыпей алмазов главными критериями являются условия их залегания, генезис (морфогенетический тип) и технологические свойства песков (таблица 6).

Таблица 6

**Характеристика основных морфогенетических типов
промышленных россыпей алмазов**

Типы россыпей	Форма и вытянутость россыпи	Размеры продуктивного пласта, залежи	Строение и состав продуктивных отложений	Примеры месторождений
Элювиальные, делювиально-пролювиальные, пролювиально-аллювиальные, ложковые, карстовые (гетерогенные)	Овальная, линзовидная, четковидная и шлейфовидная. Вытянутость 1–30	Длина– 0,5–5 км, редко до 10 км, ширина – 50–500 м, реже до 1500 м, мощность пласта – 0,5–5 м, залежей в карсте 5–15 м (до 100)	Несортированные или слабосортированные щебенисто (галечно)-глинистые отложения, рыхлые, местами в древних россыпях литифицированы и нуждаются в дроблении	Мир, лог Хабардина, Солур, Восточная, Верхний Биллях, Чурочная, Рассольнинская депрессия, (Россия) Бакванга (Заир)
Аллювиальные:				
ближнего сноса	Линейно-вытянутая: лентовидная, линзовидная, четковидная и реже пластовая на террасах. Вытянутость 100–200, до 400	Длина – от 3–10 до 20 км, ширина – 40–150 м, мощность – 1–2 м	Слабо-, и хорошо сортированные валунно-галечные, гравийно-галечные отложения, галечно-гравийные пески, глинистые щебенисто-галечные пески. Пески рыхлые	Ирелях, Сохолох р. Малая Ботуобия (Россия) Смоук-Крик (Австралия) и др.
дальнего переноса и переотложения		Длина – от 10–20 до >100 км, ширина – от 40–50 до 500 м, мощность – 1–4 м		Эбелях, Маспаки, Биллях, Молодо, Большой Колчим, Большой Щугор (Россия)
Прибрежно-озерный, озерный (древние россыпи),	Линзовидная, шлейфовидная, пластовая. Вытянутость 2–5	Длина – 1–3 км, ширина 200–1500 м, мощность отдельных пластов залежи 1–4 м	Слабосортированные рыхлые глинистые галечные пески, местами литифицированные	Новинка, Водораздельные галечники, Дачный (Россия)
Прибрежно-морской	Лентовидная, линзовидная, веерообразная	Длина 0,5–8 км, ширина – сотни метров, Мощность – метры	Валунно-щебенистые и сортированные песчано-галечные отложения	Юго-западная Африка (ЮАР, Намибия)

Питающие источники промышленных россыпей алмазов – коренные месторождения и рудопроявления кимберлитового, лампроитового типов и древние промежуточные коллекторы площадного распространения обычно с крупными, высокоценными алмазами. Промышленная россыпь может быть генетически однородной или неоднородной (гетерогенной) и питаться от одного или нескольких источников – как первичных, так и промежуточных.

Высокая твердость, химическая и абразивная прочность алмаза при невысокой плотности (3,5 г/м³) определяют возможность его многократного переотложения и концентрации в широком спектре обстановок – от элювиально-склоновых россыпей в контуре и в непосредственном обрамлении кимберлитовых тел через долины высоких порядков до прибрежной зоны и шельфа моря. По мере переноса повышается качество алмазов за счет разрушения дефектных зерен и относительной концентрации ювелирных разностей. В процессе переноса и переотложения нарушается непосредственная связь

алмазоносных россыпей с их первоисточниками, а в питании россыпей принимают участие промежуточные коллекторы – более древние алмазоносные осадочные формации; в ряде случаев вообще не удается достоверно проследить связь алмазоносных россыпей с определенными источниками и промежуточными коллекторами.

Большинство промышленных россыпей алмазов имеют четвертичный (аллювиальные россыпи современных речных долин и их притоков) и мезо-кайнозойский (позднемеловой-палеоген-неогеновый) возраст. Установлена повышенная алмазоносность девонских, пермских, триас-нижнеюрских посткимберлитовых терригенных формаций, содержащих продукты переотложенных кор химического выветривания.

Среди промышленных и потенциально-промышленных типов алмазоносных россыпей главными являются: аллювиальные россыпи ближнего, умеренного (десятки километров) сноса и ближнего переотложения (россыпи рек. Ирелях, Малая Ботуобия, Чурочная) и полигенные (элювиально-склоновые, делювиально-пролювиальные, пролювиально-аллювиальные карстовые, ложковые, пролювиально-озерные и др.), формирующиеся непосредственно над или вблизи алмазоносных трубок (крупнейшие россыпи района Бакванга в Заире, россыпь Водораздельные галечники, лог Хабардина, руч. Пироповый вблизи трубок Мир, Удачная в Якутии). Широко распространены аллювиальные россыпи дальнего переноса и переотложения: современных долин III–V порядков (россыпи Молодо, Эбелях в Якутии, россыпи рек Большой Колчим, Большой Щугор и других в Красновишерском районе Северного Урала); «депресссионные россыпи» – древние (мезозойские, палеоген-неогеновые) аллювиальные и пролювиальные россыпи, залегающие в пределах склоновых и водораздельных карстово-эрозионных депрессий (россыпь Рассольнинская депрессия, Верхний Биллях и другие в Красновишерском и Эбеляхском районах). К перспективным типам алмазоносных россыпей относятся алмазоносные конгломераты – литифицированные и реже рыхлые галечные пески среднепалеозойского и мезозойского возраста, такие как россыпные месторождения Восточное, Солур, Новинка (Якутия), среднедевонская алмазно-редкометалльно-золотоносная россыпь Ичет-Ю на Среднем Тимане.

Важными критериями выделения промышленной россыпи являются: содержание и качество (крупность, сортность и цена 1 кар.) алмазов, изредка – наличие попутного золота, циркона и др.

Содержание алмазов в россыпных месторождениях колеблется в широких пределах – от сотых долей карата до нескольких десятков каратов (Бакванга) на 1 м^3 песков; минимальные промышленные содержания в зависимости от сортности (стоимости) 1 кар., обычно оцениваются величиной от 0,05 до 2 кар/ м^3 .

Крупность алмазов в россыпях ближнего сноса несколько выше, чем в первоисточниках, из-за быстрого выноса мелких (–2 мм) зерен, а в россыпях дальнего переноса и переотложения она близка таковой в промежуточных коллекторах, где обычно преобладают алмазы размером около 2 мм и более, массой 0,5–1 кар., и более повышенная средняя цена 1 кар.

Распределение содержаний алмазов по пробам месторождения (участка) характеризуется по ситовым (–1+0,5, –2+1, –4+2, –8+4 мм и т. д.) и условным ситовым (уск) классам крупности, а распределение алмазов месторождения (участка) по крупности – по ситовым и весовым (–1+0,5, –2+1, –4+2, –8+4, –16+8, –32+16, –64+32, –128+64 мг и т.д.) классам крупности по данным покрystalльного взвешивания алмазов.

При выборе формы, плотности разведочной сети, необходимого объема частных проб и суммарного объема опробования месторождения (участка) и определении промышленной ценности россыпи учитываются ее размеры и, главным образом, содержание, крупность алмазов, тип их концентрации и выход (доля) ювелирных алмазов (табл. 7).

Группировка россыпей алмазов по факторам, влияющим на методику их разведки и оценку промышленной значимости

Группы россыпных месторождений алмазов по факторам			
Размеры (длина, площадь) россыпи	Содержание алмазов,	Крупность алмазов, доминирующие классы,	Выход (доля) ювелирных камней,
1. Весьма крупные, длиной более 100 км.	1. С весьма высоким содержанием, более 3,0 кар/м ³	1. С весьма крупными алмазами, доминируют: –8+4 и –4+2 (или +8 мм)	1. С весьма высоким выходом ювелирных камней более 60%
2. Крупные, длиной 50–100 км, площадью более 5 км ²	2. С высоким содержанием, 1,0–3,0 кар/м ³	2. С крупными алмазами, доминируют: –4+2 и –8+4 мм	2. С высоким выходом ювелирных камней, 30–60%
3. Средние, длиной 10–50 км, площадью 1–5 км ²	3. Со средним уровнем содержания, 0,3–1,0 кар/м ³	3. С алмазами средней крупности, доминируют: –4+2 и –2+1 мм	3. Со средним выходом ювелирных камней, 15–30%
4. Мелкие, длиной 2–10 км, площадью 0,2–1,0 км ²	4. С низким содержанием, 0,1–0,3 кар/м ³	4. С мелкими алмазами, доминируют: –2+1 и –1+0,5 мм	4. С низким выходом ювелирных камней, 5–15%
5. Весьма мелкие, длиной менее 2 км, площадью менее 0,2 км ²	5. С весьма низким содержанием, менее 0,1 кар/м ³	5. С весьма мелкими алмазами, менее 1 мм	5. С весьма низким выходом ювелирных камней, менее 5%

Типы концентрации алмазов проявляются в форме их скопления во флювиальных россыпях: струйчатой, линзовидной, гнездовой и смешанной (комбинационной). В зависимости от преобладания той или иной формы скопления алмазов выделяются четыре типа их концентрации:

- I – струйчатый тип; алмазы концентрируются преимущественно в крупных по длине, широких и средних струях, доля линз и гнезд незначительная; бедные участки, с содержанием ниже минимального промышленного, встречаются редко, фиксируются одиночными выработками. Россыпи относительно выдержанные, промышленный контур близок геологическим, геоморфологическим границам, эффективно опробуются при относительно больших расстояниях между линиями и выработками. Этот тип концентрации относительно редкий, встречается на богатых аллювиальных, пролювиально-аллювиальных россыпных месторождениях ближнего сноса и переотложения с высоким содержанием мелких и средних алмазов (реки Ирелях, Эбелях);
- II – линзовидно-струйчатый тип; алмазы концентрируются преимущественно в струях при подчиненной, но значительной доле линз и незначительной – гнезд; преобладают струи и линзы средних размеров; бедные локальные участки присутствуют в подчиненном количестве и тяготеют обычно к флангам россыпей. Россыпи невыдержанные, промышленный контур не совпадает с геологическими, геоморфологическими границами. Это наиболее распространенный тип концентрации алмазов, характерный для большинства месторождений с невысоким содержанием алмазов разной крупности (Молодо, Горное, р. Большой Колчим-нижний, руч. Гусиный, Пироповый и др.).
- III – линзовидный (струйчато-линзовидный) тип; алмазы концентрируются преимущественно в линзах разной ширины при подчиненной, но значительной доле коротких узких струй и присутствии гнезд; бедные локальные участки встречаются как по флангам, так и внутри по протяженности россыпей. Россыпи невыдержанные, их контуры постепенно или резко меняются, содержание алмазов по некоторым линиям (блокам) бывает ниже минимального промышленного. Линзовидный тип концентрации более свойственен россыпям логов, озер, россыпям русел рек с невысоким содержанием и средней крупностью алмазов, а также большинству россыпей с очень низким содержанием и крупными алмазами (Верхнее Молодо, Водораздельные галечники реки Малая Ботуобия, Большой Колчимверхний, Чурочная, и др.) и занимает второе по распространенности место;

IV – гнездово-линзовидный тип; алмазы концентрируются преимущественно в линзах при подчиненной, но значительной доле гнезд и незначительной – коротких узких струй; относительно богатые и бедные локальные участки в границах залежи распространены примерно одинаково. Россыпи весьма невыдержанные, нередко прерывистые или четковидные с резко меняющейся формой и алмазонасностью, нуждаются в наиболее плотной сети опробования, применении канав, траншей. Этот тип концентрации более характерен для карстово-эрозионных депрессий, озерных пляжей и россыпей с низким содержанием, но крупными размерами алмазов (Верхний Биллях, Новинка, Рассольнинская депрессия и др.).

В пределах россыпного месторождения сложного генезиса, состоящего из нескольких залежей, возможны разные типы концентрации алмазов, что следует учитывать при разведке этих россыпей; например, при смене типа концентрации (от струйчатого к гнездовому) разведка по линиям сменяется площадной по сети и увеличивается плотность выработок.

2.6.2. Россыпи других ювелирных и поделочных камней. Россыпи – главный промышленный тип месторождений рубина, сапфира, александрита, шпинели, циркона (гиацинт), гранатов, а также важный источник добычи хризолита, топаза, берилла, турмалина, нефрита, жадеита, горного хрусталя, аметиста, агата, иногда изумруда. Возможность накопления ювелирных и ювелирно-поделочных камней в россыпях обусловлена главным образом их химической стойкостью, абразивной прочностью, повышенной плотностью. Образованию россыпей этих минералов способствует развитие кор химического выветривания, где происходит их высвобождение и улучшение качества. Многие коренные месторождения представляют практический интерес только как источники россыпей.

Промышленное значение различных генетических типов россыпей ювелирных и ювелирно-поделочных камней зависит от физических свойств последних (плотности и прочности, определяющих их миграционную способность) и требований промышленности к размеру их обособлений, кристаллов, моноблоков.

