

*Посвящается 110-летию
начала горно геологического образования в Сибири*

В.А. Домаренко

**РАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКОВ И
ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЧАСТЬ I ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОИСКИ**

Учебное пособие

Под редакцией профессора Л.П. Рихванова

Издательство
Томского Политехнического Университета
2010

ББК 20.1
УДК 550.812:553.495+553.493

074

Домаренко В.А.
**РАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКОВ И ГЕОЛОГО-
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД
РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. Часть I,
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И ОЦЕНКА: Учебное
пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 207с.**

Учебное пособие составлено на основе Государственного образовательного стандарта, утверждённого Министерством образования РФ 03.03.2000 г., рег. № 3-тех/дс и Образовательного стандарта Томского политехнического университета по направлению («Урановая геология»)

В учебном пособии приведены цель и задачи дисциплины, раскрывается содержание теоретического материала (лекций), приводятся перечень вопросов для самопроверки по разделам. Даны рекомендации по использованию литературы.

Пособие рассмотрено, соответствует действующему учебному плану и одобрена на заседании кафедры «Геоэкологии и геохимии» 14. 05. 2010г.

УДК 550.812:553.495+553.493

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским
советом Томского политехнического университета

Рецензенты

Профессор д. г.-м.н. М.В. Шумилин, ФГУГП «Урангео»
Профессор д. г.-м.н. А.А. Поцелуев, Национальный
исследовательский Томский политехнический университет

© Томский политехнический университет, 2010
© Оформление. Издательство ТПУ, 2010
© Домаренко В.А., 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
Вводная часть.....	4
Раздел I. Виды полезных ископаемых и минеральных ресурсов	
1. Классификация полезных ископаемых и МРС.....	13
2. Состояние МСБ и обеспеченность МРС.....	16
3. Качество минерального сырья	30
4. Факторы и показатели промышленной ценности месторождений.....	36
Раздел II Природные условия ведения поисковых работ на твёрдые полезные ископаемые	
1. Структурно-геологические условия поисков	40
2. Степень расчленения рельефа	42
3. Ландшафтно-климатические условия поисков.....	44
4. Мощность наносов и обнаженность территории.....	60
Раздел III. Последовательность прогнозно-поисковых работ и разработка прогнозно-поисковых комплексов по стадиям	
1. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки.....	62
2. Прогнозно-геологические работы масштаба 1:200 000	65
3. Прогнозно-геологические работы масштаба 1:50 000	70
4. Поисковые работы масштабов 1:50 000—1:25 000.....	76
5. Оценочные работы.....	110
6. Приложения.....	114
Литература.....	204

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

СТРУКТУРА РАЗДЕЛА



Общие сведения, основные понятия

Настоящее пособие предназначено для магистрантов Института Природных Ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, имеющих базовые знания по геологии полезных ископаемых (промышленные и генетические типы МПИ, в том числе радиоактивных металлов), методики поисков и разведки полезных ископаемых и составлено в соответствии с программой курса «Рациональная методика поисков и геолого-экономической оценки месторождений редких и радиоактивных элементов».

Структура пособия отражает последовательность изучения данного курса: предпосылки возникновения и информационная база при геологическом изучении месторождений - природоресурсные платежи и законодательная база в недропользовании - методы прогноза и оценки эколого-экономического ущерба - пути оптимизации эколого-экономических показателей освоения минеральных ресурсов.

В современных условиях большинство месторождений должны рассматриваться как комплексные, включающие как попутные, так и сопутствующие полезные ископаемые. Рентабельность отработки месторождений может быть увеличена и за счет снижения воздействия на окружающую среду при использовании новых технологий добычи и переработки сырья. Успешное решение этих вопросов невозможно без проведения эколого-экономических исследований.

Автор признателен за помощь в сборе материалов и подготовке пособия профессорам кафедры геоэкологии и геохимии ИПР ТПУ Л.П. Рихванову, С.И. Арбузову, Е.Г. Язикову, кафедры ОГЗ профессору А.А. Поцелуеву, профессору МГРУ А.Н. Рокову, профессору Г.А. Машковцеву, ведущему научному сотруднику Л.В. Чеснокову (ВИМС), профессору МГГУ, академику РАЕН В.Ж. Аренсу, инженеру кафедры

ГЭГХ ТПУ Е.М. Черневу, ст. преподавателю кафедры ГРПИ Е.П. Янкович, специалисту И.В. Павловой.

Особую признательность автор выражает профессору М.В. Шумилину за работу по рецензированию рукописи и конструктивную критику.

Минеральное сырье, извлекаемое из земных недр, играет основную роль в экономике государства, в том числе в развитии хозяйства России. Состояние горной промышленности и тесно связанных с нею перерабатывающих отраслей производства является основным мерилем национального богатства, могущества и независимости страны. Минеральное сырье - основа современной индустрии.

-железо, марганец, хром, титан основа черной металлургии;

-нефть, газ, уголь, уран - база энергетики;

-цветные металлы широко используются в машиностроении, электротехнике, авиационной промышленности;

-ванадий, никель, кобальт, молибден, вольфрам незаменимы в производстве сплавов;

золото, серебро, платиноиды, алмазы - валютные и важные технические материалы.

Исключительное значение приобрели химическое сырье и строительные материалы.

Минеральное сырьё - полезное ископаемое, добытое из недр для непосредственного использования или последующей переработки.

Минерально-сырьевые ресурсы, минеральные ресурсы, минерально-сырьевой потенциал - совокупность разведанных и предварительно оцененных запасов, прогнозных (для нефти и газа перспективных) ресурсов полезных ископаемых.

Минерально-сырьевая база - совокупность разведанных, предварительно оцененных запасов полезных ископаемых и количественно учтенных прогнозных ресурсов.

Минерально-сырьевой комплекс - совокупность минерально-сырьевых баз одного или нескольких видов полезных ископаемых вместе с соответствующими производственными структурами, осуществляющими геологоразведочные работы, добычу, обогащение или иной передел минерального сырья.

Последние десятилетия характеризуются гигантским ростом потребления минерального сырья во всех индустриальных странах мира. Наряду с количественным ростом, быстро расширяется и номенклатура потребляемого сырья. В сферу промышленного использования непрерывно вовлекаются новые нетрадиционные виды

полезных ископаемых, многие из которых становятся основой технического прогресса и важнейшим стратегическим сырьем. Такой рост потребления полезных ископаемых резко активизировал поисковые и разведочные работы за рубежом, но не в России.

Россия в основном обеспечена минеральными ресурсами. В её недрах сосредоточены 30% мировых запасов природного газа, 50% алмазов, 25% запасов никеля, 17% олова, почти 10% запасов нефти. Она занимает лидирующие позиции и в сфере добычи основных видов полезных ископаемых, являясь крупнейшим производителем и экспортером продукции минерально-сырьевого комплекса. В 2004 году объём производства в этом секторе экономики составил около 150 млрд. долларов. В 2003 году доходы федерального бюджета составили 2,6 трлн. рублей. При этом более 1,4 трлн. рублей пришлось на поступления от минерального сырья, в том числе таможенные пошлины, налог на прибыль, НДС, дивиденды по акциям, находящимся в государственной собственности, доходам от реализации ископаемых, исключительное право на реализацию которых принадлежит государству. Около 70% российского экспорта приходится на минерально-сырьевой комплекс, при этом углеводородное сырье составляет 77%, остальное занимают твердые полезные ископаемые, алюминий, никель, уран, платиноиды.

Насколько же устойчиво сегодняшнее положение, когда мы не только устойчиво исполняем доходную часть бюджета, но и получаем его профицит. К сожалению, мы накопили достаточное количество проблем, которые в ближайшем будущем могут изменить кажущейся благополучной ситуацию.

Вот основные проблемы.

Во-первых, это неполная компенсация добычи приростом запасов.

Во-вторых, сокращение поискового задела. Необходимо также отметить, что инвестиционная привлекательность добычи зависит от целого ряда показателей, например, удаленности от инфраструктуры, качества и количества сырья, глубины его залегания и т.д. В нераспределенном фонде, в основном, остались более сложные для эксплуатации и менее инвестиционно - привлекательные запасы, которые малоинтересны для недропользователей. Важно также то, что крупные месторождения полезных ископаемых, на которые приходится значительная часть экспорта и внутреннего потребления, находятся на стадии падающей добычи. Иссякают запасы полезных ископаемых, в первую очередь, нефти и газа, Волго-Уральского и Западно-Сибирского регионов, россыпные

месторождения золота и платины на Урале. Так выработанность запасов основных нефтегазоносных провинций составляет на Северном Кавказе 70-80%, в регионах Урало-Поволжья 50-70%, в Западной Сибири – свыше 45%.

-Ухудшились горнотехнические условия отработки месторождений, снижаются средние содержания металлов, дебиты нефти упали с 26 тонн в сутки в 80-х годах до 8-10 тонн в сутки в конце 2000-2001 гг.

-Неэффективно использование даже существующей минерально-сырьевой базы. По-прежнему крайне низким остается уровень освоенности месторождений отдельных видов полезных ископаемых, которые наша страна импортирует в значительном объеме. Эта проблема касается таких ископаемых как марганцевые руды, титан, хром, ниобий, цирконий и железо. У государства так и не появилось средств для проведения доразведки этих ископаемых и введения их в промышленный оборот.

-падение коэффициента извлечения нефти. Если в конце 80-х годов он составлял 50% от добычи, то сегодня, по экспертным оценкам, не превышает 30%. С одной стороны, это вызвано старением крупных месторождений, ухудшением качества запасов и ослаблением государственного контроля над рациональным использованием недр.

Теперь остановимся на наиболее острых из перечисленных проблем. Как вы видите, до 1992 года объемы воспроизводства нефти и газа превышали добычу этих полезных ископаемых. Практически, именно за счет советских вложений в геологию, был создан задел для развития экономики сегодняшней России.

В период с 1990 по 1995 годы произошло резкое падение объемов воспроизводства, вызванное снижением объемов геологоразведочных работ. Фактически, с конца 80-ых годов мы наблюдаем лавинообразное падение объемов поисково-разведочного бурения, сейсморазведочных работ, соответственно произошел резкий спад прироста запасов. За период с 1990 по 1996 годы мы потеряли не только запасы полезных ископаемых, но и тысячи специалистов.

Фактически, были остановлены десятки геологоразведочных экспедиций, предприятий, строивших оборудования для нужд отрасли.

Поэтому действительно государственной задачей является восстановление утраченных ресурсов, подготовка новых кадров, размещение заказов на производство современного оборудования.

Свыше 90% запасов нефти, никеля, алмазов, более 80% газа, более 70% золота и платиноидов находится в распределенном фонде.

Приближаются сроки полного исчерпания рентабельных эксплуатируемых запасов отдельных полезных ископаемых.

Рентабельные запасы россыпного золота в стране иссякнут в 2011 году, нефти, урана, меди, коренного золота в 2015 году.

Специфика геологической подготовки месторождения такова, что если мы продолжим паузу в воспроизводстве минерального сырья, впоследствии никакими финансовыми средствами не удастся быстро решить проблему дефицита полезных ископаемых.

На современном этапе развития геологоразведочных работ все более актуальной становится проблема расширения минерально-сырьевой базы важнейших горнопромышленных регионов страны, где за многие годы созданы крупные производственные комплексы. При решении этой проблемы геологи встретились с новыми задачами по улучшению географического размещения месторождений и по повышению качества руд. Новые месторождения необходимо выявлять там, где они наиболее необходимы народному хозяйству. По качеству и условиям отработки руды должны удовлетворять возросшим требованиям промышленности. Кроме того, развивающиеся отрасли требуют вовлечения в хозяйственный оборот новых видов минерального сырья, открытий нетрадиционных типов месторождений.

Одновременно возникла проблема резкого сокращения числа легко открываемых месторождений, прежде всего, в известных горнорудных регионах страны. Это предопределило переход к поискам «слепых», погребенных и других трудно открываемых на месторождений. Открытие новых месторождений полезных ископаемых в настоящее время требует больших коллективных усилий, соединения научно обоснованных прогнозов с индустриальными методами производства. Сегодня трудно открыть месторождение, выходящее на поверхность, но эти трудности во много раз возрастают при поисках скрытого оруденения. Научное прогнозирование и поиски скрытых месторождений требуют разработки методологических вопросов и новых технологий при мобилизации возможностей существующих поисковых методов.