Остаточные элювиальные и элювиально-склоновые россыпи характерны для минералов малой прочности (оливин – хризолит), а также устойчивых минералов при условии, что имеет значение крупность кристаллов (россыпи топаза, берилла и горного хрусталя). Для последних, так же как и для россыпей ограночного корунда, необходимым условием является развитие кор выветривания, в которых происходит высвобождение кристаллов.

Россыпи склонов, за исключением делювиально-карстовых россыпей алмазов и рубина, залегающих на закарстованном плотике карбонатных пород, существенного значения не имеют.

Ложковые россыпи являются главными для ювелирных и ювелирно-поделочных камней, встречающихся в виде кристаллов, – топаза, берилла, горного хрусталя. Характерны приуроченность таких россыпей к выложенным участкам тальвегов и плохо отсортированный глыбово-песчаный состав продуктивных рыхлых отложений, тяготеющих к плотике.

Аллювиальные (долинные и террасовые) россыпи имеют большое практическое значение для ювелирных камней, представляющих промышленный интерес и в виде мелких зерен, – рубина, сапфира, александрита, аквамарина, топаза, турмалина, аметиста, гранатов (пироп, демантоид), способных выдерживать дальний перенос. Такие полезные минералы концентрируются в песчано-гравийной фракции аллювия. Промышленное значение имеют россыпи галек и валунов плотных или вязких ювелирных и ювелирно-поделочных камней – жадеита, нефрита и агата, также хорошо выдерживающих дальний перенос.

Прибрежно-морские россыпные месторождения ювелирных и ювелирно-поделочных камней образуются только вблизи от коренного источника. Исключение составляют месторождения янтаря, физические свойства которого – малая плотность и повышенная плавучесть – способствуют его дальнему переносу; поэтому концентрация янтаря происходит не в аллювии, а только в прибрежных морских или озерных лагунно-дельтовых и

пляжевых отложениях. Кроме того, ископаемые смолы встречаются в ледниковых (моренных) образованиях и в осадках ледниковых озер.

Существенную долю в добыче многих самоцветов может составить попутное извлечение их при добыче алмазов (пироп, хризолит, циркон), редких металлов и пьезокварца (берилл, топаз, турмалин, аметист, цитрин), золота и платины (рубин, сапфир, демантоид и др.).

2.7. Россыпи пьезооптического сырья. Одним из важных для промышленности видов пьезооптического минерального сырья является пьезооптический кварц (горный хрусталь), из россыпных месторождений которого практический интерес представляют аллювиально-склоновые, склоновые и ложковые. Все они тесно связаны с коренными месторождениями и проявлениями.

2.8. Кроме россыпей перечисленных групп, встречаются россыпи и других полезных ископаемых: черных металлов – магнетита, титаномагнетита и хромита, абразивных минералов – граната и корунда, алюминийсодержащих минералов – силлиманита, андалузита, дистена, а также киновари, барита и др. Россыпи черных металлов имеют прибрежно-морской, аллювиальный и элювиально-склоновый (валунные руды) генезис; россыпи абразивных и алюминийсодержащих минералов – в основном прибрежно-морской, реже элювиальный; россыпи киновари, барита – элювиальный и склоновый.

3. Группировка месторождений по сложности геологического строения

3.1. По условиям залегания, размерам, степени выдержанности продуктивных пластов, равномерности распределения полезных минералов (компонентов) россыпные месторождения соответствуют 1-, 2-, 3- и 4-й группам сложности, установленным «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К **1-й группе** относятся крупные хорошо выдержанные по ширине и длине россыпи со сравнительно равномерным распределением полезных компонентов, относительно постоянной мощностью продуктивного пласта и сравнительно ровным плотиком, имеющим незначительный уклон. Эта группа представлена:

- прибрежно-морскими титано-циркониевыми (Центральное, Малышевское в Украине) и титановыми (Ярега) россыпями;
- титановыми месторождениями кор выветривания (Стремигородское и Торчинское в Украине).

Ко **2-й группе** относятся крупные и средние, относительно выдержанные по ширине и длине россыпи с неравномерным распределением полезных компонентов, со сравнительно постоянной мощностью и обычно неровным плотиком. В промышленном контуре россыпей нередко встречаются обогащенные и относительно обедненные участки. Месторождения представлены:

- аллювиальными россыпями золота (Улахан-Батар-Юрех, Кюсэнтэй, Энтузиастов Куларского района, Талгинское, Водораздельное, Олонгринское, бассейна р. Коровина, бассейна руч. Дальнего, нижнего течения руч. Угахан и др.), золота и МПГ (Сосьвинское, Игакское), МПГ (Кондер, руч. Левтыриновьям в Корякии);
- гетерогенными россыпями золота (Рывеем);
- аллювиальными и гетерогенными россыпями олова (руч. Крайний, Тенкели, Суор-Дорожный, Тирехтях, Чокурдах и др.);
- аллювиальными, элювиальными и озерными россыпями алмазов (Эбелях, Ирелях, Горное, Водораздельные галечники, Северо-Колчинское, Рассольнинская депрессия);

- элювиально-аллювиальными, аллювиальными и аллювиально-озерными титановыми (Катериновское, Левобережное и другие Иршинской группы в Украине) и титано-циркониевыми (Кара-Откельское в Казахстане) россыпями;
- прибрежно-морскими титано-циркониевыми россыпями (Туганское, Ордынское, Обуховское в Казахстане);
- прибрежно-морскими россыпями янтаря (Пальминекское, Клесовское в Украине);
- перемещенными корами выветривания (озерные россыпи) ниобия и редких земель (Томтор).

К **3-й группе** относятся невыдержанные по ширине и мощности россыпи различных полезных ископаемых с неравномерным распределением полезных компонентов, узкой струйчатостью или чередованием относительно бедных участков с обогащенными. Нередко значительная часть полезного ископаемого содержится в трещинах и западениях плотика.

В эту группу входят средние и мелкие долинные россыпи, залегающие в сложных горно-геологических условиях, в том числе на сильно трещиноватом плотике; террасовые россыпи, в значительной степени размываемые последующей эрозией; русловые россыпи; небольшие россыпи береговой зоны морей и древних озер; часть месторождений коры выветривания; элювиально-склоновые, ложковые, а также техногенные россыпи значительной протяженности.

К **4-й группе** относятся россыпи весьма сложного строения, очень невыдержанные по ширине и мощности, с весьма неравномерным распределением полезных компонентов, разведка которых требует проходки горных выработок (траншей или подземных сечений) в больших объемах. В промышленном контуре россыпи обычно имеется большое количество участков с непромышленным содержанием полезных компонентов; поверхность плотика очень неровная; значительная часть полезных компонентов содержится в трещинах и западениях. Размеры зерен полезных минералов весьма непостоянны, часты самородки. Месторождения представлены преимущественно мелкими аллювиальными, склоновыми и ложковыми россыпями золота, платины, ювелирных и ювелирно-поделочных камней.

В эту группу входят также россыпи, сильно деформированные неотектоническими дислокациями, затронутые экзарацией и размываемые морем, в значительной степени нарушенные разработками прошлых лет, россыпи, заполняющие карстовые полости или расположенные на сильно закарстованном плотике.

Детальная разведка россыпей 4-й группы, как правило, совмещается с разработкой.

3.2. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается исходя из степени сложности геологического строения основных залежей, заключающих в себе преобладающую часть запасов месторождения.

4. Изучение геологического строения и вещественного состава россыпей

4.1. По разведанным месторождениям необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы их размерам, геологическим особенностям и рельефу местности. Топографические карты и планы месторождений обычно составляются в масштабах 1:2 000–1:5 000. При очень сложном рельефе масштаб укрупняется до 1:1 000, а россыпи больших размеров, приуроченные к крупным морфологическим элементам рельефа, картируются в масштабе 1:10 000.

Все разведочные и эксплуатационные выработки (скважины, шурфы, траншеи, устья шахт, границы отработанных карьеров, дражных полигонов), профили геофизических наблюдений, техногенные образования (отвалы, дамбы и пр.) должны быть инструментально привязаны, а высотные отметки устьев разведочных выработок определены нивелированием. Подземные горные выработки наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки.

4.2. Геологическое и геоморфологическое строение россыпного месторождения должно быть детально изучено и отображено на геолого-геоморфологической карте масштаба

1:5 000–1:25 000, сопровождаемой разрезами рыхлых отложений и картой плотика (для россыпей ближнего сноса).

Россыпь изучается с детальностью, позволяющей выяснить глубину и условия ее залегания, форму, размеры, мощность продуктивного пласта, вещественный и зерновой состав торфов, песков и содержащихся в песках полезных минералов, особенности их изменения по простиранию, ширине и мощности пласта, рельеф плотика и литолого-петрографический состав слагающих его пород, характер распределения и изменчивость концентраций полезных минералов в вертикальном разрезе и в плане. Степень изученности перечисленных характеристик должна быть достаточной для подсчета запасов и оценки его достоверности*.

Для россыпей ближнего сноса целесообразно выполнить работы по выявлению возможных коренных источников и дать рекомендации о целесообразности их дальнейшего изучения.

4.3. Разведка россыпных месторождений производится скважинами ударно-канатного, колонкового бурения (буровая разведочная система), поверхностными (глубиной до 5 м) или подземными горными выработками (горные разведочные системы), комбинацией скважин и горных выработок (горно-буровые разведочные системы). Выбор разведочной системы, типа и сечения разведочных выработок, диаметра скважин, способов опробования зависит от вида полезного ископаемого, глубины залегания продуктивного пласта, состава (пески, глины, валуны, галечники и т.д.) и состояния пород, степени обводненности пород, а также экономической целесообразности.

Разведку близповерхностных россыпей в мерзлых или необводненных породах целесообразно проводить поверхностными горными выработками, в слабообводненных – сочетанием поверхностных горных выработок (на осушенных участках) и скважин (на обводненных участках). Глубокозалегающие россыпи в мерзлых породах следует разведывать сочетанием подземных горных выработок и скважин. Обводненные россыпи обычно разведываются скважинами.

Применяемая разведочная система должна обеспечить выяснение с необходимой достоверностью особенностей геологического строения месторождения и размещения слагающих его продуктивных пластов, их формы, условий залегания, размеров, а также качества песков и значений основных подсчетных параметров.

4.3.1. Россыпи золота, МПГ, ювелирных камней разведываются горными выработками и скважинами колонкового и ударно-канатного бурения диаметром 150–225 мм, а также траншеями, шурфами и скважинами большого диаметра (500–700 мм). Для россыпей с весьма неравномерным распределением или повышенной крупностью полезного компонента и низким средним содержанием необходимо использовать горные выработки и применять валовый способ опробования. В отдельных случаях при разведке россыпей ювелирных камней требуется проходка разведочных карьеров, размеры которых обосновываются проектом работ.

* По району месторождения необходимо иметь карту россыпной минерализации масштаба 1:50 000–1:200 000 на кондиционной геологической основе с элементами геоморфологии и литологии рыхлых осадков, а также графические материалы, обосновывающие комплексную оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых и отражающие данные шлихового опробования и результаты геофизических исследований. Эти материалы могут быть совмещены с картой россыпной минерализации. Указанные материалы должны отражать структурно-геологическую позицию россыпи, ее взаимоотношение с предполагаемыми коренными источниками и промежуточными коллекторами, закономерности размещения всех известных в районе коренных и россыпных месторождений и рудопроявлений, неотектоническую, геоморфологическую и, при необходимости, палеогеографическую обстановку, возраст и генезис россыпей, степень их разведанности и освоения. Должны быть выделены участки различной степени перспективности и площади, на которых оценены прогнозные ресурсы. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов.

Разведка россыпей олова, вольфрама, редких металлов осуществляется скважинами колонкового, иногда ударно-канатного бурения диаметром 100–212 мм, прибрежно-морских титано-циркониевых и аллювиальных титановых россыпей и кор выветривания – обычно скважинами колонкового и ударно-канатного бурения диаметром около 100 мм.

4.3.2. Для рационального использования бурения и оптимального размещения его объемов, особенно на глубокозалегающих россыпях, необходимо применять геофизические методы разведки. С их помощью изучается рельеф коренных пород, прослеживаются древние погребенные долины, определяются мощности и иногда литологические типы рыхлых отложений, выделяются таликовые зоны, границы многолетнемерзлых пород и т.д. В отдельных случаях в соответствии с «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья» данные геофизического опробования могут быть использованы для подсчета запасов – установления подсчетных параметров продуктивных залежей (мощности и содержания полезных компонентов). Проведение геофизических исследований следует сопровождать проходкой опорных разведочных выработок (скважин) и параметрическими исследованиями. Выбранные технические средства разведки должны обеспечить возможность экономически эффективного изучения месторождения и его достоверную промышленную оценку.