Развитие рыночных принципов в организации и ведении производства в корне меняет не только производственные отношения, но и структуру геологоразведочного процесса. На первое место выдвигаются малозатратные, но наиболее наукоемкие и эффективные технологии и методы работ, которым в прежние годы отводилась лишь роль престижного научного сопровождения.

Цель и задачи учебной дисциплины

Дисциплина состоит из двух частей.

В часть I рассматриваются вопросы прогнозирования, поисков и оценки месторождений радиоактивного сырья (МРС).

В части II даются теоретические и практические основы геолого-экономической оценки месторождений радиоактивного сырья и социальных аспектов экологической оценки МРС.

В преподавании современных основ поисков и разведки развиваются идеи и традиции научных школ в области методики поисков и разведки радиоактивного сырья, созданных трудами в первую очередь основателей Сибирской горно-геологической школы профессоров В.А. Обручева и позднее и М.А. Усова, а также В.М. Крейтера, М.Н. Альбова, Е.О. Погребницкого, В.И. Смирнова, А.А. Соловова, П.Л. Каллистова, А.Б. Каждана, Н.П. Лавёрова, М.В. Шумилина, В.И. Красникова, С.В. Григоряна, И.С. Васильева, Ф.Н. Шахова, В.К. Черепнина, И.В. Кучеренко, В.Е. Бойцова и многих других.

Изучение дисциплины предполагает знания в области физики, химии, общей, исторической, структурной геологии, минералогии, петрографии, геологии полезных ископаемых.

Учебный процесс по дисциплине ориентирован на обучение студентов способности логически строго и аргументировано мыслить и умению излагать в письменной и устной форме освоенные знания, используя обширные эмпирические материалы, сведения из области других наук.

При изучении теоретического материала студентам необходимо научиться понимать закономерности формирования месторождений радиоактивных руд (МРР), условия залегания рудных тел и применительно к этому формировать рациональный прогнозно-поисковый и разведочный комплексы. Главное внимание на лабораторных занятиях сосредоточено на обучении студентов грамотно формировать комплекс поисковых, оценочных, разведочных работ и геолого-экономической оценки месторождений, рудных узлов и провинций. Студенты работают с картами поисковых площадей, планами и разрезами месторождений.

В преподавании дисциплины наряду с федеральным значительное место занимает региональный и университетский компоненты.

Федеральный компонент.

Федеральный компонент составляет основу дисциплины. Принципы генетической и промышленной типизации месторождений полезных ископаемых, требования к качеству, Рациональный комплекс поисковых и разведочных работ, теоретические основы геолого-экономической оценки МРС и минерально-сырьевой базы (комплекса), рассматриваются на базе достижений отечественных и зарубежных

геологов, геологической службы и горнодобывающей промышленности России и многих стран мира.

Региональный компонент.

Одна из традиций кафедры, которая развивается и сейчас, - акцент в преподавании дисциплины на фундаментальный материал по сибирским регионам, для работы в которых в основном готовятся специалисты в стенах ТПУ. В Сибири и на Дальнем Востоке открыты, в том числе воспитанниками ТПУ, многие месторождения полезных ископаемых, которые служат крупной сырьевой базой золота, платины, цветных металлов, урана и других видов минерального сырья. Все это находит отражение в разделах дисциплины, посвященных анализу состоянию минерально-сырьевой базы, поисков, разведки и добычи радиоактивного сырья, роли сибирских регионов в обеспечении страны минеральным сырьем и в мировой экономике минерального сырья, схем переработки минерального сырья.

Университетский компонент.

В лекциях раскрываются принципы рационального комплексирования работ прогнозно-поискового комплекса и разведки МРР, в разработке и внедрении которых автор принимал непосредственное участие на протяжении более чем 40-а лет в горах Восточного Саяна, Енисейского Кряжа, Кузнецкого Алатау, синтезирующие в себе все положительное, прошедшее проверку временем, что накоплено в данной области геологических знаний.

На лекционных и лабораторных занятиях постоянно затрагиваются вопросы экологии и охраны окружающей среды, особенно тогда, когда речь идёт о добыче радиоактивных руд. Сравняются разные способы добычи минерального сырья, обсуждаются достоинства и недостатки сравнительно экологически чистых способов (подземного выщелачивания, кучного выщелачивания, биотехнологии).

Цель учебной дисциплины

Дисциплина призвана формировать у студентов способность понимать, анализировать и исследовать закономерности формирования МРС, ориентироваться в вопросах промышленной типизации месторождений, экономики МРС, правильно выбирать рациональный комплекс исследований.

Изучивший дисциплину студент должен знать:

- государственную систему изучения недр
- основные принципы изучения недр
- критерии рудоносности
- геологическое строение, условия залегания и образования МРС важнейших геолого-промышленных типов;

- ведущие промышленно-генетические типы МРС и принципы промышленно-генетической типизации месторождений;
- области промышленного использования важнейших для экономики РФ радиоактивных руд, требования потребителей к их качеству и количеству, запасы, добыча их в мире и в России;
- роль сибирских регионов в обеспечении РС потребностей страны и экспорта;
- цены на РС по видам, ожидаемые тенденции изменения цен.
- методы и методику проведения прогнозных, поисковых и оценочных работ;
- общие методологические положения разведки;
- опробование тел полезных ископаемых;
- технические средства поисков и разведки;
- методика подсчёта запасов основных и сопутствующих компонентов;
- основные принципы геолого-экономической и социально-экологической оценки месторождений радиоактивных руд;

Изучивший дисциплину студент должен уметь:

- составлять обзоры по экономике радиоактивного минерального сырья на основе опубликованных и фондовых материалов;
- определять промышленно-генетический тип МРР;
- проектировать рациональный комплекс поисковых и разведочных работ, основываясь на принципе достижения максимальной эффективности при минимальных затратах;
- производить оконтуривание и подсчёт запасов;
- производить геолого-экономическую оценку МРС.

Задачи учебной дисциплины

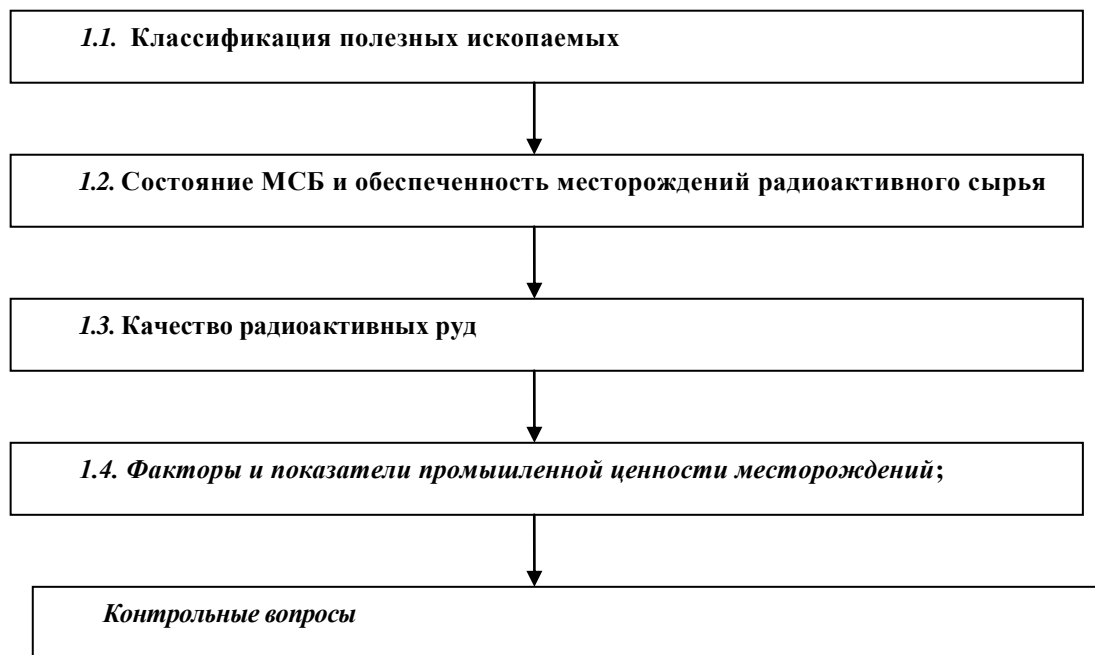
Для достижения поставленных целей дисциплины студентам необходимо:

- усвоить понятийную базу дисциплины;
- изучить принципы промышленно-генетической классификации МРР;
- усвоить классификацию месторождений по сложности геологического строения и понятие стадийности геологоразведочных работ;
- научиться проектированию рационального комплекса прогнозно-поисковых, оценочных и разведочных работ, применительно к генетическому типу руд;
- производить расчёты по геолого-экономической и социально-экологической оценке МРС;
- изучить области промышленного использования, требования

промышленности (потребителей) к качеству, технологические типы и сорта радиоактивных руд, состояние минерально-сырьевой базы, объём добычи в мире, в России, в восточных районах страны, цены продуктов переработки радиоактивного минерального сырья на мировом рынке.

Раздел I ВИДЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

СТРУКТУРА РАЗДЕЛА



1.1. Классификация полезных ископаемых

Земля с ее минеральными, биологическими и природными ресурсами формирует среду обитания человека. Одни из них - солнечная энергия, воздух, вода, вещества для производства продуктов питания - являются неременным условием существования человека. С использованием других связано прогрессивное развитие человечества. К их числу относится минеральное сырье. В настоящее время извлеченное из недр минеральное сырье служит источником для получения почти 95% энергии, 90 - товарной продукции тяжелой индустрии, 17 - предметов потребления. Минеральное сырье добывают при разработке месторождений полезных ископаемых, залегающих в недрах Земли.

Классификация полезных ископаемых - это обобщенные систематизированные знания о ценности недр для эффективного управления их изучением. В настоящее время из недр извлекается более 200 различных видов полезных ископаемых. По преимущественному использованию минерального сырья в сфере материального производства и индивидуального потребления выделяется девять групп. Некоторые полезные ископаемые имеют многоотраслевое использование.

В укрупнённом виде классификация полезных ископаемых и минеральных ресурсов включает следующие типы [55]:

1. Твёрдое топливно-энергетическое и химическое сырьё: уран, уголь, сланцы, торф.

2. Жидкое и газообразное топливно-энергетическое и химическое сырьё: нефть, природный газ, газовый конденсат, попутный нефтяной газ.

3. Металлы:

-чёрные - железо, марганец, хром, титан, ванадий;

-цветные - алюминий, магний, медь, свинец, цинк, никель, кобальт, олово, вольфрам, молибден, висмут, сурьма, ртуть, мышьяк

-редкие - литий, бериллий, ниобий, тантал, цирконий, редкоземельные металлы и иттрий, стронций;

-рассеянные элементы - скандий, германий, рубидий, цезий, кадмий, индий, таллий, селен, теллур, гафний, рений;

-благородные - золото, серебро, платина и платиноиды;

-радиоактивные – уран, радий, торий.

4. Нерудное сырьё для металлургии:

- флюсы - плавиковый шпат, известняки, огнеупоры и другие;

-высокоглинозёмное сырьё - нефелиновые сиениты, алуниты, силлиманит, кианит.

5. Техническое сырьё:

-драгоценные, полудрагоценные камни - алмаз, рубин, сапфир, гранат;

-подделочные камни - нефрит, родонит, чароит, малахит;

-абразивы - технические алмазы, корунд, топаз, гранат, кварц;

-пьезооптическое сырьё - пьезокварц, оптический кварц, исландский шпат;

-тепло- и электроизоляционное сырьё - асбесты, тальк, слюды;

-сырьё для каменного литья - диабазы, базальты;

-каменные кислотоупоры.

6. Сырьё для строительной индустрии:

-строительные камни;

облицовочные камни - мраморы, граниты; цементное сырьё - мергели, известняки, глинистые сланцы;

-наполнители бетона - щебень, песок;

-вяжущие материалы - мергели, известняки, глины, гипс, ангидрит;

-гидравлические добавки - пемза, диатомиты, трепелы, опока, перлит;

-минеральные краски - охра, умбра;

-стекольно-керамическое сырьё - стекольные пески, полевой шпат, каолин.