4.3.3. Расположение разведочных выработок и плотность разведочной сети должны определяться в каждом отдельном случае с учетом вида полезного ископаемого, формы, условий залегания, размеров, строения продуктивного пласта, характера распределения полезного компонента, распространения участков многолетнемерзлых пород и таликовых зон, строения поверхности плотика. При расположении разведочных линий необходимо принимать во внимание местные особенности геологического строения россыпи, в частности, наличие участков возможного поступления в долину полезного ископаемого (боковые притоки, коренные источники и др.) или резкого изменения структуры коренных пород плотика, их состава, формы долины и др. Наряду с изучением таких участков должно быть обеспечено пересечение достаточным количеством разведочных линий всей ширины долины.

Для подавляющего большинства аллювиальных, а также пляжевых россыпей, характеризующихся большой протяженностью при относительно небольшой ширине, значительной изменчивостью параметров по ширине и малой изменчивостью по длине, следует применять разведочную сеть с расстояниями между разведочными линиями, в 10–20 раз превышающими интервалы между выработками по линии.

Древние прибрежно-морские, а также крупные склоново-пролювиальные россыпи отличаются значительной шириной, измеряемой километрами. Здесь целесообразно применять прямоугольную сеть разведочных выработок, в которой расстояния между линиями обычно превышают интервалы между выработками не более чем в 2–4 раза. В тех случаях, когда ширина россыпи соизмерима с ее длиной, используется квадратная разведочная сеть; плотность ее (площадь, приходящаяся на одну выработку), как правило, близка к плотности, принимаемой для прямоугольной сети на россыпях соответствующей группы.

Для россыпей сложного строения, отличающихся весьма неравномерным распределением полезного компонента, может быть применена и более плотная квадратная сеть выработок. По квадратной сети располагают выработки также для разведки россыпей, приуроченных к карстовым формам рельефа, элювиальных и некоторых склоновых россыпей, а также аллювиальных и других россыпей, деформированных ледником и размытых морем.

Разведку техногенных или частично отработанных неглубоко залегающих россыпей наиболее целесообразно проводить траншеями или дражными ходами при валовом опробовании. Повторную разведку дражных полигонов можно проводить также шурфами или скважинами по прямоугольной или квадратной сети, учитывая, что первоначальное строение россыпи в процессе разработки было полностью нарушено. На участках частично

отработанных россыпей, нарушенных старыми подземными выработками, карьерами или отвалами, должна быть сохранена равномерность сети, но расстояние между линиями и выработками следует уменьшить по сравнению с ненарушенными площадями.

4.3.4. При выборе технических средств и расстояний между разведочными линиями и выработками могут быть использованы обобщенные данные отечественной практики разведки россыпных месторождений золота и платиноидов (табл. 8), а также титана, титана и циркония, олова, янтаря, вольфрама, тантала, ниобия (табл. 9) и алмазов (табл. 10).

Приведенные данные о плотности сети могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждой россыпи на основании изучения геологического и геоморфологического строения на участках детализации (особенно для россыпей ювелирных камней, опыт разведки которых невелик) и тщательного анализа геологических, геоморфологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

При выборе интервалов между выработками для конкретной россыпи необходимо учитывать ее ширину. На очень узких россыпях расстояния между выработками могут быть сокращены до 5 м, при разведке месторождений алмазов и других ювелирных камней обычно производится сплошное пересечение россыпи траншеями. При глубоком залегании продуктивного слоя на месторождениях ювелирных и ювелирно-поделочных камней вместо траншей проходятся шурфы с рассечками, иногда сбиваемыми в единый орт.

4.3.5. Особенности методики разведки россыпей золота и МПГ определяются их принадлежностью к соответствующей группе по сложности геологического строения.

Разведка россыпей первого морфологического типа группы 2 (2.1) производится в основном одиночными линиями скважин малого диаметра или шурфами. В случае повышенной крупности металла (средняя крупность более 2 мм) для получения необходимого расчетного суммарного объема проб в линии следует использовать кусты скважин малого диаметра, скважины увеличенного или большого диаметра.

Россыпи второго морфологического типа группы 2 (2.2) могут быть разведаны с необходимой достоверностью только с применением крупнообъемного опробования траншей, шурфов с рассечками или подземных выработок секциями длиной 20–40 м, а на очень широких россыпях – с перерывами между ними в 20–40 м.

Россыпи первого морфологического типа группы 3 (3.1) в основном разведываются линиями скважин, шурфов или траншеями по равномерной сети, плотность которой зависит от ширины россыпи. При разведке узких россыпей, когда на одной линии количество скважин может оказаться недостаточным для надежного оконтуривания, а также россыпей со средней крупностью металла более 2 мм могут использоваться сдвоенные или строенные линии скважин малого диаметра. На этих россыпях целесообразно также проходить одинарные линии шурфов или скважин увеличенного и большого диаметра. На россыпях с крупным металлом (средняя крупность более 4 мм) для получения представительного объема проб обычно проходятся шурфы с рассечками или кусты скважин большого диаметра.

На россыпях второго морфологического типа группы 3 (3.2) более достоверные разведочные данные могут быть получены по совокупности скважин, пройденных по квадратной, прямоугольной или ромбической сети. При этом параметры сети зависят от размеров продуктивной площади.

Россыпи 4-й группы, как весьма сложные, могут быть разведаны и оценены траншеями, шурфами или шахтами с рассечками, опробованными валовым способом. На узких россыпях для отбора валовых проб чаще используются шурфы с рассечками, на мелкозалегающих целесообразно проходить траншеи.

Наибольшее применение при разведке россыпных месторождений золота и платиноидов получило механическое ударно-канатное и в меньшей мере – колонковое бурение.

Обобщенные данные о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке россыпных месторождений золота и МПГ

Группа сложности	Характеристика и морфологические типы россыпей	Рациональный способ разведки	Ширина (площадь) россыпи	Расстояния (м) для запасов категорий				Длина секции валового опробования
				B		C ₁		
				между линиями	между выработками	между линиями	между выработками	
2-я	2.1. Крупные и средние вытянутые по простиранию россыпи с относительно выдержанным по ширине и мощности продуктивным пластом, неравномерным распределением металла и преобладанием внутри россыпи обогащенных участков над относительно бедными	Линии скважин или шурфов, ориентированные поперек простирания продуктивного пласта	Ширина, м: более 100	150–200	20	300–400	20–40	в траншеях и рассечках, м –
	2.2. Крупные и средние вытянутые по простиранию россыпи с относительно выдержанным по ширине продуктивным пластом, с непостоянной его мощностью, весьма неравномерным гнездово-струйчатым распределением металла и преобладанием внутри россыпи относительно бедных и некондиционных участков над обогащенными	Линии траншей, шахт с рассечками, шурфов с рассечками, ориентированные поперек простирания продуктивного пласта	Ширина, м: менее 200	300–400	Непрерывно	600–800	Непрерывно	20–40
3-я	3.1. Средние и мелкие вытянутые по простиранию россыпи, выдержанные и невыдержанные по ширине и мощности, с неравномерным распределением металла и чередованием относительно бедных участков с обогащенными	Линии скважин*) шурфов, ориентированные поперек простирания продуктивного пласта.	Ширина, м: менее 50 м	–	–	100–200**)	5–10	–
			50–100	–	–	100–200	10	–
			более 100	–	–	200	20	–
			Ширина, м: менее 100	–	–	100–200	Непрерывно	10–20
	3.2. Средние и мелкие россыпи изометричной и неправильной формы с неравномерным распределением металла и чередованием бедных, пустых и обогащенных участков	Линии траншей, шахт или шурфов с рассечками	более 100	–	–	400	20	20–40
			Площадь россыпи, тыс.м ² менее 10	–	–	20	10–20	–
			10–20	–	–	30	20–30	–
			20–35	–	–	40	30–40	–
		ромбической сети	35–60	–	–	50	40–50	–
			более 60	–	–	60	50–60	–
			более 60	–	–	60	50–60	–
4-я	Преимущественно мелкие, реже средние вытянутые по простиранию россыпи, весьма сложного строения, очень невыдержанные по ширине и мощности с крайне неравномерным распределением металла и преобладанием бедных и пустых участков, россыпи с металлом преимущественно крупных фракций	Линии траншей, шахт или шурфов с рассечками, ориентированные поперек простирания продуктивного пласта	Ширина, м: менее 50	–	–	100–200	Непрерывно	10
			Ширина, м: более 50	–	–	200–400	Непрерывно	10–20

* При разведке россыпей с участками сложного строения или для получения необходимого объема групповой пробы целесообразно проходить сдвоенные или строенные линии скважин, представляющие собой две или три разведочные линии, пройденные параллельно через 5–10 м, в которых скважины располагаются в шахматном порядке с расстоянием между ними в линиях 5–10 м (на узких россыпях) или 10–20 м (на средних и широких россыпях).

** Расстояние между пересечениями из сдвоенных или строенных линий, как правило, 200 м.

Обобщенные данные о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке россыпей титана, олова, янтаря, вольфрама, тантала, ниобия

Группа сложности	Морфологический тип россыпей	Виды разведочных выработок	Расстояния (м) для запасов категорий						
			А		В		С ₁		
			между линиями	между выработками	между линиями	между выработками	Между линиями	между выработками	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1-я	Крупные хорошо выдержанные россыпи со сравнительно равномерным распределением полезных компонентов:								
	титана и циркония (прибрежно-морские)	Скважины	150–200	50–100	300–400	100–200	600–800	200–400	
	титана (коры выветривания)	«	50	50	100	100	200	100–200	
2-я	Крупные и средние относительно выдержанные россыпи с неравномерным распределением полезных компонентов:								
	олова	Скважины, шурфы	–	–	150–200	10–20	300–400	10–40	
	титана и циркония (прибрежно-морские)	Скважины	–	–	150–200	50–100	300–400	100–200	
	титана (аллювиальные)	«	–	–	100–150	20–40	200–300	40–60	
	ниобия и редких земель (озерные)*	«	–	–	40–65	50–60	80–120	35–50	
янтаря (прибрежно-морские)	Скважины, шурфы	–	–	200–400	200–400	400–800	400–800		
3-я	Россыпи, невыдержанные по ширине и мощности, с неравномерным распределением полезных компонентов:								
	олова, вольфрама,	Траншеи	–	–	–	–	400–600	Секции непрерывно	
	тантала, ниобия	Скважины, шурфы	–	–	–	–	100–200	10–20	
	титана и циркония (прибрежно-морские)	Скважины	–	–	–	–	150–200	10–20	
	титана (коры выветривания)	«	–	–	–	–	100	100	
	алмазов	Траншеи	–	–	–	–	200–400	Секции непрерывно	
	Шурфы с рассечками		–	–	–	–	40–80	10–40	

*Данные на примере одного Томторского месторождения.

Примечания.

1. Размеры квадратной сети выработок, применявшейся при разведке россыпных месторождений 3-й группы, принимались в зависимости от площади россыпи:

Площадь россыпи тыс.м ²	< 20	20x20	60–200	40x40
Размер сети для запасов категория С ₁ ,	20–60	30x30	> 200	50x50

2. По месторождениям ювелирных и ювелирно-поделочных камней накопленные данные о плотности разведочной сети недостаточны для их обобщения.

3. По месторождениям 4-й группы обобщить данные о плотности разведочной сети выработок вследствие разнообразия этих данных не представляется возможным.

Обобщенные данные о плотности сетей разведочных выработок, применившихся при разведке россыпных месторождений алмазов

Группа сложности	Характеристика и морфологические типы россыпей	Основной тип концентрации алмазов	Ширина россыпи, м	Вид разведочной выработки	Расстояния (м) для запасов категорий			
					B		C ₁	
					между линиями	между выработками	между линиями	между выработками
2-я	2.1. Весьма крупные, крупные вытянутые по простиранию лентовидные россыпи, относительно выдержанные по ширине, мощности продуктивного пласта и алмазоносности, с умеренно неравномерным (непрерывным) распределением алмазов	I тип, струйчатый	50–200	Шурфы, шахты	400	10–20	800–1200	10–20
				(СБД)*, кусты скважин	100–200	10–20	200–300	10–20
	Средние, преимущественно долинные кайнозойские и древние ископаемые россыпи		Более 200	Шурфы, шахты	200–400	20–40	400–800	20–40
				(СБД), кусты скважин	100–150	20	200–300	20–40
	2.2. Крупные и средние вытянутые по простиранию лентовидные россыпи, относительно выдержанные по ширине или мощности, невыдержанные по алмазоносности, с неравномерным и весьма неравномерным (прерывистым) распределением алмазов	II тип, линзовидно-струйчатый	До 50 50–200	Линии канав, траншей	200	Непрерывно	400	Непрерывно
				Шурфы, шахты	200	10–20	400	10–20
		Более 200	(СБД), кусты скважин	100–200	10–20	200–400	10–20	
			Ш тип, линзовидный	Около 200 м и более	Шурфы, шахты (СБД)	40–80 20–40	20–40 20–40	80–160 40–80
3-я	3.1. Средние и мелкие вытянутые по простиранию россыпи, выдержанные и невыдержанные по ширине, мощности продуктивного пласта, с неравномерным, весьма неравномерным распределением алмазов и россыпи с крупными камнями. Преимущественно элювиальные, ложковые, долинные, террасовые, прибрежно-озерные, морские	I и II типы	До 100	Шурфы, шахты, рассечки	–	–	300–400	20–40
				СБД, кусты скважин	–	–	150–200	10–20
		III тип	Более 200	Шурфы, шахты, рассечки	–	–	120–160	40–80
				СБД, кусты скважин	–	–	60–80	20–40
	3.2. Средние и мелкие вытянутые и близкие к изометричным россыпи, невыдержанные по ширине или мощности, с весьма неравномерным (прерывистым) распределением алмазов, чередованием богатых и бедных участков. Россыпи разных морфо-генетических типов	II тип	До 100	Линии канав, траншей	–	–	200–300	Непрерывно, 5–10 м
				Шурфы, шахты, рассечки	–	–	200–300	10–20
	III и IV тип, гнездово-линзовидный	До 200 Более 200	Шурфы, шахты, СБД	–	–	80–120	20	
			То же	–	–	80–120	40–60	

Примечание.

* – плотность скважин большого диаметра (СБД) учитывает зарубежные данные.

(СБД)* – Скважины большого диаметра (более 500 мм, обычно 1200–1800 мм) эффективны при мощности песков около 2 м и более.

Технологическая схема бурения при проходке ударно-канатных скважин, особенно последовательность процессов долочения породы, обсадки скважин трубами, извлечения (желонения) разрушенной породы, должна соответствовать особенностям геологического строения россыпи, зерновому составу, степени валунистости и устойчивости вмещающих пород, а также мерзлотно-гидрогеологическому их состоянию. Недостаточный учет этих особенностей приводит к искусственному «растягиванию» продуктивного пласта на глубину, обеднению или обогащению его металлом за счет просадки.

Обычно технологическая схема бурения принимается по аналогии с реализованной ранее при разведке сходных по строению месторождений, достоверность которой подтверждена добычными работами. В новых районах, а также при существенном изменении геологических условий локализации россыпи принятые технологические схемы бурения, обеспечивающие качественный отбор проб, должны быть подтверждены заверочными работами.

Горные выработки (траншеи, шурфы и др.) используются для разведки россыпей с весьма неравномерным распределением полезного компонента, а также для заверки.

4.3.6. При разведке россыпей алмазов используются разнообразные горные выработки и буровые скважины: канавы, траншеи, мелкие и глубокие шурфы сечением 1,25–2,5 м², спаренные шурфы сечением 4 м², шурфо-шахты сечением 6–12 м², подземные горизонтальные и вертикальные горные выработки, поисково-картировочные и разведочные колонковые скважины диаметром 110–132 и 168–219 мм и скважины ударно-канатного бурения (УКБ) диаметром 500 мм.

Колонковые скважины кроме решения геолого-структурных, поисковых задач, способствуют уточнению условий залегания, морфологии россыпи, оконтуриванию залежей, имеющих литологический контроль, однако, как правило, непригодны для опробования россыпи на алмазы. Только на высокоалмазоносных россыпях с мелкими алмазами и большой (≥ 5 м) мощностью песков возможна буровая разведка кустами колонковых скважин диаметром 168–219 мм.

Горные выработки (траншеи, шурфы и др.) используются для разведки россыпей с невысоким содержанием, крупными алмазами и весьма неравномерным их распределением, а также для заверки скважин.

Выбор типа и сечения разведочных выработок зависит от горно-геологических условий, а также содержания и крупности алмазов (табл. 11).

Таблица 11

Системы и технические средства разведки в зависимости от содержания и крупности алмазов

Группы месторождений по уровню содержания алмазов	Группы месторождений по крупности алмазов		
	с мелкими алмазами, доминируют классы –2+1 (основной) и –1+0,5 мм	с алмазами средней крупности, классы –4+2 и –2+1 мм	с крупными алмазами, классы –8+4 и –4+2 мм
С весьма высоким содержанием алмазов, более 3 кар/м ³	Буровая	Горно-буровая	Горная, горно-буровая
С высоким содержанием, 1–3 кар/м ³	Горно-буровая	Горная, горно-буровая	Горная (шурфы*)
Со средним уровнем содержания, 0,3–1,0 кар/м ³	Горная, горно-буровая	Горная (шурфы*)	Горная (канавы, траншеи, шурфы сечением ≥ 4 м ²)
С низким и очень низким содержанием, 0,1–0,3 кар/м ³ и менее	Горная (шурфы*)	Горная (канавы, траншеи, шурфы сечением ≥ 4 м ²)	Горная (канавы, траншеи, шурфы сечением 6–12 м ²)

* Обычные сечения шурфов 1,25–2,5 м²

Разведку близповерхностных россыпей в мерзлых или необводненных породах целесообразно проводить поверхностными горными выработками, в слабообводненных – сочетанием поверхностных горных выработок (на осушенных участках) и скважин (на

обводненных участках). Глубокозалегающие россыпи в мерзлых породах следует разведывать сочетанием подземных горных выработок и скважин. Обводненные россыпи обычно разведываются скважинами большого диаметра.

Применяемая разведочная система должна обеспечить выяснение с необходимой достоверностью особенностей геологического строения месторождения и размещения слагающих его продуктивных пластов, их формы, условий залегания, размеров, а также качества песков и значений основных подсчетных параметров.

Россыпи алмазов обычно разведываются горными выработками и скважинами большого диаметра (500–1800 мм). Для россыпей с весьма неравномерным распределением или повышенной крупностью полезного компонента и низким средним содержанием необходимо использовать горные выработки и применять крупнообъемное валовое опробование, в отдельных случаях требуется проходка разведочных карьеров, размеры которых обосновываются проектом работ.

Особенности методики разведки россыпей алмазов определяются их принадлежностью к соответствующей группе по сложности геологического строения.

4.4. При разведке россыпей колонковыми скважинами должен быть получен максимальный выход керна. Объем пробы определяется по фактическому диаметру керна. Достоверность определения линейного выхода керна по продуктивным отложениям необходимо систематически проверять путем сопоставления расчетных и фактических масс керновых проб или объемным методом с учетом результатов контрольных замеров глубин скважин.

При разведке россыпей благородных металлов и алмазов скважинами ударно-канатного бурения расчет содержаний полезных ископаемых по проходкам производится, как правило, исходя из фактического объема выжелоненной породы. Использование для определения содержаний полезного компонента теоретических объемов пород, рассчитанных исходя из внутреннего диаметра обсадных труб (при долочении внутри обсадки), внешнего диаметра башмака обсадных труб (при долочении талых пород ниже обсадки) и фактического диаметра лезвия долота или фактического диаметра скважин по данным кавернометрии (при бурении в мерзлых породах) в каждом конкретном случае должно быть обосновано результатами заверки достоверности бурения горными выработками, шурфоскважинами большого диаметра или данными эксплуатации.

Во всех скважинах глубиной более 100 м через каждые 20 м углубки должны замеряться азимутальные и зенитные углы с целью выявления искривлений скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, планов и при расчете мощностей продуктивных пластов.

4.5. Все расположенные на месторождении разведочные, а также эксплуатационные выработки, должны быть задокументированы. Документация производится по типовым формам.

Полнота и качество документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения должны систематически контролироваться и сличаться с натурой специально назначенными недропользователем комиссиями. По средним и крупным месторождениям в состав комиссии включается представитель территориальных органов управления государственным фондом недр или геолконтроля. В случаях, когда весь выжелоненный материал или весь объем породы из разведочных выработок (при проходке по пескам) полностью поступает в промывку, сличение первичной документации с натурой должно выполняться непосредственно в процессе производства работ. Кроме того, необходимо контролировать соответствие сводных геологических материалов первичной документации.

4.6. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных россыпях, отдельные их участки должны быть изучены более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны по категории А, на месторождениях 2-й группы – по

категории В, а на месторождениях 3-й и 4-й групп – по категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму продуктивных залежей, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество песков. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству песков и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Количество и размеры участков детализации на месторождениях определяются недропользователем.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

4.7. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания продуктивных пластов и подсчета запасов вся толща рыхлых отложений и верхняя часть плотика должны быть опробованы, при этом продуктивная толща опробуется во всех выработках. Выбор способов опробования производится исходя из вида полезного ископаемого, конкретных геологических особенностей россыпи и применяемых технических средств разведки.

При выборе методов (геологический, геофизический) и способов (керновый, бороздовый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ* 23 декабря 1992 г. и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья».

4.7.1. Объем проб зависит от содержания полезного ископаемого в россыпи, крупности зерен минералов и характера их распределения. Объем частной пробы определяется экспериментальным путем и колеблется в значительных пределах, достигая в отдельных случаях нескольких сотен кубических метров.

Длина интервалов опробования по продуктивному пласту зависит от мощности отложений, вида полезного ископаемого, предполагаемого способа разработки и не должна превышать для россыпей золота и платины 0,2–0,4 м, для олова, вольфрама и редких земель – 0,5–1,0 м, для алмазов, титана, циркония и янтаря – 1,0–2,0 м. Интервалы опробования по торфам и пескам повышенной мощности могут быть увеличены.

4.7.2. При разведке скважинами россыпей золота, МПП, ювелирных камней, олова, вольфрама, тантала, редких земель на обработку направляется весь материал, полученный с опробуемых интервалов. На титано-циркониевых россыпях в зависимости от диаметра скважин и результатов экспериментальных работ в пробу может отбираться половина или

* Здесь и далее в тексте приняты следующие сокращения названий организаций, осуществлявших государственную экспертизу запасов до выхода постановления Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2005 года № 69: ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых, ТКЗ – территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых.

Уточнение названий организаций, выполняющих государственную экспертизу, будет сделано после завершения организационных мероприятий во исполнение вышеуказанного постановления.

четверть полученного керна (при ударно-канатном бурении – часть объема выжелоненной породы), а на наиболее выдержанных россыпях прибрежно-морского происхождения, сложенных мелкообломочными и глинистыми рыхлыми отложениями, в пробу поступает материал, сокращенный до 0,5–1,0 кг. При разведке россыпей алмазов кустами скважин на обработку направляется весь материал, полученный с опробуемых интервалов. Выбор диаметра бурения кустовых скважин определяется минимальным представительным объемом пробы, который, в свою очередь, рассчитывается по соответствующей методике.

4.7.3. При опробовании шурфов на россыпях с очень неравномерным распределением полезных компонентов или низким их содержанием (ювелирные камни, золото, алмазы) производится отбор валовых проб из продуктивного пласта, и материал промывается полностью. При более равномерном распределении полезных компонентов (олово, вольфрам, редкие металлы) количество подлежащего промывке материала на основании экспериментальных исследований может быть сокращено до 5–10 ендовок с каждого интервала опробования.

4.7.4. В траншеях отбираются бороздовые, крупнообъемные или валовые пробы на всю мощность продуктивных отложений или по отдельным интервалам глубины. Пробы отбираются непрерывно по длине траншеи или отдельными изолированными секциями. Расстояния между секциями принимаются равными длине секций, на месторождениях алмазов крупнообъемные валовые пробы отбираются непрерывно по длине траншеи секциями длиной от 3–5 м (на узких россыпях) до 10–20 м. Объем проб при отборе и перед промывкой тщательно замеряется.

В подземных горных выработках отбор проб производится бороздовым или валовым способом, на месторождениях алмазов – иногда бороздовым (используются для минералогических анализов), задирковым и обязательно валовым способом. Борозды обычно располагаются по стенке или забою выработки и состоят из отдельных секций. Во всех случаях продуктивные отложения должны быть опробованы на полную мощность, а необходимый объем бороздовых проб должен быть установлен экспериментальными работами.

4.7.5. Достоверность принятого способа опробования должна быть подтверждена отбором более представительных (обычно крупнообъемных) проб, а также данными исследования технологических проб или результатами эксплуатационного опробования и данными отработки. При опробовании сокращенным количеством ендовок (олово, вольфрам, редкие металлы) для контроля обычно дополнительно промывается материал из выкидов шурфов, для титано-циркониевых россыпей – из керна скважин, оставшийся после отбора основных проб. В случаях, когда в основные пробы направляется весь материал, достоверность опробования устанавливается по данным заверочных (контрольных) работ.

4.8. На россыпях золота, МПГ, цветных и редких металлов, разведанных скважинами малого диаметра (менее 300 мм), заверочные работы выполняются путем проходки контрольных шурфов, скважин большого диаметра (500 мм и более), шахт и шурфов с рассечками, траншей или опытной эксплуатации. Опробование глубокозалегающих россыпей алмазов, разведанных скважинами диаметром менее 500 мм, контролируется горными выработками.