7. Горно-химическое сырьё:

-*химическое сырьё* - натрийсодержащие соли, сера, серный колчедан, фтораты, бораты, сульфаты;

-*агрономическое сырьё* - апатиты, фосфориты, калийные соли, селитра.

8. Воды:

-*подземные* - питьевые, технические, минеральные (бальнеологические), гидроминеральные;

-*поверхностные* - озёрные, рассолы (рапа и другие), морские (как источник для получения магния);

-минеральные грязи и илы.

9. Инертные газы:

- гелий, неон, аргон.

Часть полезных ископаемых 4-й и 6-й групп данной классификации относится к общераспространённым видам. Перечень последних определяется органами государственной власти РФ совместно с субъектами РФ и может различаться по субъектам федерации. Порядок пользования недрами для добычи этих видов полезных ископаемых входит полностью в компетенцию органов государственной власти субъектов федерации.

Представленная классификация используется в укрупнённом виде либо детализируется. Так, твёрдые, жидкие и газообразные топливно-энергетические полезные ископаемые нередко объединяются в одну группу. Тогда обычно говорят о минерально-сырьевой базе топливно-энергетического комплекса. Полезные ископаемые 5-7-й групп в практической деятельности часто объединяются в одну - неметаллические полезные ископаемые.

В отрасли цветной металлургии все цветные металлы, применяемые в промышленности, классифицируются следующим образом:

1. Тяжёлые металлы:

-*основные* - медь, свинец, цинк, никель, олово;

малые - мышьяк, сурьма, ртуть, висмут, кадмий.

2. Легкие металлы - алюминий, магний, титан.

3. Легирующие металлы - вольфрам, молибден, кобальт.

4. Благородные металлы - золото, серебро, платина и платиноиды.

5. Редкие металлы:

-*легкие* - литий, рубидий, стронций, бериллий, цезий;

-*рассеянные* - гафний, индий, таллий, германий, селен, теллур;

-*тугоплавкие* - цирконий, гафний, тантал, ниобий, рений, ванадий;

-*редкоземельные* - все редкоземельные металлы и иттрий.

По физическому состоянию минерального вещества полезные ископаемые подразделяются на *газовые, жидкие и твёрдые*.

Среди газовых выделяются месторождения углеводородных газов, гелия, неона, аргона, радона и других, в основном инертных и радиоактивных газов. К жидким относятся месторождения нефти, различных подземных вод. Месторождения твёрдых полезных ископаемых распространены наиболее широко. Из них извлекается большое количество используемых в промышленности, сельском хозяйстве и индивидуальном потреблении химических элементов и их соединений, минералов, кристаллов.

1.2. Состояние МСБ и обеспеченность месторождениями радиоактивного сырья

Общие сведения

Уран является самым тяжёлым химическим элементом земной коры. Он обладает порядковым номером 92 и атомной массой 238,07. Природе известны три изотопа урана с различными распространённостью и периодами полураспада:

U^{238} - 99,2739% - $4,51 \cdot 10^9$ лет; U^{235} - 0,7205% - $7,13 \cdot 10^8$ лет;

U^{234} - 0,0056% - $2,475 \cdot 10^5$ лет,

Уран-238 и уран-235 являются родоначальниками двух радиоактивных рядов.

Естественный распад ^{238}U заканчивается накоплением стабильного изотопа ^{206}Pb , а ряд ^{235}U — изотопа ^{207}Pb . Соотношение этих изотопов по достижении полного периода полураспада используется для определения модельного возраста урановых руд.

Содержание урана в земной коре — от $2 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-4}\%$. Прослеживается закономерное его увеличение от пород ультраосновного химического состава к средним и кислым. Содержание в них соответственно (0,5; 1,8; 3,5) — $10^{-4}\%$ [25].

Уран относится к элементам переменной валентности и в химических соединениях может находиться в состоянии U^{3+} , U^{4+} , U^{5+} и U^{6+} . Ион U^{3+} не характерен для природных условий. Он отличается высокой восстановительной активностью и переходит в более стабильную форму U^{4+} . Ион U^{5+} тоже неустойчив в природных условиях и достоверно известен лишь в искусственных соединениях. Ионы четырёх- и шестивалентного урана имеют восьмиэлектронную структуру внешней оболочки и обладают литофильными свойствами, высоким сродством к кислороду и встречаются в природе в виде оксидов или солей кислородных кислот. Четырёхвалентные соединения урана слаборастворимы, а шестивалентный уран образует устойчивый в

природных условиях комплексный катион уранильной группы $(UO_2)^{2+}$, что обеспечивает возможность его водной миграции.

Валентное состояние урана в геологических процессах во многом зависит от окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и кислотности-щёлочности среды (pH). Уран по-разному ведет себя в эндогенных и экзогенных процессах. Собственно магматические процессы завершаются образованием пород различного состава — кислого, среднего, основного, ультраосновного, щелочного, ультращелочного. Распространённость урана в них определяется, прежде всего, их химическим составом. Высокая концентрация урана отмечается в щелочных и ультращелочных породах — сиенитах и лопаритовых люавритах — $(10-80) \cdot 10^{-4} \%$. Уран, как и торий, изоморфно входит в состав сложных силикатов и титанатов, таких как эвдиалит, лопарит, ферсманит и др. В породах кислого состава содержание урана составляет в среднем $(3-4) \cdot 10^{-4} \%$. Уран накапливается в горной породе как примесь в акцессорных минералах (циркон, ортит, монацит, сфен, апатит и др.), так и в форме «подвижного» урана в микровключениях и межзерновых швах.

На поздней стадии кристаллизации гранитной магмы, характеризующейся повышающимся окислительным потенциалом, уран переносится и отлагается нагретыми минерализованными водными растворами (гидротермами), циркулирующими по системе трещин и зонам повышенной проницаемости горных пород. По данным Г.Б. Наумова, перенос урана возможен в гидротермальных растворах с высокой концентрацией углекислоты — до нескольких десятков граммов на 1л воды [14]. Ассоциация урановых минералов с карбонатами наиболее распространена в природных условиях. Довольно часто настуран ассоциирует также с кварцем и флюоритом, что подтверждает присутствие в растворах кремния и фтора.

Наиболее распространённой считается концепция о переносе урана в форме иона уранила $(UO_2)^{2+}$ в виде уранил-карбонатных комплексов $[UO_2(CO_3)_2(H_2O)_2]^{2-}$ или $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$.

В верхних частях земной коры под воздействием атмосферы, поверхностных вод и биологических факторов развивается зона гипергенеза. В окислительной обстановке четырехвалентные соединения урана становятся неустойчивыми, и уран, как элемент переменной валентности, относительно легко переходит в легкорастворимый ион уранила $(UO_2)^{2+}$ и может мигрировать в поверхностных водах на значительные расстояния. Обогащенные кислородом поверхностные воды весьма благоприятны для этого. Интенсивность процессов миграции определяется климатом и физико-

химическими параметрами приповерхностных вод: кислотнo-щелочными свойствами (pH) и окислительно-восстановительным потенциалом (Eh).

В виде легкорастворимых комплексных соединений уран выщелачивается из коренных месторождений и горных пород и поступает в поверхностные водные растворы. Осаждение урана в зоне гипергенеза происходит на геохимических барьерах, в зонах перехода от окислительной к восстановительной обстановке при изменении кислотнo-щелочной среды. В зависимости от условий миграции урана выделяют геохимические барьеры разных типов: восстановительные, восстановительно-сорбционные, нейтрализационные (кислотно-щелочные).

Уран сорбируется органическим веществом (торф, гумус, разлагающиеся животные и органические остатки), углеводородами, фосфатами, глауконитом, глинами, гидроксидами железа и другими поверхностными продуктами, создавая основу для седиментогенного рудообразования.

В процессе пластовой фильтрации урансодержащих вод на восстановительных барьерах формируются крупные урановые залежи, приуроченные к зонам пластового окисления с чётко выраженной окислительно-восстановительной зональностью.

При метаморфизме отмечается уменьшение содержания урана с увеличением степени метаморфизма. По А.А. Смыслову, породы зеленосланцевой фации содержат урана $2,8 \cdot 10^{-4}\%$, амфиболитовой — $1,6 \cdot 10^{-4}\%$, а гранулитовой — $(0,4-1,0) \cdot 10^{-4}\%$. Это связывается с постепенным выносом урана при нарастании метаморфизма [46].

В природе известно более ста урановых и урансодержащих минералов. Наибольшее практическое значение имеют следующие минералы: уранинит, настуран (урановая смолка), урановая чернь, браннерит, коффинит, отенит, торбернит, цейнерит, карнотит (табл. 1.2.1).

Таблица 1.2.1

Урановые и урансодержащие минералы

Минерал	Формула	Сингония	Содержание урана, %
<i>Оксиды</i>			
Уранинит	$k(\text{Th, TR, UO}_2) \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$	Кубическая	До 92
Настуран	$k\text{UO}_2 \cdot l\text{UO}_3 \cdot m\text{PbO}$	“	До 90
Урановая чернь	$\text{UO}_{2,70-2,93}$	Аморфная	До 60
<i>Гидроксиды</i>			
Янтинит	$[\text{UO}_2(\text{OH})_2]$	Ромбическая	85

Беккерелит	$6[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	“	80
Скупит	$8[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	“	85
Бильетит	$6[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	”	80
Ванденбрандеит	$[\text{UO}_2(\text{OH})_2] \text{Cu}(\text{OH})_2$	“	76
Кюрит	$3\text{PbO} \cdot 8\text{UO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	“	74
Титанаты			
Браннерит	$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Th}, \text{Y})[(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6]$	Моноклинная	До 44
Давидит	$(\text{Fe}, \text{U})\text{TiO}_3$	Тригональная	20
Силикаты			
Уранофан	$\text{CaH}_2[\text{UO}_2(\text{SiO}_4) \cdot 5\text{H}_2]$	Моноклинная	67
β -Уранофан	$\text{CaH}_2[\text{UO}_2(\text{SiO}_4) \cdot \text{H}_2]$	“	67
Складовскит	$\text{MgU}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	“	
Казолит	$\text{Pb}_2\text{U}_2[\text{SiO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	”	68
Соддиит	$\text{U}_2[\text{SiO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Ромбическая	48
Коффинит	$\text{U}[\text{SiO}_4](\text{OH})_4$	Тетрагональная	85
Ненандкевит	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_x(\text{Nb}, \text{Ti})(\text{Si}_2\text{O}_7)_x \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	“	68
			До 60
Карбонаты и сульфаты			
Ретзерфордин	UO_2CO_3	Ромбическая	87
Ураноталлит	$\text{Ca}_2[\text{UO}_2(\text{CO}_3)]_3 \cdot (8-9\text{H}_2\text{O})$	”	37
Шарпит	$[\text{UO}_2(\text{CO}_3)\text{H}_2]$	”	60
Шрекингерит	$\text{NaCa}_3\text{U}(\text{CO}_3)_3[\text{SiO}_4](\text{OH})\text{O}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Гексагональная	31
Циппеит	$[6\text{UO}_2\text{O}_3(\text{OH})_2\text{SO}_3] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Моноклинная	73
Иоганнит	$\text{Ca}[\text{UO}_2\text{PO}_4]_2 \cdot (10-12\text{H}_2\text{O})$	”	61
Фосфаты			
Отенит	$\text{Ca}[\text{UO}_2\text{PO}_4]_3 \cdot (10-12)\text{H}_2\text{O}$	Тетрагональная	60
Фосфуранилит	$(\text{UO}_2)_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Моноклинная	75
Торбернит	$\text{Cu}[\text{UO}_2\text{PO}_4]_2 \cdot (8-12)\text{H}_2\text{O}$	Тетрагональная	61
Салеит	$\text{Mg}[\text{UO}_2\text{PO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Псевдотетрагональная	63
Ураноцирцит	$\text{Ba}[\text{UO}_2\text{PO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Тетрагональная	57
Арсенаты			
Ураноспинит	$\text{Ca}[\text{UO}_2\text{AsO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	”	57
Трегерит	$(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	”	65
Цейнерит	$\text{Cu}[\text{UO}_2\text{AsO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	”	56
Новачекит	$\text{Mg}[\text{UO}_2\text{AsO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	”	60
Ванадаты			
Ферганит	$(\text{UO}_2)_3[\text{VO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Ромбическая	69
Тюямунит	$\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8] \cdot (5-8)\text{H}_2\text{O}$	Тетрагональная	57
Карнотит	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Моноклинная	64
Сенжьерит	$\text{Cu}_2[(\text{OH})_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	”	52
Молибдаты			
Умохоит	$[(\text{UO}_2)\text{MoO}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	”	57