Проведение контрольных работ преследует цель установить достоверность результатов разведки, выполненной скважинами (правильно ли определены мощность и положение продуктивного пласта в вертикальном разрезе россыпи), а также наличие или отсутствие систематической ошибки в опробовании россыпи скважинами. При необходимости следует обосновать величину поправочного коэффициента к запасам полезного компонента.

Контролю подлежат 10% скважин, данные по которым использованы при подсчете запасов россыпи (балансовых и забалансовых). При этом, как правило, должно быть пройдено не менее 20 контрольных выработок, расположенных в нескольких разведочных линиях, которые полностью пересекают промышленный контур россыпи и характеризуют как обогащенные, так и бедные участки; контрольные шурфы располагаются

непосредственно на скважине (кусте скважин). При большом количестве скважин, учтенных при подсчете запасов, можно ограничиться 50 контрольными выработками, даже если это составит менее 10%.

Необходимо, чтобы средние показатели по контролируемым скважинам (мощность, содержание полезного компонента) приближались к средним показателям по всей россыпи. Недопустим выборочный контроль только «богатых» или только «бедных» скважин. Если в пределах россыпи выделяются участки, резко отличающиеся по геологическим условиям и способам разведки, то каждый участок должен контролироваться отдельно.

Наиболее эффективный способ контроля – проходка траншей, спаренных траншей, шурфо-скважин или подземных горных выработок (для глубокозалегающих россыпей), которыми заверяются целые разведочные линии. Траншеи или подземные выработки должны иметь выдержанное, не меняющееся с глубиной сечение, располагаться непосредственно на разведочной линии и пересекать россыпь на всю ширину. На россыпях ювелирных, ювелирно-поделочных камней и алмазов для контроля проходятся разведочные карьеры, служащие также для наработки технологических проб и необходимой партии алмазов для оценки их стоимости.

В исключительных случаях, когда по геологическим или техническим условиям проходка контрольных горных выработок или скважин большого диаметра невозможна, в целях контроля допускается бурение кустов скважин, причем контрольные скважины располагаются вблизи контролируемых. В этих случаях сопоставляются не отдельные выработки, а геологические разрезы, составленные отдельно по основным и контрольным скважинам.

4.9. Обработка проб с целью получения концентратов (шлихов) производится на обогатительных установках. Тщательность промывки проб и полнота извлечения изучаемых компонентов должны систематически контролироваться путем перечистки хвостов на установках, обеспечивающих наиболее полное улавливание полезных минералов (концентрационные столы, центробежные сепараторы и др.), а также количественным анализом проб хвостов. Контрольные промывки должны характеризовать качество обработки проб в отдельные периоды (месяцы или кварталы), а также полноту извлечения полезных компонентов из разных по зерновому составу рыхлых отложений.

В тех случаях, когда содержание полезных компонентов определяется по данным количественных анализов проб, не подвергающихся промывке, обработка их производится по схемам, разрабатываемым для каждого месторождения. При этом качество обработки проб должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки проб.

При разведке россыпей золота и МПГ особое внимание следует обращать на проблему улавливания мелкого и тонкого металла.

В россыпных провинциях, характеризующихся наличием значительного количества тонкого золота, обработку разведочных проб необходимо проводить на современном оборудовании, позволяющем эффективно извлекать рудные частицы размером менее 0,1 мм (концентраторы «Knelson» или аналогичные отечественные приборы). При этом доводку проб (отдувку) необходимо дополнить любым количественным анализом хвостов отдувки не ниже III категории точности. Анализ выполняется по всем пробам, содержащим весовое золото, или по групповым пробам, характеризующим сечение пласта песков по отдельным скважинам. Эти определения проводятся с учетом геологического строения россыпи, имея в виду, что тонкое золото концентрируется обычно в глинистых фракциях песков.

4.10. Вещественный состав продуктивных отложений необходимо изучать с полнотой, обеспечивающей возможность оценки промышленного значения основных и всех ценных попутных компонентов, а также учета вредных примесей. Содержание их в продуктивном пласте устанавливается на основании анализов проб или концентратов (шлихов), полученных при обработке (промывке) проб, минералогическими, химическими, спектральными, ядерно-физическими и другими методами, утвержденными

государственными стандартами или Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ). Необходимо установить принципиальную возможность и экономическую целесообразность извлечения попутных полезных минералов в самостоятельные концентраты, например в дистен-силлиманитовый, ставролитовый, глауконитовый, гранатовый и другие концентраты на титано-циркониевых россыпях, золотой или вольфрамовый – на оловянных и т. д.

По каждому продуктивному пласту россыпи должны быть установлены:

- общее количество полезных компонентов в продуктивном пласте, в том числе извлекаемых гравитационными методами и находящихся в связанном состоянии с крупными обломками вмещающих пород;
- соотношение гравитационно извлекаемого полезного компонента, связанного с раскрытыми (свободными) минералами и находящегося в сростках с другими минералами или породами;
- зерновой состав полезных минералов в продуктивных пластах и извлекаемых в концентраты; баланс распределения полезного компонента по классам крупности минералов;
- форма выделений полезных минералов, степень их окатанности и состояние поверхности.

По всем рядовым пробам на россыпях золота и МПГ должны быть определены содержания «шлихового золота» и «шлиховой платины».

В пределах продуктивного пласта на россыпях других металлов все концентраты (шлихи) рядовых проб анализируются: касситеритовый – на олово, шеелитовый и вольфрамитовый – на триоксид вольфрама, рутиловый, ильменитовый, лейкоксеновый – на диоксид титана, цирконовый и бадделеитовый – на диоксид циркония, колумбитовый, танталитовый, микролитовый, пироклоровый и лопаритовый – на пентоксиды тантала и ниобия, монацитовый, ксенотимовый, а также лопаритовый – на сумму редкоземельных элементов.

Групповые или объединенные пробы «шлихового золота» и «шлиховых платиноидов», равномерно характеризующие россыпи, анализируются:

- «шлиховое золото» – на химически чистое золото (соответственно определяется проба «шлихового золота»), серебро и лигатурные примеси;
- «шлиховые платиноиды» – на химически чистую платину и другие платиноиды (палладий, родий, рутений, осмий, иридий), а также на золото.

В россыпях золота и МПГ ситовый анализ полезных компонентов следует проводить отдельно по рядовым (разведочные скважины) и крупнообъемным (траншеи, опытная отработка) пробам. При этом количество таких определений должно соответствовать масштабу месторождения.

По достаточному числу мономинеральных проб или концентратов высокой чистоты полезных минералов требуется определить:

- по касситериту – содержание олова, а также примесей тантала, ниобия, скандия, индия, редких земель;
- по шеелиту, вольфрамиту – содержание триоксида вольфрама и примесей тантала, ниобия, скандия, редких земель;
- по рутилу, ильмениту, лейкоксену – содержание диоксида титана, полезных попутных компонентов – скандия, ниобия, тантала, редких земель, ванадия, а также примесей – триоксида хрома и пентоксида фосфора, глинозема и кремнезема;
- по циркону и бадделеиту – содержание диоксида циркония и примесей гафния, скандия, редкоземельных элементов, иттрия, тория и урана;
- по колумбиту, танталиту, микролиту, пироклору, лопариту – содержание пентоксидов тантала и ниобия, а для пироклора, лопарита, кроме того, редкоземельных элементов отдельно цериевой и иттриевой групп и примесей – урана, тория, стронция;
- по монациту и ксенотиму – содержание редкоземельных элементов отдельно цериевой и иттриевой групп и тория (для монацита).

По рядовым пробам на россыпях алмазов определяются содержания парагенетических и (или) гидродинамических минералов-спутников алмаза, выход тяжелой фракции.

В россыпях алмазов ситовый анализ полезных компонентов следует проводить отдельно по рядовым и крупнообъемным пробам. При этом количество таких определений должно соответствовать масштабу месторождения, количеству крупных неоднородных его участков с существенно разными алмазами. Алмазы по размерности классифицируются как на традиционных плетеных ситах ($-1+0,5$, $-2+1$, $-4+2$ мм и т.д.), так и на ситах с круглыми отверстиями в размерности CSO (см. таблицу 7) по количеству и массе, ситовым и весовым классам крупности с покрystalным взвешиванием алмазов.

При изучении алмазоносных россыпей должен быть определен зерновой состав алмазов, соотношение алмазов различных классов крупности по количеству кристаллов и массе, общая средняя масса одного кристалла и средняя масса кристаллов отдельных фракций, выход алмазов по фракциям в процентах и абсолютных значениях (кар/м³); морфологические особенности, физические свойства, сортность, стоимость 1 кар. Одновременно серьезное внимание надо уделять изучению минералов-спутников алмаза (пиропы, пикроильменита, хромдиоксида) и их корреляционной связи с алмазами.

При изучении россыпей ювелирных и ювелирно-поделочных камней должно быть определено содержание кристаллосырья в продуктивной породе, выход из него ювелирных и ювелирно-поделочных разностей, их сортовой состав и соответствие действующим техническим условиям, а также дана оценка сырья, не соответствующего требованиям технических условий как коллекционного материала.

4.11. Качество аналитических работ, выполненных минералогическими, химическими, спектральными и ядерно-физическими методами, должно систематически проверяться путем проведения внутренних и внешних контрольных анализов рядовых и групповых проб в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Работу основной лаборатории необходимо контролировать в течение всего времени разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов, выполненных как на основные, так и на попутные компоненты. При разведке месторождений ювелирных и ювелирно-поделочных камней особенно тщательно надо контролировать определение выхода из кристаллосырья ювелирных разностей и установление их сортового состава.

При выявлении систематических расхождений между результатами анализов, получаемыми основной и контролирующей лабораториями, проводится арбитражный контроль. Введение каких-либо поправок в результаты рядовых анализов без арбитражного контроля не допускается.

При определении объема, порядка проведения внутреннего, внешнего и арбитражного геологического контроля аналитических работ, а также методики обработки результатов контроля и предельных допустимых относительных среднеквадратичных погрешностей анализов по классам содержаний следует руководствоваться методическими руководствами по применению Классификации запасов к месторождениям соответствующего полезного ископаемого.

4.12. При разведке россыпного месторождения необходимо проводить техническое опробование, чтобы установить зерновой состав пород рыхлой толщи, объемную массу и коэффициент разрыхления каждой отличающейся по зерновому составу породы – галечников, песков, суглинков и др. (отдельно по таликам и участкам многолетнемерзлых пород), а также валунистость, промывистость, льдистость и влажность продуктивных отложений и торфов. Определения объемной массы и влажности песков необходимо проводить в соответствии с «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений», утвержденными Председателем ГКЗ 18 декабря 1992 г.

4.13. В результате изучения вещественного и зернового состава продуктивных отложений и по данным технического опробования должны быть установлены природные типы песков, намечены возможные способы их обогащения и предварительно выделены

промышленные (технологические) типы песков, требующие селективной добычи и раздельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов песков производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных типов песков, в том числе, при необходимости, по данным геолого-технологического картирования.

5. Изучение технологических свойств песков

5.1. Технологические свойства продуктивных отложений (песков) россыпных месторождений зависят от их минерального, зернового состава и степени промывистости. Основным методом обогащения песков почти всех россыпей является гравитационный, при котором на шлюзах, винтовых и струйных сепараторах, отсадочных машинах и концентрационных столах получают черновые концентраты (шлихи). Последние поступают на доводочные установки или фабрики, где производится их очистка с помощью гравитационных аппаратов, магнитной и электростатической сепарации, флотации, а также рентгенолюминесцентных и физико-химических методов.

Концентраты, получаемые в результате обогащения песков, должны соответствовать действующим государственным, отраслевым стандартам и техническим условиям, перечень которых помещен в приложении 3, или могут регламентироваться договором между поставщиком и потребителем.

5.2. Технологические свойства песков месторождений отличаются большим разнообразием схем гравитационного обогащения и доводки до кондиционных требований шлиховых концентратов. Наибольшее значение имеют следующие признаки, определяющие технологию обогащения продуктивных песков:

- зерновой состав песков продуктивного пласта;
- характеристика содержащихся в песках полезных минералов (крупность, форма нахождения, характер ассоциации с рудными и нерудными минералами, состояние поверхности частиц);
- нахождение в россыпи двух или более полезных минералов, которые можно извлекать в самостоятельные концентраты;
- степень глинистости пород продуктивных пластов;
- состав шлиховых концентратов, требующих очистки от посторонних гравитационно извлекаемых минералов.

5.3. На россыпных месторождениях золота и МПГ важным дополнительным резервом запасов являются мелкие и тонкие выделения золота и минералов МПГ.

Разведка и отработка большинства россыпных месторождений золота производилась в то время, когда отсутствовали эффективные способы извлечения мелкого и тонкого золота, запасы которого, как правило, не подсчитывались несмотря на то, что на некоторых россыпях их доля может составлять от 30 до 80% запасов месторождения. В настоящее время разработаны и внедряются в производство новые технологии, основанные на применении методов обогащения в центробежных полях высокой интенсивности – в безнапорных аппаратах, центробежных (чашевых) сепараторах, ротационно-центробежных концентраторах, концентраторах «Knelson» и др. Извлечение золота при этом составляет: класса $-0,25+0,1$ мм – 87–92%, класса $-0,1+0,05$ мм – 84–87% и класса $-0,05$ мм – 69–74%.

Поэтому при разведке новых и переоценке известных россыпей технологические исследования должны быть ориентированы на наиболее полное извлечение золота, (с учетом его ситовой характеристики) гравитационными аппаратами последнего поколения. При наличии в песках значительных количеств связанного, тонкого и субмикроскопического золота, не улавливаемого существующим гравитационным оборудованием, следует определить целесообразность его извлечения по «рудной» схеме.

Особое внимание должно быть обращено на изучение технологии переработки песков россыпей зон тектонических уступов, отличающихся повышенной мощностью золотоносных

аллювиальных и пролювиальных осадков и высокой глинистостью с содержанием золота от 200 до 4000 мг/м³, отложений прирусловых отмелей и пойм, где запасы мелкого и тонкого золота составляют 60–100%, дельтовых и морских отложений, а также техногенных россыпей, в которых содержание тонкого золота может достигать нескольких граммов в 1 м³.

Принципиальные технологические схемы обогащения золотоносных песков, разработанные ТулНИГПом, Гинцветметом, АО «Северная Корона» (г. Иркутск), приведены в приложение 4. В связи с этим оценка (переоценка) месторождений с мелким и тонким золотом должна производиться на основе данных геолого-технологического опробования, предусматривающего обогащение проб на месте отбора с помощью мобильных обогатительных установок и последующий анализ концентратов. Минимальный объем пробы для достоверной оценки содержания золота всех классов крупности должен составлять не менее 0,25 м³. При этом решающее значение имеет уровень извлечения золота на мобильной установке и его соответствие извлечению на промышленных аппаратах, которые предполагается применять при добыче. Принципиальные технологические схемы мобильных установок приведена в приложении 5. Принципиальные технологические схемы обогащения проб россыпей ручными шейкерными установками и технологическая схема обогащения на стадии эксплуатационной разведки и добычных работ (ОАО «Алмазы Анабара», «Нижне-Ленское») приведены в приложениях 6 и 7.

5.4. Технологические свойства продуктивных отложений, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях. При наличии опыта переработки аналогичных песков в промышленных условиях допускается использование метода аналогии – если результаты его применения подтверждаются результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов песков, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

5.5. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные типы песков, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация песков месторождения с выделением их промышленных (технологических) типов, изучается пространственная изменчивость состава их физико-механических и технологических свойств в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы, а при значительной мощности песков в случае необходимости – и разрезы.

В результате лабораторных исследований должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов песков в степени, необходимой для выбора технологической схемы их переработки, обеспечивающей комплексное и наиболее полное извлечение основных и попутных компонентов, а также возможность очистки промстоков. При этом для россыпей ближнего сноса следует установить относительное количество высвобожденных полезных минералов и минералов, находящихся в сростках с другими минералами и их агрегатами, экономическую целесообразность дробления сростков с целью более полного извлечения полезных минералов.

Исследования в полупромышленных условиях служат для проверки схемы обогащения песков и уточнения показателей их обогащения, полученных на лабораторных пробах. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, которая выполняет технологические исследования, совместно с геологоразведочной организацией.

5.6. Технологические пробы должны быть представительными, т. е. их литологический, минеральный, химический, зерновой состав и степень промывистости должны соответствовать средним значениям этих показателей для изучаемого месторождения (участка) или технологическим типам.

При отборе проб необходимо учитывать изменчивость качества песков, с тем чтобы обеспечить полноту характеристики технологических свойств песков на всей площади их распространения.

5.7. В результате исследований технологические свойства продуктивных отложений должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их переработки с комплексным использованием песков и извлечением заключенных в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Для выделенных промышленных (технологических) типов песков требуется определить основные технологические параметры обогащения – выход концентрата, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение. Для попутных компонентов надо установить формы нахождения и баланс распределения в песках, продуктах обогащения песков и передела концентратов и определить экономическую целесообразность их извлечения.

Необходимо выяснить возможность использования оборотных вод, методы очистки промстоков, а также изучить возможность и целесообразность использования хвостов обогащения – гравия, кварцевых песков, глин (в случае полного извлечения основных полезных компонентов) – в качестве строительных материалов, огнеупоров, сырья для стеклового производства и производства керамических изделий, формовочных материалов и др.

6. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических и других природных условий месторождений

6.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть выявлены и изучены все поверхностные водотоки и водоносные горизонты подземных вод, которые могут участвовать в обводнении карьера, дражного полигона или подземных эксплуатационных горных выработок, а также выявлены наиболее обводненные участки.

Для поверхностных водотоков следует установить дебиты в паводковый и меженный периоды и выявить участки, в пределах которых необходимо строительство водоотводных каналов.

По всем водоносным, включая верховодку, горизонтам, участвующим в обводнении эксплуатационных выработок, следует установить их мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры. Следует выяснить условия фильтрации подземных вод и возможность устройства запруд с целью подъема воды на тех участках, где глубина ее недостаточна для работы драги, или для создания оборотного водоснабжения. Требуется рассчитать возможные водопритоки в горные выработки при подземном или открытом способе разработки месторождения, оценить качество подземных вод, влияние сброса вод и других отходов производства на окружающую среду, а в необходимых случаях разработать рекомендации по отводу и захоронению промстоков.

При выявлении на месторождении водоносных зон и горизонтов следует изучить влияние возможного их дренажа на расположенные в данном районе водозаборы и поверхностные водотоки. Необходимо изучить химический состав и бактериальное состояние вод, участвующих в обводнении, и дать оценку возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающих потребность будущих предприятий в технической воде для промывки песков, заполнения водой дражных полигонов, осуществления скважинной гидродобычи и других нужд.

6.2. В результате изучения инженерно-геологических, геокриологических и горно-геологических условий месторождения должны быть установлены физико-механические свойства всей толщи отложений (песков и торфов), характеризующие их прочность в естественном и водонасыщенном состоянии; изучен литологический и минеральный состав

песков, вмещающей толщи и пород плотика; установлена глубина сезонного промерзания, а в районах с развитием многолетнемерзлых пород – температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубины сезонного оттаивания и промерзания и другие данные, необходимые для прогнозной оценки устойчивости горных выработок и расчета основных параметров карьера. Необходимо оценить возможность возникновения оползней, селей, лавин и других физико-геологических явлений, которые могут осложнить разработку месторождения.

Инженерно-геологические исследования должны проводиться в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.)

6.3. Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.), определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, нерестовых рек, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, рыбоводческих хозяйств, нерестилищ, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных песков и т.д.), оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов рекультивации земель следует определить мощность почвенного покрова и при необходимости произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

Следует также определить факторы, влияющие на здоровье человека (повышенная радиоактивность, пневмокониозоопасность и др.).

При проведении экологических исследований следует руководствоваться «Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду», утвержденными Председателем ГКЗ СССР 22 июня 1990 г. и «Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье», утвержденными заместителем министра охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 1995 г.

6.4. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются недропользователем с проектными организациями, органами охраны окружающей среды и рыбохозяйственными органами.

6.5. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

6.6. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, следует изучить в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

7. Подсчет запасов

7.1. Подсчет и квалификация разведанных запасов россыпных месторождений производятся в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

7.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, при этом для каждого блока они не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки пластов, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество песков;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой степенью изменчивости внутреннего строения продуктивных пластов, мощности, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств песков;
- выдержанностью условий залегания продуктивных пластов, определенной приуроченностью блока к единому геоморфологическому элементу и типу (террасе, склону, руслу и т. д.);
- общностью горнотехнических условий разработки.

По простиранию россыпей подсчетные блоки следует разделять разведочными линиями скважин или горных выработок.

7.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику россыпных месторождений.

7.3.1. Запасы **категории А** при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации, оконтуренных скважинами и горными выработками. На разрабатываемых месторождениях этой и других групп к категории А относятся запасы, подсчитанные по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Подсчитанные запасы должны удовлетворять следующим требованиям:

- пространственное положение продуктивного пласта (пластов), внутриконтурных пустых и некондиционных участков, а также участков многолетнемерзлых пород или таликов изучено в степени, не допускающей других вариантов их оконтуривания;
- по достаточному числу пересечений и анализов надежно определены зерновой состав песков и торфов (или горной массы), промывистость, валунистость и льдистость, минеральный состав песков и шлиха, форма и степень окатанности зерен полезных минералов, относительное количество высвобожденных полезных минералов и находящихся в сростках с другими минералами (агрегатами минералов), содержание в минерале полезных компонентов, выход полезного компонента по классам содержаний; установлены мощность торфов, характер, строение и гипсометрия плотика.

7.3.2. Запасы **категории В** при разведке подсчитываются на месторождениях 1-й и 2-й групп на участках детализации в контуре разведочных выработок. На разрабатываемых месторождениях к категории В относятся запасы, подсчитанные по данным разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Подсчитанные запасы должны удовлетворять следующим требованиям:

- пространственное положение продуктивного пласта (пластов), внутриконтурных пустых и некондиционных участков, а также участков многолетнемерзлых пород и таликов изучено в степени, которая допускает такое различие вариантов их оконтуривания,

которое существенно не влияет на представления об условиях залегания и строении продуктивного пласта (пластов);

- по достаточному объему представительных данных определены средний зерновой состав песков и торфов (или горной массы), промывистость, валунистость и льдистость, минеральный состав песков и шлиха, содержание в минерале полезных компонентов или пробность золота, выход полезного компонента по классам содержаний; установлены мощность торфов, характер и строение плотика.

7.3.3. Запасы категории C_1 на месторождениях всех групп подсчитываются в контуре разведочных выработок. На месторождениях 1-й и 2-й групп допускается их подсчет в зоне геологически обоснованной экстраполяции; размер зоны экстраполяции не должен превышать расстояния между выработками, принятого для этой категории запасов.

К категории C_1 относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок; при этом характеристика особенностей строения продуктивных отложений и распределения полезных компонентов должна быть подтверждена на разрабатываемых месторождениях результатами эксплуатации, а на новых – данными, полученными на участках детализации.

7.3.4. Запасы категории C_2 подсчитываются:

- на месторождениях 1-, 2- и 3-й групп в зонах экстраполяции за контурами запасов более высоких категорий, обоснованной особенностями геологического и геоморфологического строения месторождения. Контур подсчета должен быть подтвержден результатами геофизических исследований и единичными пересечениями продуктивных пластов разведочными выработками. Параметры подсчета принимаются по аналогии с прилегающими более детально разведанными частями месторождения с учетом единичных пересечений в контуре подсчета запасов; на месторождениях 4-й группы запасы подсчитываются в контуре разведочных выработок или в зоне экстраполяции за контурами запасов категории C_1 ;
- на предварительно оцененных участках в контурах, определяемых по аналогии с более изученными частями месторождений; аналогия геологического и геоморфологического строения устанавливается по результатам геофизических исследований и по отдельным разведочным пересечениям.

7.3.5. Ширина зоны экстраполяции в каждом конкретном случае для запасов категорий C_1 и C_2 должна быть обоснована фактическими данными. Не допускается экстраполяция в сторону уменьшения мощности, выклинивания и расщепления пластов, ухудшения качества песков и горно-геологических условий их разработки.

При оконтуривании запасов категории C_2 решающее значение имеет общая изученность геологического и геоморфологического строения месторождения и закономерностей, определяющих размещение, протяженность, изменчивость мощности и качества продуктивных пластов.

7.3.6. При разведке россыпей золота, МПП, цветных и редких металлов скважинами расчет содержаний полезных компонентов по проходкам производится по объемам, определяемым в соответствии с п. 4.4. Заверочные работы производятся в соответствии с п. 4.8.

7.4. Запасы песков (горной массы) и заключенных в них основных компонентов подсчитываются по одним и тем же категориям. Запасы песков или горной массы выражаются в единицах объема (тысячах кубических метров), а запасы полезных компонентов – в единицах массы (тоннах, килограммах или каратах).

В качестве полезных компонентов принимаются химически чистые элементы (Au, Pt, Sn), оксиды (WO_3 , TiO_2 , ZrO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 и т. д.), а в необходимых случаях – минералы (циркон, ильменит, рутил и т. д.). По титановым россыпям, заключающим в себе промышленные концентрации ильменита и рутила, запасы и содержание каждого из них в 1 м^3 песков или горной массы подсчитываются отдельно. После этого запасы TiO_2

суммируются и вычисляется среднее содержание диоксида титана по месторождению в целом.

Запасы пьезооптического сырья подсчитываются в кристаллосырье и моноблоках, а запасы ювелирных и ювелирно-поделочных камней – в сырце и сортовом (кондиционном) сырье, а также в некондиционном сырье, если намечается использование его в качестве коллекционного материала.