Молуранит	$U_3[VO_2(OH)_6(MoO_4)] \cdot 17H_2O$	Аморфная	42
Иригинит	$UO_2Mo_2O_7 \cdot (H_2O)$	Моноклинная	42
<i>Асфальтоподобное вещество</i>			
Тухолит, карбуран	—	-	До 70
<i>Урансодержащие минералы (Th, Zr, TR)</i>			
Торианит	ThO_2	Кубическая	До 40
Торит	$ThSiO_4$	Тетрагональная	До 1-2
Ураноторит	$(Th,U)SiO_4 \cdot nH_2O$	"	До 17
Торогуммит	$(Th,U)(SiO_4)_{1-x} \cdot (OH)_{4x}$	"	До 31
Монацит	$(Ce,Th,U)[(PO_4)(SiO_4)]$	Моноклинная	1
Ксенотим	$(Y,U)PO_4$	Тетрагональная	5
Лопарит	$(Ca,Ce,U)(Nb,Ta,Ti)O_3$	Кубическая	0,0n
Фюргюсонит	$(Y,Fe,U)(Nb,Ta,Ti)O_4$	Тетрагональная	До 10
Гачеттолит	$(Ca,U,Fe)(Nb,Ta,Ti)_2O_6 \cdot (F,OH) \cdot 6H_2O$	Кубическая	До 15
Бефатит	$(Ca,TR,U)(Nb,Ta,Ti)_{3x}O_9 \cdot nH_2O$	"	До 25
Самарскит	$4(U,Fe)(Nb,Ta,Ti)_{3x}O_8$	Моноклинная	До 20
Эвксенит	$(Y,Ce,U,Fe)_2(Nb,Ta,Ti)_2O_6$	Ромбическая	До 20
Менделеевит	$(TR,Ca,U,Fe)(Nb,Ta,Ti)_2O_6 \cdot 2H_2O$	Кубическая	До 30
Пирохлор	$(Ca,Ce,U)_2(Nb,Ta,Ti)_2O_{6-7}(OH,F)$	"	До 12
Циркон	$ZrSiO_4$	Тетрагональная	До 1
Циртолит	$(Zr,U)(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$	"	До 2,5
<i>Агрегаты, содержащие сорбированный уран</i>			
Гиалит	$SiO_2 \cdot nH_2O$	-	До 0, n
Аллофан	$mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$	-	До 0, n
Лимонит	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	-	До 0, 0n
Псиломелан	$mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$	-	До 0, 0n
Фосфориты	-	-	До 1, 0
Монтмориллонит и другие минералы глин	—	—	До 0, n
Углеродистое органическое вещество	—	—	До n

Примечание: Наиболее важные урановые минералы выделены полужирным шрифтом

Минералы урана можно разделить на две группы:

—собственные минералы урана, в которых уран закономерно входит в кристаллическую решетку и является постоянным элементом молекулы химического соединения: а) минералы четырехвалентного урана; б) минералы уранила;

—урансодержащие минералы, в которых уран изоморфно входит в кристаллическую решётку.

Все минералы урана относятся к следующим классам химических соединений: **оксиды, гидроксиды, титанаты, силикаты, сульфаты, карбонаты, арсенаты, фосфаты и молибдаты**, в которых уран входит в виде простого иона четырехвалентного урана или комплексного иона - уранила.

Особое значение при оценке технологических свойств руд имеет их химический состав и состав вмещающих пород, обуславливающие выбор способа гидрометаллургической переработки.

Основной показатель качества руд — содержание в них урана. По его содержанию (в %) выделяются пять сортов руд: **очень богатые (>1), богатые (1-0,5), средние (0,5-0,25), рядовые (0,25-0,1) бедные (< 0,1)**.

При оценке технологических свойств урановых руд обязательно должны учитываться их минеральный состав и концентрация других полезных компонентов, форма их нахождения и возможность попутной добычи.

В природе, кроме собственно урановых, существуют и урансодержащие минералы тория, циркония, редких земель. Они существенно различаются по технологическим свойствам. Наиболее легко уран извлекается из собственных минералов — карбонатов и сульфатов, фосфатов, арсенатов и молибдатов. Это, как правило, вторичные материалы зоны гипергенеза, в которых уран присутствует в шестивалентной форме и легко переходит в раствор при обработке слабыми растворами кислот или соды. Хорошо извлекается уран из руд представленных урановыми минералами — настураном и урановыми чернями. Более устойчивыми к процессам выщелачивания являются коффинит и, особенно, браннерит. Очень трудно уран извлекается из урансодержащих минералов. Поэтому при оценке руд следует учитывать их минеральный состав. В природе известно большое число собственно урановых месторождений с комплексом сопутствующих рудных минералов (табл. 1.2.2).

Таблица 1.2.2

Типы комплексных урановых руд и их минеральный состав

Типы руд по ассоциации элементов	Минералы	
	урановые	сопутствующие рудные
Золото-урановые	Уранинит, настуран	Золото
Золото-урановые	Браннерит	Золото, серебро
Уран-железные	Уранинит, настуран	Гематит, магнетит

Уран-медные	Настуран, урановые черни	Халькопирит, борнит, халькозин
Уран-молибденовые	Настуран, коффинит	Молибденит, повеллит, вульфенит
Уран-медно-молибденовые	Уранинит, настуран	Халькопирит, молибденит
Уран-полиметаллические	Настуран, урановые черни	Галенит, сфалерит
Уран-медно-висмутовые	Настуран, уранинит	Висмутин, самородный висмут, халькопирит
Уран-медно-кобальтовые	Настуран, уранинит	Халькопирит, борнит, халькозин, самородная медь, кобальтин
Уран-никель-кобальт-серебро-висмутовые	Настуран, урановые черни	Диарсениды и сульфоарсениды никеля, кобальта, серебра, висмутин, самородные висмут и серебро
Уран-никель-кобальтовые	Настуран	Миллерит, кобальтин, полидимит

Таблица 1.2.3

Минерально-сырьевая база урана Российской Федерации по состоянию на 01.01.2007г. (по Г.А. Машковцеву)

Прогнозные ресурсы	P ₁	P ₂	P ₃
количество*	273	639	1610
доля распределённого фонда, %	нет данных		
Запасы	A+B+C ₁	C ₂	
количество	216,2	331,6	
изменение по отношению к запасам на 1.01.2007 г.	91,3	292,3	
доля распределённого фонда, %	88,7	89,6	

Таблица 1.2.4

Использование МСБ урана Российской Федерации в 2007г.

Число действующих эксплуатационных лицензий	29
Число действующих лицензий на условиях предпринимательского риска	3
Добыча из недр, тыс.т	3,6
Производство урановых концентратов (в пересчете на уран), тыс.т	3,6
Производство реакторного топлива (оценка), млрд руб.	36,9
Экспорт реакторного топлива, млрд руб.	22,1
Средняя за 10 месяцев 2008 г. цена концентратов U ₃ O ₈ , дол./кг урана	165
Ставка налога на добычу	5,5%

Россия обладает крупными прогнозными ресурсами урана, которые оцениваются более чем в 2,5 млн. т, или 14,8% мировых. Большая их часть прогнозируется в четырех урановорудных районах: Стрельцовском и Восточно-Забайкальском в Читинской области, Витимском в Республике Бурятия и Эльконском в Республике Саха (Якутия).

В месторождениях России содержится почти 550 тыс. т запасов урана, или немногим менее 10% его мировых запасов; около 63% их сосредоточено в Республике Саха (Якутия).

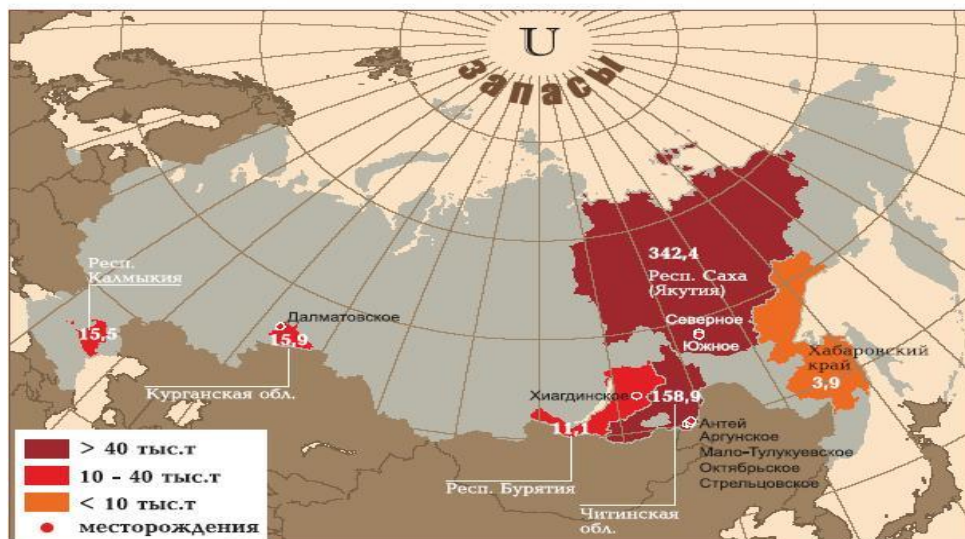


Рис. 1.2.1 Основные месторождения урановых руд и распределение балансовых запасов урана по субъектам РФ, тыс. т

Урановые руды России беднее зарубежных. В эксплуатируемых подземным способом российских месторождениях руды содержат всего 0,18% урана, в то время как на канадских подземных рудниках отрабатываются руды с содержанием урана до 1%. Способом скважинного подземного выщелачивания в России разрабатываются месторождения, руды которых содержат всего 0,04-0,05% урана, тогда как на аналогичных месторождениях Казахстана содержание урана в рудах составляет 0,06-0,08%, и при этом они очень велики по запасам, которые превышают 100 тыс. т урана. В рудах нигерийского месторождения Акута содержание урана достигает 0,43%, в австралийских объектах – в среднем 0,15%.

Государственным балансом РФ учтены запасы 50 месторождений урана, из которых в тринадцать запасы только забалансовые.

В нераспределённом фонде недр остаются 22 месторождения; по качеству руд они сопоставимы с лицензированными объектами.

Таблица 1.2.5

Основные месторождения урана РФ

Недропользователь, месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы, тыс.т		C _U в рудах, %	Добычав 2007 г., т
		A+B+C ₁	C ₂		
ОАО «Приаргунское горно-химическое объединение»					
Стрельцовское (Читинская обл.)	Молибден-урановый в вулканитах	28,5	8,7	0,154	1352
Октябрьское (Читинская обл.)	Молибден-урановый в вулканитах	6,8	2,1	0,194	672
Антей (Читинская обл.)	Молибден-урановый в вулканитах	8,9	2,3	0,163	919
Мало-Тулукеевское (Читинская обл.)	Молибден-урановый в вулканитах	10,3	2,3	0,192	0

Аргунское (Читинская обл.)	Молибден-урановый в вулканитах	28	9,5	0,215	0
ЗАО «Далур»					
Далматовское (Курганская обл.)	Урановый в песчаниках	6,8	1,6	0,034	350
ОАО «Хиагда»					
Хиагдинское (Республика Бурятия)	Урановый в песчаниках	6,8	4,4	0,055	27
ОАО «Росбурсервис»					
Южное (Республика Саха (Якутия))	Золото-урановый в метасоматитах	63,5	194,4	0,145	0
Северное (Республика Саха (Якутия))	Урановый в метасоматитах	0	58,6	0,149	0

В Стрельцовском рудном районе ОАО «Приаргунское горно-химическое объединение» (ОАО «ПГХО») продолжало работы по возобновлению добычи на ранее законсервированных месторождениях Мало-Тулукуевское и Юбилейное и вело освоение Аргунского и Жерлового месторождений. ОАО «Росбурсервис» готовит к вводу в эксплуатацию месторождение Оловское в Читинской области и два участка Южного месторождения в Республике Саха (Якутия).