7.5. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам разработки, промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

7.6. Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

7.7. При подсчете запасов должны быть выявлены выработки с аномально высоким вертикальным запасом полезных компонентов («ураганные» сечения), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части продуктивных залежей с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделить в самостоятельные подсчетные блоки и произвести более детальные разведочные работы.

7.8. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы песков подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

7.9. Запасы песков, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

7.10. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению продуктивных пластов, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых».

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившиеся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, продуктивным пластам и месторождению в целом), а также баланс песков и полезного компонента в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче, транспортировке и потери при переработке песков. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели добывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество песков не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательными являются выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки, эксплуатационной разведки и отработки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей пластов, содержаний полезных компонентов), запасов и качества песков, а также выяснить причины этих изменений.

7.11. При компьютерном подсчете запасов рекомендуются к применению программные комплексы (с описанием алгоритма программы подсчета), обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координат разведочных выработок, данных инклинометрии, отметок литолого-стратиграфических границ, результатов опробования, планов опробования, параметров кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталогов пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологических разрезов или планов с контурами промышленного оруденения, проекций продуктивных залежей на горизонтальную плоскость, каталога подсчетных параметров по блокам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Исходные цифровые данные (результаты опробования, данные инклинометрии, координаты разведочных выработок и др.) должны представляться на машинных носителях (CD) в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

7.12. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов».

7.13. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых».

8. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

8.1. На **оцененных россыпных месторождениях** должна быть определена их возможная промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в

целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающего предприятия предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии продуктивных отложений, вещественного состава песков и разработки технологических схем их обогащения и переработки на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться (по решению государственной экспертизы) опытно-промышленная разработка (ОПР) в рамках проекта разведочной стадии работ, в масштабах и в сроки, согласованные с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения, горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи песков и их обогащения (природные разновидности и технологические типы песков и их взаимоотношения). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии продуктивных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР целесообразно также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча песков с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов полезного ископаемого.

8.2. Степень изученности россыпных месторождений, вовлекаемых в промышленное освоение (разработку), должна соответствовать требованиям «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40, предъявляемым к **разведанным месторождениям.**

К разведанным относятся россыпные месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия.

Разведанные россыпные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечена возможность квалификации их запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением попутных минералов, имеющих промышленное значение, и

определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии продуктивных пластов, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей россыпи;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется в каждом конкретном случае недропользователем. Решающими факторами при этом являются геоморфологические условия залегания, особенности геологического строения пластов, крупность и характер распределения в них минералов, возможности горных, буровых и геофизических средств разведки, условия и сроки строительства предприятия, степень риска капитальных вложений, а также опыт разведки и разработки россыпей аналогичного типа.

В случае если полученных в процессе разведки россыпи данных окажется недостаточно для объективной оценки запасов, их качества и экономической значимости, орган государственной экспертизы может потребовать проведения на объекте дополнительных работ, в том числе опытно-промышленной отработки, и представления недостающих данных на государственную экспертизу.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

При расчленении крупных и средних россыпей на более мелкие объекты с целью передачи их различным недропользователям разработка и утверждение кондиций и подсчет запасов на всей россыпи является обязательным. В этом случае органом управления государственным фондом недр при выдаче лицензии определяется предприятие-оператор, осуществляющее подсчет и оценку запасов по всей россыпи.

Учитывая организационные особенности отработки, сравнительную простоту технологии добычи и обогащения, невысокую капиталоемкость производства и быструю оборачиваемость средств, степень изученности **мелких (см. табл. 4) обособленных россыпных месторождений, вовлекаемых в промышленное освоение**, может отвечать требованиям «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40, предъявляемым к **оцененным** месторождениям.

При этом в хорошо изученных районах с длительной историей золотодобычи при подсчете запасов допускается:

- принимать данные о гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических, горно-геологических и других природных условиях, а также о зерновом составе пород рыхлой толщи, объемной массе и коэффициентах разрыхления, природных типах песков, возможных способах обогащения и других по аналогии с близрасположенными

эксплуатируемыми или отработанными месторождениями при условии подтверждения этих показателей в разведочных выработках;

- проводить заверочные работы в процессе эксплуатации путем сопоставления данных разведки и разработки с оперативным внесением соответствующих корректив в подсчет запасов;
- осуществлять геолого-экономическую оценку россыпи на основе использования подсчетных параметров районных кондиций, утвержденных государственной экспертизой (ГКЗ) в установленном порядке. В случае несоответствия этих кондиций особенностям геологического строения россыпи и реальным экономическим показателям ее отработки недропользователем на основе укрупненных расчетов могут разрабатываться и утверждаться в установленном порядке индивидуальные разведочные или эксплуатационные кондиции.

9. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20%) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20%).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50%;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50%) от заложенных в обоснования кондиций;
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в продуктивных отложениях или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

**Приложение 1 (справочное):
Технические характеристики малолитражных драг
(по данным института Иргиредмет)**

Показатели	Модели драг					
	Д40	Д40А	Д50	Д60	Д80	Д100
Вместимость черпака, л	40	40	50	60	80	100
Наибольшая глубина черпания, м	7,0	7,5	7,5	10	10	10
Производительность, м ³ /ч	24	36	45	50	72	90
Размеры понтона, м:						
длина	16	15,6	19,5	21	22	24
ширина	6	6	7,8	7,8	9	10
осадка	1,3	1,3	1,8	1,8	2,0	2,4
Мощность электроприводов, кВт	87	90	154	165	220	380
Масса драги, т	44	54	119	124	178	320

**Основные характеристики роторно-гидравлической драги
концерна «ИХЦ Голландия» (рекомендована для разработки россыпей
олова в акватории северных морей)**

Производительность по пескам – 1000–2000 м³/ч

Глубина разработки–17–50 м

Осадка понтона драги – 2,4 м

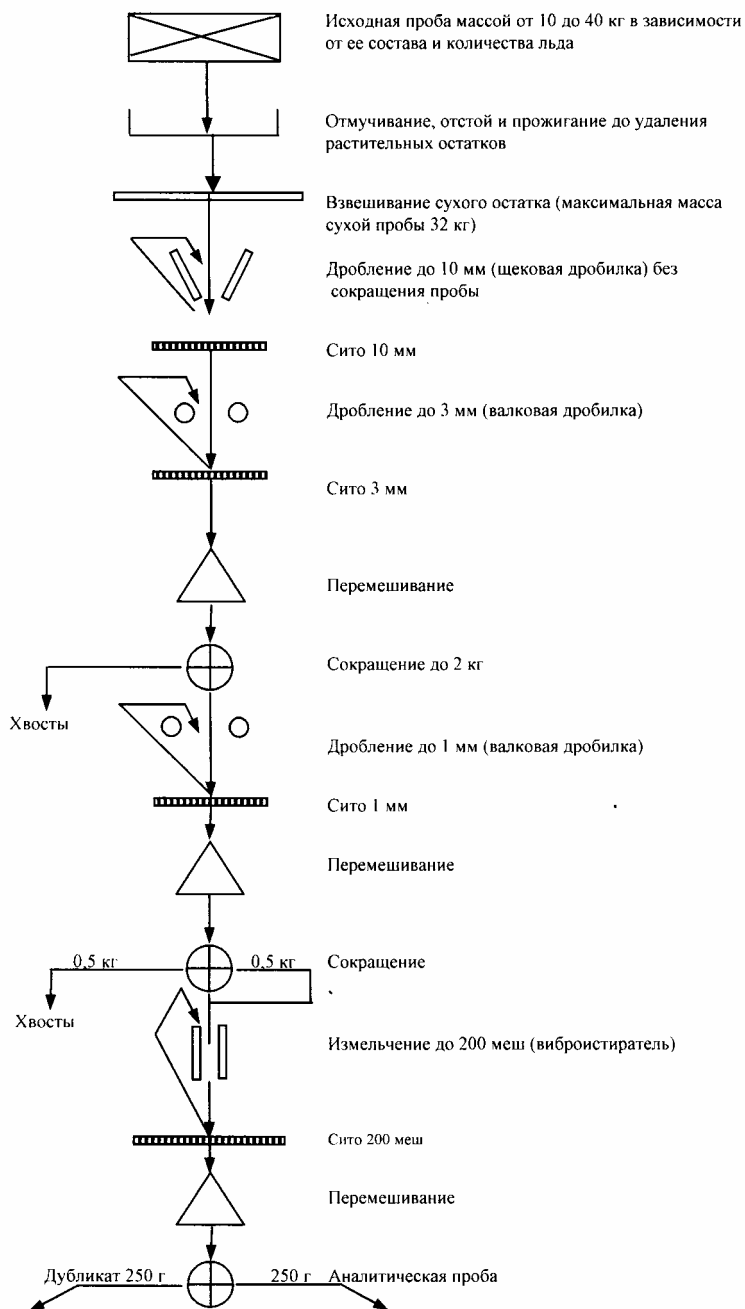
Длина понтона – 67 м

Ширина понтона – 22 м

Высота борта – 4,25 м

Мощность дизелей – 2800–7000 кВт

Приложение 2: Схема обработки проб россыпного месторождения олова (по материалам ПГО «Якутскгеология»)



Приложение 3 (справочное)
Перечень основных стандартов и технических условий на
россыпные полезные ископаемые

ГОСТ 213–83	Концентрат вольфрамовый
ГОСТ 22938–78	Концентрат рутиловый
ОСТ 48-82–81	Концентрат цирконовый
ОСТ 48-37–72	Концентрат пироклоровый
ОСТ 48-32–88	Концентрат оловянный
ТУ 48-4-236–72	Концентраты ильменитовые для производства пигментного диоксида титана по серноокислой технологии
ТУ 48-4-267–73	Концентраты ильменитовые для металлургического производства титановых шлаков
ТУ 48-4-233–72	Концентрат танталовый
ГОСТ 15519–70	Агат и халцедон технические
ОСТ 41-07-74–87	Кварц пьезооптический природный в сырье
ТУ 117-2-8–75	Концентрат гравитационный золотосодержащий
(ТУ 48-16-8–75)	
ТУ 117-2-6–75	Концентрат флотационный золотосодержащий
(ТУ 48-16-6–75)	
ТУ 48-0195-272–85	Концентрат оловянно-вольфрамовый
ТУ 48-4-307–74	Концентрат дистен-силлиманитовый
ТУ 48-4-303–74	Концентрат ставролитовый
ТУ 48-4-300–74	Концентрат лопаритовый
ТУ 41-07-11–84	Жадеит в сырье для экспорта
ТУ 41-07060–90	Камни-самоцветы природные в сырье
ТУ 41-07-052–90	Камни цветные природные в сырье
ТУ 41-07-038–88	Турмалин природный ювелирный в сырье

**Приложение 4 (справочное):
Технологическая схема обогащения золотосодержащих песков
(АО «Северная Корона»)**

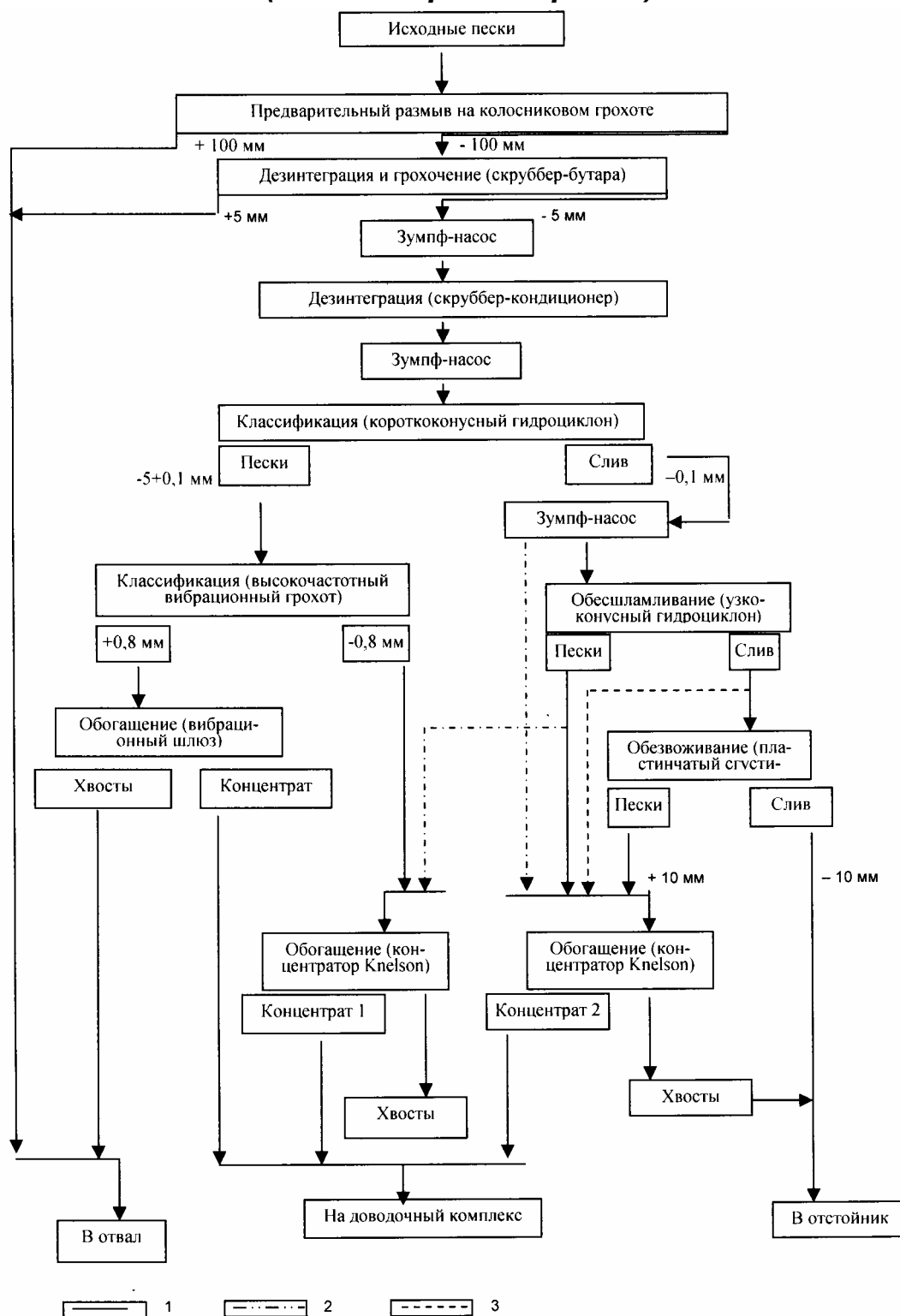


Рис. 1 Технологическая схема обогащения золотосодержащих песков (АО «Северная Корона»)
1, 2, 3 – варианты схем