Прироста запасов в результате геологоразведочных работ в 2007г. не получено, однако на учёт в Государственном балансе запасов полезных ископаемых поставлены 20 новых урановых объектов, в том числе крупные Южное и Северное месторождения в Республике Саха (Якутия). В результате разведанные запасы России увеличились более чем на 73,1%, предварительно оценённые – почти в восемь раз. Двенадцать из вновь поставленных на баланс объектов находятся в распределённом фонде недр.

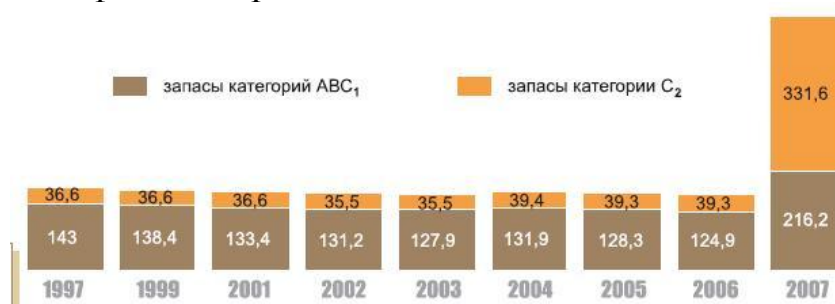


Рис.1.2.2 Динамика движения запасов урана в 1997-2007 гг., тыс. т

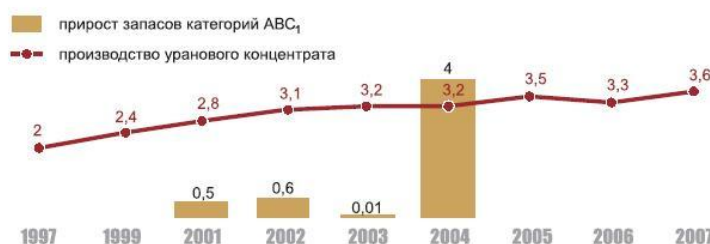


Рис. 1.2.3 Динамика производства уранового концентрата (в

пересчёте на уран) и прироста запасов урана в результате ГРР в 1997-2007 гг., тыс. т

По добыче урановых руд и производству концентратов U_3O_8 Россия в 2007г. вышла на четвёртое место в мире, обогнав Намибию; по сравнению с 2006г. количество добытого урана выросло на 10,9%.

Почти 90% российского урана извлечено из недр на подземных рудниках компании ОАО «ПГХО» в Стрельцовском рудном районе, на пяти месторождениях: Стрельцовском, Антей, Октябрьском, Юбилейном и Лучистом. Еще 4т металла получено из отвалов Тулукуевского месторождения Стрельцовского рудного района методом кучного выщелачивания.

Еще 9,6% российской добычи обеспечило ЗАО «Далур» на Далматовском месторождении в Курганской области, которое оно разрабатывает методом подземного скважинного выщелачивания.

На Хиэгдинском месторождении в Республике Бурятия компания ОАО «Хиагда» ведет опытно-промышленную отработку способом подземного скважинного выщелачивания; в 2007 г. ею получено 27 т урана.

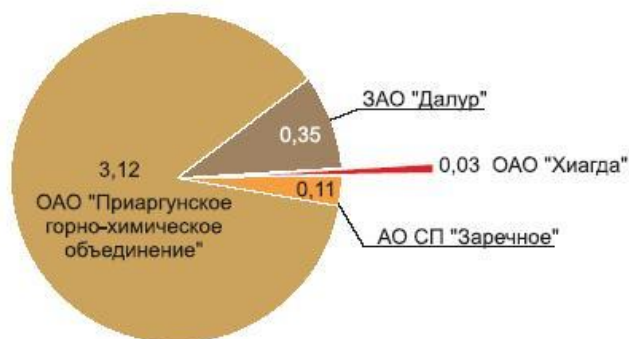


Рис.1.2.4 Добыча урана российскими компаниями в 2007г., тыс. т

Первичная переработка руд Стрельцовского рудного района с получением урановых концентратов производится на обогатительной фабрике ОАО «ПГХО» в г. Краснокаменск. В 2007г. здесь переработано 89,6% добытых в России руд. Остальной уран содержится в продуктивных растворах, получаемых непосредственно в ходе выщелачивания урановых руд. Урановые концентраты, и продуктивные растворы поступают на дальнейшую переработку на предприятия государственной корпорации ОАО «Урановый холдинг Атомредметзолото» (ОАО «Атомредметзолото»), в состав которой после завершения реорганизации российской урановой отрасли в 2007г. вошли все уранодобывающие компании страны.

Единственным потребителем продуктов переработки урановых руд в России является корпорация ОАО «ТВЭЛ», которая ранее

владела всеми российскими горнодобывающими предприятиями, а ныне объединяет только предприятия по производству топлива для АЭС. В её состав входят Машиностроительный завод в г. Электросталь Московской области, Новосибирский завод химконцентратов и Чепецкий механический завод в Удмуртской Республике. Стоимость реакторного топлива, произведенного компанией в 2007г., достигла 36,9 млрд. руб., что на 8,4 млрд. руб. больше, чем в 2006г.

Россия является крупнейшим экспортёром ядерного топлива. В 2007г. она обеспечила примерно 17% поставок его на мировой рынок. Весь экспорт осуществляет компания ОАО «ТВЭЛ». В 2007г. продажи топлива выросли по сравнению с 2006г. почти на 50% (в денежном выражении) благодаря тому, что в течение этого года вступил в действие ряд новых контрактов, заключенных компанией на поставку топлива для реакторов российского и западного образца. Топливо было продано в 14 стран мира, где работают 74 энергетических и 30 исследовательских реакторов, в том числе в Украину, где действует 15 реакторов, Словакию (5 реакторов), Венгрию (4), Чехию (4), Болгарию (2), Финляндию (2), Китай (2), а также в Армению, Литву, Иран, где имеется по одной АЭС.

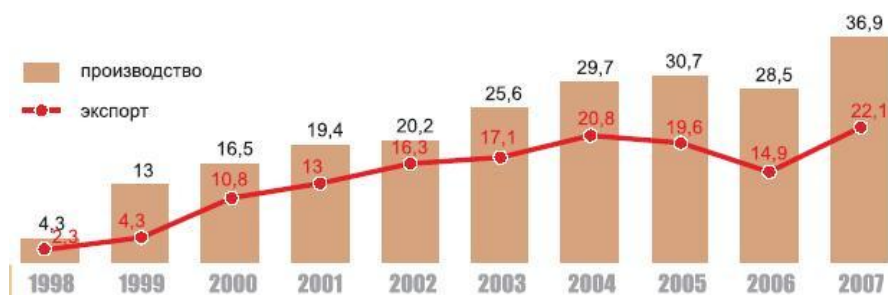


Рис. 1.2.5 Динамика производства реакторного топлива корпорацией «ТВЭЛ» и его экспорта в 1998-2007 гг., млрд. руб.

В соответствии с российско-американским договором «ВОУ-НОУ», который действует с 1995г., на Сибирском химическом комбинате компании ОАО «ТВЭЛ» в г. Томск в 2007г. продолжалась переработка высокообогащённого урана, полученного при демонтаже российских ядерных боеголовок. Высокообогащенный уран (ВОУ), содержащий 90% U^{235} , разбавляется здесь до состояния низкообогащённого урана (НОУ) с содержанием U^{235} 3,5-4,5%. Для разбавления используется обедненный уран из хвостов производства ядерного топлива.

Полученный в результате низкообогащённый уран поставляется в США и страны Западной Европы. В обмен Россия получает от США эквивалентное количество гексафторида урана с природным соотношением изотопов, из которого на заводах корпорации

ОАО «ТВЭЛ» вырабатывается реакторное топливо.

Экспорт низкообогащённого урана, а также урансодержащих материалов и изделий осуществляет компания ОАО «Техснабэкспорт». Российскую урановую продукцию покупают более 500 компаний в более чем 50 странах Северной и Южной Америки, Европейского Союза, Юго-Восточной Азии и Африки.

Помимо экспорта, компания ОАО «Техснабэкспорт» предоставляет услуги по обогащению урана с природным соотношением изотопов до требуемого содержания U^{235} . Доля компании на мировом рынке этих услуг составляет около 40%. На четырёх предприятиях компании: в гг. Новоуральске Свердловской области, Зеленогорске Красноярского края, Северске Томской области и Ангарске Иркутской области применяется технология центрифугирования, которая является одной из наиболее совершенных в мире и обеспечивает самую высокую эффективность обогащения.

Количество ядерных материалов, экспортируемых из России, постоянно растет. Выручка компании от реализации урановой продукции и услуг по обогащению в 2007г. выросла по сравнению с 2006г. более чем на 7,4 млрд руб., а относительно 2002г. – почти в четыре раза.

Развитие мировой атомной энергетики и уменьшение количества складированных запасов урана в последние годы стимулировали повышение цен на природный уран и продукты его переработки. Рост цен на урановый концентрат, начавшийся в 2001г., особенно активно происходил в 2006-2007гг. Это сказалось на увеличении цен и на другие урановые продукты, в том числе и на гексафторид урана.

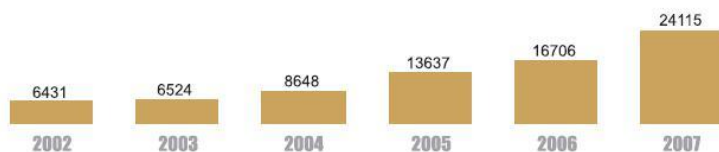


Рис. 1.2.6 Динамика доходов компании ОАО «Техснабэкспорт» от экспорта ядерных материалов и предоставления услуг по обогащению урана в 2002-2007 гг., млн руб.

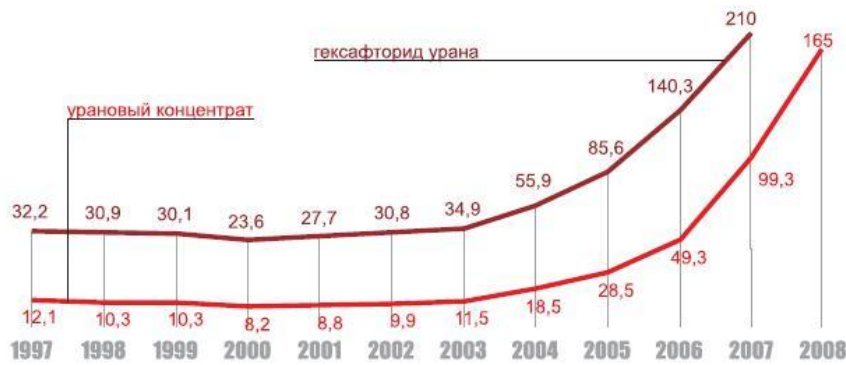


Рис.1.2.7 Среднегодовые цены на урановый концентрат (дол./фунт U₃O₈) и гексафторид урана (дол./кг UF₆) в 1997-2008 гг.

Ядерное топливо, которое производит ОАО «ТВЭЛ», полностью удовлетворяет внутренний спрос. В 2007г. потребность России в уране оставалась на уровне 2006г., составив около 20 тыс.т. Однако необходимость выполнения экспортных обязательств страны по обеспечению поставок топлива для зарубежных АЭС, построенных и строящихся по российским проектам, а также ожидаемое увеличение внутреннего потребления в связи с вводом в строй новых отечественных АЭС в ближайшей перспективе приведут к тому, что потребность в уране в стране будет увеличиваться.