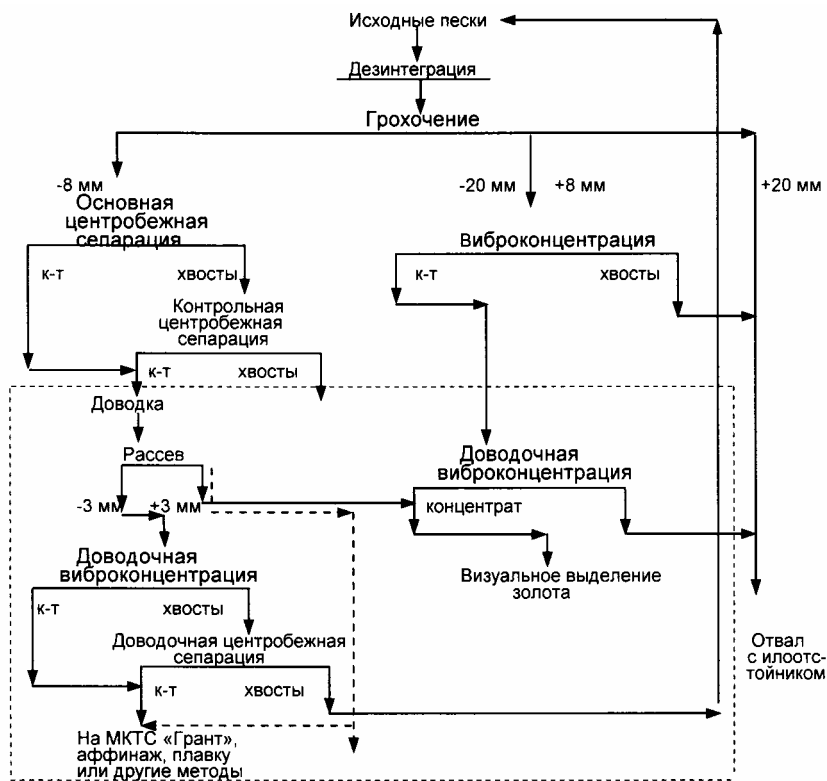


Рис.2 Технологическая схема обогащения песков (ТулНИГП)

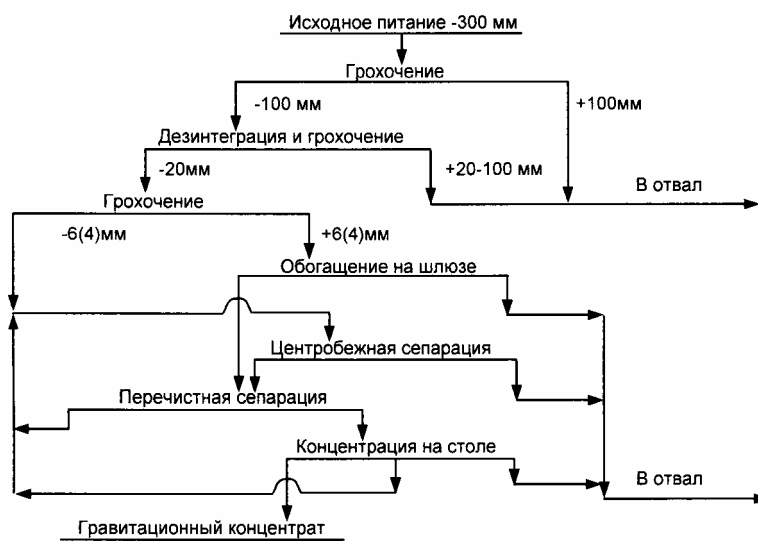


Рис. 3. Схема передвижной обогатительной установки МОР-50 (Гинцветмет), включающей три модуля: дезинтеграции и грохочения; обогатительного комплекса; энергетический (производительность 50 т/ч, извлечение 80–90%, из отвалов – 50%).

Приложение 5 (справочное): Установки для технологического опробования

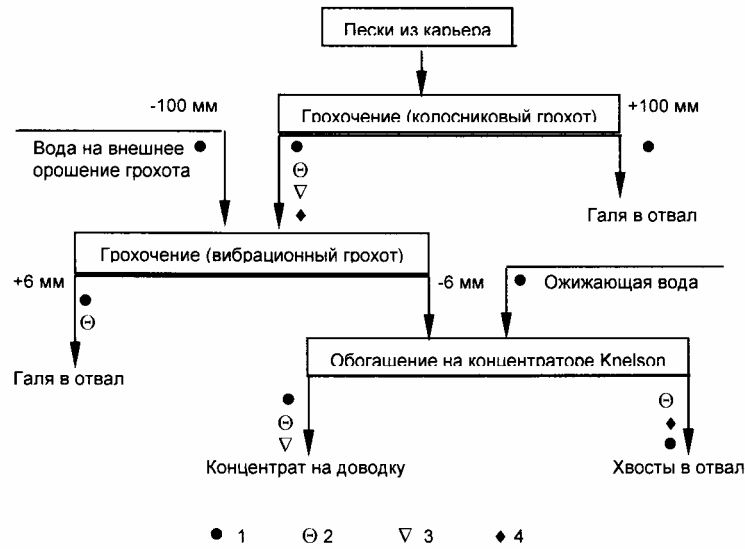


Рис 1. Принципиальная технологическая схема установки «25 ТРН» для технологического опробования с указанием мест отбора проб:
 1 - на определение производительности; 2 – на определение влажности (Т:Ж); 3 – на прямое определение содержания золота; 4 – на ситовой анализ с опреопределением содержаний золота в классах крупности

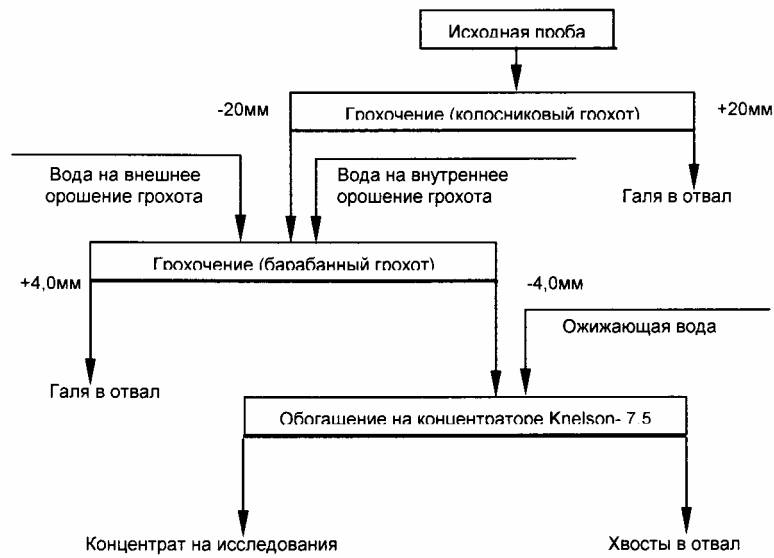
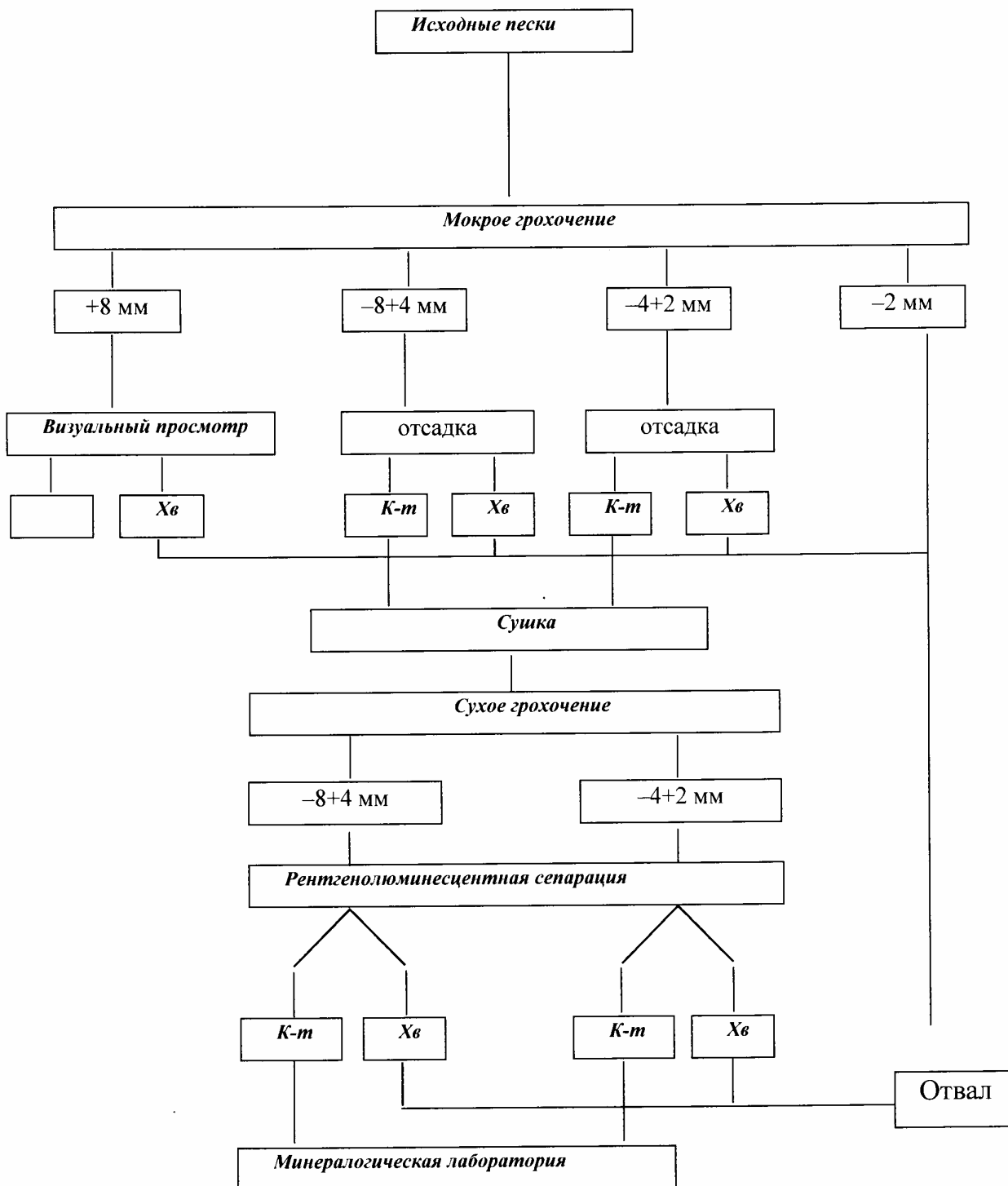


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема установки «Prospecting Equipment» фирмы FMW (Австрия) для технологического опробования

Приложение 6 (справочное): Технологическая схема обогащения проб россыпей ручными шейкерными установками (ОАО «Алмазы Анабара»)



**Приложение 7 (справочное):
Рекомендуемая технологическая схема обогащения на стадии
эксплоразведочных и добычных работ (ОАО «Алмазы Анабара»)**