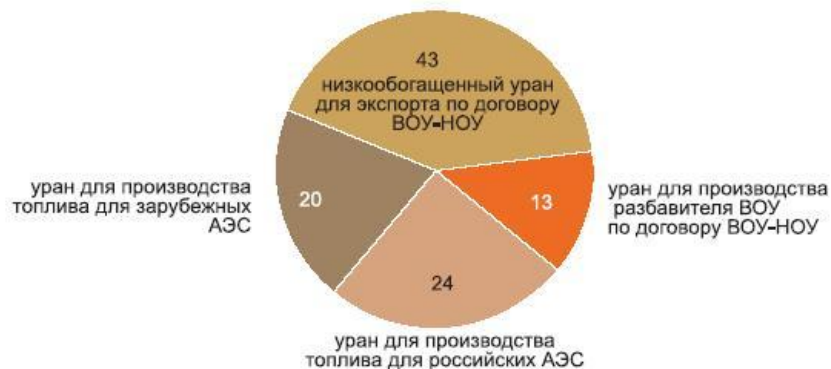


Рис. 1.2.8 Структура потребностей России в урановом сырье в 2007г.,%

Спрос на уран в России менее чем на 20% удовлетворяется за счет добычи на отечественных месторождениях. Недостающее количество компенсируется поставками из государственных резервов, однако интенсивное использование сократило их настолько, что оставшегося количества хватит не более чем на 10-15 лет. Дополнительным источником урана в настоящее время является давальческое сырье, получаемое из Украины, а также гексафторид с природным соотношением изотопов, поставляемый из США по договору УО-УО в обмен на низкообогащенный уран.

Решению задачи обеспечения российской атомной отрасли

природным ураном может способствовать разработка урановых месторождений по трём вариантам:

1. добыча металла за рубежом. В Казахстане в 2007г. совместное предприятие компании ОАО «Атомредметзолото» и казахстанской компании НАК «Казатомпром» добыло 114т урана на принадлежащем ему месторождении Заречное. Сырье было переработано в России. Подобные проекты компания ОАО «Атомредметзолото» реализует в Украине, Узбекистане, Намибии, ЮАР, Австралии, Канаде, Монголии.

2. Разработка дорогих и упорных руд Элькона;

3. Открытие новых крупных месторождений в пределах восточной окраины Западно-Сибирской плиты.

1.3. Качество минерального сырья

Общие сведения

Качество минерального сырья определяется:

-содержанием основных и попутных элементов и минералов, вредных и ценных примесей;

-минеральной формой проявлений полезных элементов и примесей;

-измельчаемостью сырья, величиной вкрапленности минералов и их вскрываемостью;

-степенью усреднения готовой минеральной продукции по основным и попутным компонентам;

-ценностью и конкурентоспособностью товарной минеральной продукции на внутреннем и мировом рынках.

Качество сырья определяют при технологических испытаниях. Результаты технологической изученности минерального сырья обобщают в технологическом регламенте, в котором приводят:

-обоснование технологических типов и сортов сырья, их отличительные свойства и рекомендации по отдельной или совместной переработке типов и сортов;

-возможность и целесообразность крупнокускового обогащения добытой горной массы и дробленого материала;

-дробимость и измельчаемость сырья, возможность и целесообразность применения самоизмельчения и рудно-галечного измельчения, крупность измельчения для получения необходимой степени вскрытия минералов и их ассоциаций;

-необходимость направленной обработки сырья для улучшения раскрытия и повышения контрастности разделительных свойств;

-технологические схемы, схемы цепи аппаратов, технологические и реагентные режимы, удельные нагрузки на основное оборудование,

способы доводки черновых концентратов;

-обоснование оптимальной глубины обогащения, обеспечивающей рациональное сочетание требований к качеству концентратов, извлечение основных и попутных компонентов из сырья и получение наиболее низкой себестоимости производства металла или других продуктов;

-обоснование применения экологически опасных методов обогащения (флотационные, обжиг-магнитные гидрометаллургические и пр.) в случае их безальтернативности;

-обоснование глубины механического обогащения при пиро-, гидрометаллургической переработке продуктов механического обогащения;

-данные по водо- и энергопотреблению, требования к очистке оборотной воды;

-специальные требования к технологическим процессам, оборудованию и транспортным коммуникациям, по абразивности твердых материалов, агрессивности и токсичности жидких сред, пыле- и газовыделению, другим неблагоприятным факторам;

-возможности комплексного использования сырья и схемы для извлечения попутных компонентов;

-экологическое обеспечение рекомендуемой технологии переработки минерального сырья.

Требования промышленности к качеству урановых руд

Качество руд радиоактивных металлов определяется содержанием в них урана и тория, их структурно-текстурными особенностями, минеральным и химическим составом. В нашей стране качество урановых руд оценивается содержанием урана, а за рубежом — содержанием окиси урана (U_3O_8) По классификации, предложенной П.В. Прибытковым, урановые руды разделяются по содержанию урана на пять классов:

-очень богатые с содержанием урана более 1%;

-богатые с содержанием от 0,5 до 1%;

-средние с содержанием от 0,25 до 0,5%;

-рядовые с содержанием от 0,1 до 0,25%;

-бедные с содержанием ниже 0,1%.

В мировой практике экономически целесообразной считается отработка собственно урановых месторождений при содержаниях урана в рудах не менее 0,05 % и значительных запасах руд. В комплексных

Таблица 1.3.1

Классификация комплексных урановых руд (по П.В. Прибыткову [46])

Форма нахождения урана и других компонентов	Типы руд	Урановые и ураносодержащие минералы
---	----------	-------------------------------------

В урановых минералах	Уран-ванадиевые Уран-редкоземельно-титановые	Карнотит, тюямунит, браннерит
В урансодержащих минералах	Уран-редкоземельно-ториевые Уран-ториевые Уран-циркониевые Уран-титановые Уран-редкоземельно-титано-ниобиевые	Монацит Торит, ураноторит Циртолит, малакон Давидит Фергюсонит, бетафит, поликраз, эвксенит
В породообразующих минералах	Уран-фосфорные Уран-угольные	Фторапатит, курскит Настуран, урановые черни, угли, металлорганические соединения
В разных минералах	Золото-урановые Уран-железные Уран-медные Уран-молибденовые Уран-полиметаллические Уран-висмутовые Уран-медно-кобальтовые Уран-никель-кобальт-серебро-висмутовые Уран-никель-кобальтовые	Уранинит, настуран, гематит, магнетит Настуран, урановые черни, халькопирит, борнит, халькозин Настуран, урановые черни, молибденит, иордизит Настуран, урановые черни, галенит, сфалерит Настуран, урановые черни, висмутин Настуран, уранинит, халькопирит, борнит, халькозий, кобальтин Настуран, урановые черни, диарсениды и сульфоарсениды никеля, кобальта, серебра, висмутин, самородные висмут и серебро Настуран, миллерит, кобальтин

урансодержащих месторождениях предельное содержание урана снижается до 0.01-0.03% Классификация комплексных урановых руд приведена в табл. 1.3.1.

Бедные руды без сопутствующих компонентов, содержащие 0,01—0,02 % урана, обрабатываются лишь в исключительно благоприятных горно-геологических условиях (например, способом подземного выщелачивания из скважин).

Требования промышленности к запасам урановых руд

Запасы урановых руд в недрах выражаются их массой, а также массой урана в руде. Масштабы урановых месторождений определяются их запасами. По данным В.И. Красникова [17], к уникальным относятся месторождения урана с запасами в первые сотни тысяч тонн, к крупным — месторождения с запасами в десятки тысяч тонн, а к средним — с запасами в тысячи тонн. Месторождения с запасами урана менее тысячи тонн относятся к мелким и, как правило,

не имеют самостоятельного значения. Как указывает Н.С. Зонтов [46], масштабы урановых месторождений в сотни тысяч тонн урана являются, очевидно, предельными и находят обоснование в закономерной зависимости от кларка урана в земной коре.

Так же, как и для других полезных ископаемых, качественная и количественная характеристики запасов урановых руд тесно взаимосвязаны. Чем ниже принимаемое предельное содержание урана в руде, тем больше его запасы, а также запасы руды в недрах. Однако согласно статистическим данным корреляция между масштабами месторождений и средними содержаниями урана в рудах, за некоторыми исключениями, практически отсутствует. Степень концентрации урана в месторождениях зависит от состава минерал-носителя и от механизма рудоотложения. Она значительно легче поддается прогнозной оценке, чем масштабы месторождений, так как диапазон колебаний масштабов месторождений значительно шире, чем диапазон колебаний средних содержаний. По данным [9, 13, 45], коэффициенты вариации масштабов и средних содержаний составляют соответственно 160—170% и 50—60%.

Условия разработки урановых месторождений и технологические свойства руд

Высокая ценность урановых руд и сложные условия их разработки допускают применение трудоёмких схем подготовки и систем разработки, обеспечивающих минимальные и потери, и разубоживание руды. Эксплуатация урановых месторождений производится, как открытыми, так и подземными способами, в зависимости от их масштабов, условий залегания, качества и технологических свойств руд. Последние годы в практике разработки урановых месторождений все шире применяются новые прогрессивные способы добычи:

- подземная разработка с применением гидротранспортировки отбитой руды от очистных забоев до приемных хранилищ или обогатительных фабрик;

- механизированные способы выемки рудных пластов мощностью более 1—1,5м с помощью горных комбайнов, конвейеров и механизированных комплексов;

- бурошнековые способы выемки маломощных пластов (менее 0,5—0,6м) и особенно широко — подземное выщелачивание урановых руд.

Применение напорного гидротранспорта целесообразно при подземной разработке урановых месторождений с рудами небольшой

удельной массы, не обладающих абразивными свойствами. К таким месторождениям относятся многие ураноносные песчаники, глины, угли и фосфориты. Механизированные способы выемки с помощью горных комбайнов и других механизированных комплексов и бурошнековые способы выемки наиболее эффективны при разработке урано-угольных месторождений и ураноносных глин.

Подземное выщелачивание урановых руд применяется в шахтном и скважинном вариантах. Способы скважинного подземного выщелачивания (СПВ) весьма экономичны и позволяют вовлекать в промышленное использование месторождения с бедными рудами. Однако для применения этого способа необходимо, чтобы уран легко выщелачивался из руд под действием реагентов (соды или разбавленных кислот), рудные залежи обладали хорошими фильтрационными свойствами и ограничивались сверху и снизу водоупорными слоями. Подземное выщелачивание урана из проведённых горных выработок требует предварительного дробления массива крепких руд с помощью буровзрывных работ.

Эксплуатация урановых месторождений требует проведения больших объёмов радиометрических работ и сопряжена с комплексом специальных мероприятий по борьбе с радоном и радиоактивной пылью, что нередко приводит к заметному удорожанию себестоимости добычи урановых руд.

Важным технологическим свойством урановых руд является их радиометрическая контрастность, характеризующая степень неравномерности распределения урановых минералов в руде, установленную по определённым объёмам, поэтому наиболее эффективными способами переработки урановых руд являются их радиометрическая сортировка и обогащение с последующим выщелачиванием урана из обогащённой рудной массы. Радиометрическая сортировка руд производится на всём пути следования рудной массы от забоя до фабрики. В забоях руду и породу разделяют с помощью рудничных радиометров, далее она подвергается сортировке в транспортных сосудах (вагонетках, автомашинах) на радиометрических контрольных станциях (РКС), а бедные руды сортируются или обогащаются на специальных установках (РАС) или радиометрических обогатительных фабриках. Применение способов радиометрической сортировки и обогащения урановых руд обеспечивает ощутимый экономический эффект, значимость которого возрастает с увеличением степени радиометрической контрастности руд. Гидрометаллургическая переработка обогащенных урановых руд заключается в их дроблении и измельчении, переводе урана в раствор,

отделении жидкой фазы, очистке раствора от вредных примесей и в осаждении урана из раствора в товарный концентрат.

Таблица 1.3.2

*Технологическая классификация урановых руд по химическому составу
(по П.В. Прибыткову [46])*

Типы руд	Разновидности	Содержание основных компонентов, %	Методы гидрометаллургической переработки
Силикатные и алюмосиликатные		<95 силикатов и алюмосиликатов	Выщелачивание разбавленными кислотами
Карбонатные	С малым содержанием карбонатов	6—12 карбонатов	Карбонатное выщелачивание или выщелачивание кислотами с предварительной флотацией карбонатов
	Со средним содержанием карбонатов	12—25 карбонатов	«
	С большим содержанием карбонатов	<25 карбонатов	«
Сульфидные	С малым содержанием сульфидов	3—10 сульфидов	Выщелачивание разбавленными кислотами
	Со средним содержанием сульфидов	10—25	«
	С большим содержанием сульфидов	<25	«
Железо-окисные	—	>50 окислов железа	«
Фосфатные	С малым содержанием фосфатов	3—10 P ₂ O ₅	»
	Со средним содержанием фосфатов	10-20 P ₂ O ₅	«
	С большим содержанием фосфатов	>20 P ₂ O ₅	«
Каустобиолитовые	Ураноносные угли и твёрдые битумы	—	Карбонатное выщелачивание или выщелачивание слабыми кислотами
	Углистые и битуминозные сланцы	—	«

Технологические свойства урановых руд существенно зависят от их минерального и химического состава. Классификация урановых руд, отражающая методы и эффективность гидрометаллургической переработки в зависимости от этих параметров, приведена в табл. 1.3.2.

Перевод урана в раствор осуществляется двумя главными способами:

- кислотным;
- карбонатным.

Наиболее широко применяется выщелачивание урана из руд разбавленной серной кислотой с переводом в раствор до 90—98% урана. В разбавленной кислоте хорошо разлагаются все вторичные минералы, а при наличии окислителей (пирролюзита) — и окисные минералы урана.

Недостатком кислотного метода является легкое взаимодействие кислот с другими компонентами перерабатываемой руды, что вызывает большой перерасход реагентов.

Содовый метод применяется для переработки руд, содержащих большое количество карбонатов. Достоинством содового метода является меньшая, по сравнению с кислотным, коррозия аппаратуры. Однако его использование влечёт за собой большие потери металла и требует очень тонкого измельчения руд, что затрудняет последующее фильтрование пульпы.

Отделение жидкой фазы достигается фильтрацией урансодержащих растворов и их очисткой. Обычно уран сорбируется из пульпы на катионитах или анионитах и экстрагируется перемывкой элюатов с получением чистых соединений.

1.4. Факторы и показатели промышленной ценности месторождений

Главными факторами, определяющими промышленную ценность месторождений и эффективность использования заключенных в них запасов полезных ископаемых, являются следующие.

Горно-геологические факторы являются основой экономической оценки месторождений. Они устанавливаются в процессе разведки месторождений и их характеристика составляет главное содержание подсчёта запасов.

Социально-экономические факторы определяют потребности народного хозяйства в данном виде минерального сырья и перспективы его использования в связи с экономическим развитием государства. При этом учитываются: обеспеченность страны и конкретного экономического района запасами данного вида минерального сырья, а также его роль в решении задач укрепления экономической независимости, обороноспособности нашей страны.

При оценке месторождений принимается во внимание баланс запасов данного вида минерального сырья, определяется степень его дефицитности, перспективы развития горной технологии и внедрения искусственных заменителей. Для месторождений, расположенных в районах со слабой занятостью населения, учитывается социально-экономический эффект от вовлечения рабочей силы в производственную

деятельность.

Экономико-географические факторы оказывают решающее влияние на экономическую оценку месторождений широко распространенных видов минерального сырья, запасы которых намного превышают потребности народного хозяйства. При значительной потребности и напряженном балансе дефицитных видов минерального сырья влияние экономико-географических факторов заметно снижается.

К числу благоприятных экономико-географических факторов относятся:

-высокое экономическое развитие и хорошая промышленная освоенность района месторождения, обеспечивающие возможность кооперирования и комбинирования горнорудных предприятий с другими промышленными объектами;

-наличие водных ресурсов и развитой транспортной сети;

-близость горных предприятий и промышленных комплексов, разрабатывающих и потребляющих данный вид минерального сырья.

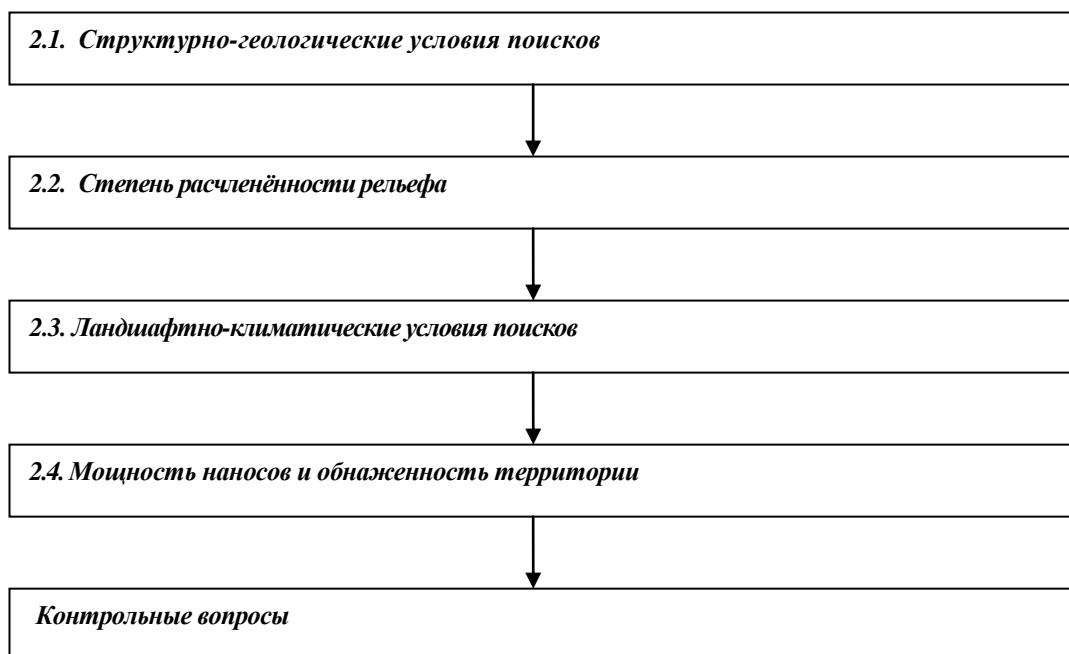
При оценке экономического эффекта от промышленного использования месторождения учитывается не только влияние экономико-географических условий, но и влияние эксплуатации месторождения на экономическое развитие района и экологическую обстановку. В частности, учитывается ущерб, причиняемый народному хозяйству в связи с отторжением плодородных земель, нарушением режима подземных вод и др.

Контрольные вопросы

1. Классификация полезных ископаемых и МР
2. Состояние МСБ и обеспеченность МРС
3. Качество минерального сырья
4. Факторы и показатели промышленной ценности месторождений

РАЗДЕЛ II ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ВЕДЕНИЯ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

СТРУКТУРА РАЗДЕЛА



Под природными условиями ведения поисковых работ подразумевается совокупность геологических, геоморфологических, биоклиматических и других природных факторов, определяющих условия нахождения, формы проявления возможности обнаружения месторождений полезных ископаемых [17]. Природные факторы могут быть дорудными, сорудными и пострудными. Дорудные и сорудные факторы определяют состав, строение и закономерности размещения месторождений, а пострудные приводят к преобразованию первичных концентраций полезных ископаемых (окисление, выщелачивание, метаморфизм, регенерация, эрозия, захоронение) и определяют возможности и условия их обнаружения.

Основой районирования территорий по трудности и доступности их опоскования служат ландшафтно-географические факторы. На выбор эффективных поисковых методов в тех или иных районах решающее влияние оказывают структурно-геологические условия и степень расчленённости рельефа, ландшафтно-климатические условия, мощность

наносов, обнаженность территорий.

2.1. Структурно-геологические условия поисков

В.И. Красниковым выделены три типа региональных геологических структур принципиально различными условиями ведения поисковых работ (табл. 2.1.1):

Таблица 2.1.1

Основные регионально-геологические структуры (по В.И.Красникову [17])

Тип	Подтип	Распространенность на территории СНГ, %	Примеры
1. Поднятые и в разной мере эродированные древние щиты и складчатые области	1 а) глубокоэродированные щиты и поднятые байкалиды	8	Байкальский, Алданский щиты, Байкальская складчатая зона, Урал,
	1 б) области поднятой палеозойской, мезозойской и кайнозойской складчатости	30	Казахстан, Тянь-Шань, Сихотэ-Алинь
2. Открытые районы платформ с двухярусным строением	2а) без позднейшего магматизма	16	Русская платформа
	2б) с широким проявлением позднейшего магматизма	11	Туранская плита, Сибирская платформа
3. Закрытые районы с региональным развитием мощного рыхлого кайнозойского покрова	3а) закрытые и пониженные участки платформ и плит	30	Западно-Сибирская депрессия
	3б) закрытые районы щитов и складчатых сооружений	5	Район Кызылкумов и Каракумов

Первый тип региональных структур - поднятые и в разной мере эродированные щиты, геосинклинально-складчатые пояса и активизированные области различного возраста, для которых характерны субвертикальная ориентировка рудоносных структур и наиболее благоприятные условия для вывода рудных месторождений на дневную поверхность. Рациональные методы поисков в этих обстановках могут базироваться на естественном эрозионном вскрытии продуктивных геологических формаций и содержащихся в них разнообразных месторождений полезных ископаемых.

К *второму типу* структур относятся открытые районы платформ двухъярусного строения. В фундаменте платформ возможно обнаружение месторождений, свойственных первому типу структур. В чехлах платформ преобладают рудовмещающие структуры и рудные залежи субгоризонтального залегания, нередко экранированные траппами. В связи с этим рациональные поиски в открытых районах платформ должны быть комбинированными. Они основываются, с одной стороны, на естественном эрозионном вскрытии продуктивных формаций и месторождений верхних стратиграфических горизонтов, а с другой - на вскрытии более глубоких рудоносных уровней системой скважин и в сочетании с глубинными геофизическими исследованиями.

К *третьему типу* относятся закрытые районы с региональным развитием мощного рыхлого кайнозойского покрова. В связи с чем, ведущую роль при поисковых работах играют методы структурной геофизики и буровые работы.

Более детальное районирование территорий по структурно-геологическим условиям поисков осуществляется на основе геологических и специализированных карт (тектонических, структурно-формационных, прогнозно-металлогенических и др.).

2.2. Степень расчленённости рельефа

Геоморфологические условия являются важнейшим природным фактором, влияющим на выбор эффективных методов поисковых работ. В основе генетической классификации рельефа заложено его разделение *на эрозионно-тектонический и аккумулятивный* [17]. Первый формируется при общем поднятии участков земной коры и их денудации, второй - за счёт аккумуляции осадков на фоне общего понижения земной поверхности в результате ее денудации и опускания. Эрозионно-тектонический рельеф представлен горным и структурным типами. Среди горного рельефа различаются *высокогорный, нагорья, среднегорный и низкогорный подтипы*.

Высокогорный рельеф характеризуется значительными высотами (до 4000-7000м) и резким расчленением (превышения хребтов над долинами до 2000-3000м), что предопределяет интенсивное физическое выветривание и хорошую обнаженность коренных пород. Физическое выветривание опережает процессы химического разложения руд, поэтому зона окисления

практически отсутствует, но широко развиты ореолы и потоки механического рассеяния рудного вещества. Наличие глубоко промываемых структур в условиях хорошо развитой гидросети способствует образованию гидрогеохимических ореолов рассеяния. Эффективными методами поисков в условиях высокогорья является геологическая съёмка с использованием аэрокосмофотоснимков, обломочно-речной, обломочно-ледниковой, шлиховой, гидрохимических и поиски по донным осадкам. В связи с трудностями работ (плохая проходимость, отсутствие транспортных путей) главным методом поисков в таких районах считается геологическая съёмка.

Нагорья - высоко поднятые и относительно слабо расчленённые горные массивы, размещающиеся во внутренних частях горных сооружений. Абсолютные отметки от 700-1000 до 4000м с глубиной расчленения от 200-300 до 500-700м. Рельеф обычно волнистый, сглаженный или пологий с округлыми гольцами и плоскими водоразделами, покрытыми каменными россыпями или заболоченными, и широкими долинами, выполненными аллювием. Большие площади нагорий покрыты лесами, болотами и каменными россыпями, что значительно затрудняет поиски. В таких условиях наиболее эффективны геохимические методы поисков в сочетании с аэрогеологическими и аэрогеофизическими исследованиями.

Среднегорный рельеф характеризуется абсолютными отметками до 3000-3500м с глубиной расчленения от 500-1000м и более. Степень обнаженности районов различна, но всегда хуже, чем в условиях высокогорья. Северные склоны покрыты растительностью больше южных. Процессы химического разложения руд происходят интенсивно, поэтому зона окисления иногда достигает значительной глубины. Широко проявлены механические, литохимические и гидрохимические ореолы и потоки рассеяния. В этих условиях практически применимы все методы поисков. При этом должна учитываться широтная климатическая зональность. Геологическая съёмка (и поиски) должны сопровождаться выполнением значительных объемов горных выработок.

Низкогорный рельеф (мелкосопочник) характеризуется абсолютными

отметками от 100-200 до 1000м с относительными превышениями 100-300 м. Склоны, вершины и водоразделы пологие, покрыты элювиально-делювиальными отложениями, почвенным слоем и нередко растительностью. Значительную роль в выборе методов поисков играют климатические обстановки. В условиях низкогорья поиски методов геологической съемки менее эффективны по сравнению с высоко- и среднегорными районами. Особенно неблагоприятны для поисков широкие долины и межгорные впадины. В связи с плохой обнаженностью здесь требуются большие объемы горных и буровых работ. Эффективность поисков в таких районах повышается за счет широкого применения обломочно-речного, шлихового и особенно геохимических (все виды) и геофизических методов. Большую помощь могут оказать аэрокосмометоды.

Скульптурный рельеф выражен на плоскогорьях и плато, вскрытых речными долинами. Расчленённость относительно слабая, глубина расчленения рельефа не превышает 200-350м. Коренные породы имеют обычно субгоризонтальное залегание и вскрываются только по ступенчатым долинам рек. Обширные водораздельные пространства перекрыты трапами или мощными рыхлыми отложениями. Все это затрудняет проведение поисковых работ. Главное внимание в таких районах уделяется долинам рек и их склонам, где наиболее эффективны геологическая съемка в сочетании с обломочно-речным и шлиховым методами поисков. Водораздельные пространства изучаются, в основном, путем дешифрирования аэрофотоматериалов, высотных и космических снимков, а также аэрогеофизическими методами.

Аккумулятивный рельеф характерен для пониженных частей земной поверхности (равнинные низменности, предгорные равнины и межгорные котловины). Наиболее типичные обширные аллювиальные равнины с абсолютными отметками до 200 м. Коренные породы в них перекрыты мощным чехлом аллювия, озерных и других отложений. Различается ледниковый, эоловый и морской аккумулятивный рельеф. Области развития аккумулятивных форм рельефа лишены естественных обнажений и

крайне неблагоприятны для поисков эндогенных месторождений. Геологическая съемка и поиски в этих условиях проводятся в сочетании с геофизическими методами и сопровождаются большими объемами горно-буровых работ. В условиях ледникового рельефа возможно использование валунно-ледникового и геохимических методов.

2.3. Ландшафтно-климатические условия поисков

В основу ландшафтного районирования территорий по условиям проведения поисковых работ принимается комплекс признаков, характеризующий особенности географического ландшафта. Основными комплексами ландшафта являются рельеф, почвенно-растительный слой, покров рыхлых отложений, коры выветривания, коренные породы, почвенно-грунтовые и поверхностные воды. Все составляющие ландшафта тесно взаимосвязаны и зависят от геологического строения, проявлений неотектоники и климата района.

Для суждения о трудности опоскования оцениваемых территорий в практике поисковых работ используются представления о критических мощностях рыхлых отложений и представительных горизонтах опоскования.

2.3.1 Критической мощностью рыхлых отложений называется такая максимальная их мощность, при которой формируются выходящие на дневную поверхность ореолы рассеяния элементов, чётко фиксируемые современными поисковыми методами. При мощности наносов, превышающей критическую, при проведении поисковых работ необходимо углубляться в рыхлый покров до представительного горизонта опоскования. Критические мощности большинства дальнепринесных рыхлых отложений не превышают первых долей метра, в автохтонных отложениях они достигают нескольких метров, а иногда и десятков метров.

Представительным горизонтом называется горизонт устойчивого и максимального площадного развития вторичных ореолов, наиболее близко расположенный к дневной поверхности.

2.3.2 Принципы ландшафтного районирования

В основу ландшафтного районирования территорий по условиям проведения геологоразведочных работ принимается комплекс признаков, характеризующий особенности географического ландшафта. Основными составляющими (компонентами) ландшафта являются: рельеф, почвенно-растительный слой, покров рыхлых отложений, коры

выветривания, выходы коренных пород, почвенно-грунтовые и поверхностные воды. Все эти компоненты тесно взаимосвязаны и зависят в основном от геологического строения, проявлений неотектоники и климатических особенностей района.

Сущность районирования территории по ландшафтным условиям заключается в выявлении связей и зависимостей между отдельными компонентами ландшафта. Понимание этих взаимосвязей позволяет реально оценить условия формирования и вероятного проявления признаков уранового и редкометалльного оруденения в конкретной ландшафтно-географической обстановке.

Наименьшим участком, в пределах которого сочетаются предельно однородные части ландшафта, является *элементарный ландшафт*. По Б.Б. Польшину [14], это определенный элемент рельефа, сложенный одной породой, одним типом рыхлых отложений, в пределах которого развит почвенно-растительный покров определенного типа. С учётом важнейших геоморфологических признаков и расположения относительно уровня грунтовых вод выделяется четыре доминирующих типа элементарных ландшафтов: *водораздельные (элювиальные), склоновые (трансэлювиальные), подножий склонов (супераквальные) и местных водоемов (аквальные)*.

Элементарные ландшафты водоразделов приурочены к повышенным частям рельефа, охватывают водораздельные плато и пологие верхние части склонов. По терминологии Б.Б. Польшина они являются автономными, так как покрыты рыхлыми элювиальными и элювиально-делювиальными отложениями, образованными за счет разрушения местных (автохтонных) подстилающих коренных пород. В пределах водораздельных ландшафтов образуются несмещенные остаточные (или почти несмещенные вторичные) ореолы рассеяния редких, радиоактивных металлов и их спутников.

Элементарные ландшафты склонов располагаются в их средних частях, покрытых рыхлыми отложениями делювиального типа. Как и два последующих ландшафта, они являются подчиненными, так как состав рыхлых отложений и ореолов рассеяния в них зависит от состава коренных пород в пределах автономного элементарного ландшафта. Для ландшафтов склонов характерны в различной степени смешанные остаточные и наложенные ореолы или потоки рассеяния урана, редких металлов и их спутников.

Элементарные ландшафты подножий склонов располагаются в их нижних, выположенных частях, в местных понижениях рельефа или в пределах надпойменных террас речных долин. Они отличаются неглубоким залеганием уровня грунтовых вод и увеличенными

мощностями делювиальных (реже коллювиальных, пролювиальных или аллювиальных) рыхлых отложений. При благоприятных условиях в пределах этих ландшафтов могут сохраняться смещённые остаточные ореолы, а за счёт повышенных концентраций урана и некоторых его спутников в грунтовых водах нередко образуются вторичные их скопления в виде наложенных солевых ореолов.

К *элементарным ландшафтам местных водоемов* относятся участки болот, русел рек, водоемы прудов и озер, в которых развиваются водные и солевые ореолы (потоки) рассеяния урана и некоторых его спутников.

Естественная совокупность элементарных ландшафтов образует **геохимический ландшафт**. По А.И. Перельману[40], геохимический ландшафт представляет собой парагенетическую ассоциацию сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой водной миграцией элементов. Например, горно-таежный геохимический ландшафт может состоять из следующих элементарных ландшафтов: верхняя (водораздельная) часть склона, средняя часть склона с еловой тайгой, нижняя часть склона с заболоченной тайгой и лесное заболоченное озеро. Чем энергичнее протекает в ландшафте биогеохимический круговорот атомов, тем сильнее связь между различными элементарными ландшафтами. Наиболее совершенная геохимическая связь между элементарными ландшафтами проявляется в жарких тропических областях, а наименее совершенная — в условиях пустынь и полярных областей.

Понятие «*геохимический ландшафт*» отвечает требованиям районирования территорий для оценки их ураноносности, поскольку, геохимические методы являются ведущими при поисках урановых месторождений. Однако для оценок рудоносности территорий не только по урану, но и по редким металлам предпочтительнее более широкое понятие о географическом ландшафте, в котором учитывается влияние процессов как химического, так и физического выветривания. В условиях несовершенных геохимических связей между элементарными ландшафтами процессы физического выветривания и денудации, а также связанные с ними механические ореолы и потоки рассеяния редких и радиоактивных металлов проявляются особенно отчетливо.

Элементарные ландшафты и их совокупности (геохимические ландшафты) проявляются в различных биоклиматических обстановках, что во многом определяет типы почвенных и растительных покровов, гидрографическую сеть, режимы подземных и поверхностных вод. Чем влажнее и теплее климат, тем больше образуется живого вещества (биоса), интенсивнее протекают процессы его разложения и миграции

многих химических элементов.

Практически наиболее важно выделять два типа биоклиматических областей — **аридный и гумидный**, в которых создаются принципиально различные условия приповерхностной миграции химических элементов.

Аридные области отличаются сухим климатом с отчётливым преобладанием испарения над количеством выпадающих осадков. Для аридных областей типично отсутствие лесного покрова, а часто и слабое развитие травянистой растительности, непромывной режим, гидрокарбонатно-кальциевый состав и слабощелочная реакция почвенно-грунтовых вод. В таких условиях происходит быстрое разложение и минерализация органических веществ, а уран и многие его спутники обладают слабой химической подвижностью, что приводит к образованию открытых несмещенных или слабосмещённых радиоактивных ореолов.

Гумидные области отличаются влажным климатом, в результате чего количество выпадающих осадков преобладает над их испарением. Для гумидных областей характерно развитие богатой лесной, кустарниковой и травянистой растительности, накопление большого количества органического вещества в понижениях рельефа, промывной режим и кислая реакция почвенно-грунтовых вод. В отличие от аридных областей геохимические процессы во многих гумидных областях ограничиваются не дефицитом влаги, а дефицитом тепла.

В тропических и субтропических гумидных областях с жарким климатом промывной режим вод приводит к образованию мощных кор выветривания латеритного типа и к практически полному выщелачиванию урана и его спутников из рыхлых отложений и приповерхностных участков корённых пород. В умеренно теплых гумидных областях также сохраняется высокая миграционная способность урана, что приводит к образованию ореолов большей протяженности и далеко оторванных от коренных урановородных концентраций. В холодных гумидных областях доминируют процессы физической дезинтеграции и морозного выветривания пород, а химическая миграция урана и его элементов-спутников проявляется слабо.

В аридных областях располагаются **пустынные, полупустынные и степные** ландшафтно-географические зоны.

Гумидные области с жарким и влажным климатом включают в себя **тропическую и субтропическую** ландшафтные зоны.

В умеренных широтах в состав гумидных областей входят **лесостепная, лесная, горно-таежная, тундровая и полярная** зоны.

Сходная вертикальная ландшафтно-климатическая зональность наблюдается в горных районах, где типы и число вертикальных поясных зон зависят от географического положения горного района и его абсолютных отметок. Вертикальная поясность горных районов не полностью аналогична горизонтальной географической, зональности. Отдельные ландшафтные пояса могут выпадать из общей схемы, но в то же время в горах встречаются своеобразные ландшафты, например, ландшафты горных лугов.

2.3.3 Характеристика ландшафтов

Ландшафты аридных и полуаридных областей

Для типичных пустынных и степных ландшафтов характерны высокие летние температуры, дефицит влаги, ограниченность биологического круговорота веществ и интенсивность разложения отмерших растительных (преимущественно травянистых) остатков. В связи с этим биосфера не оказывает заметного влияния на водную миграцию урана и его элементов-спутников. Элювиальные почвы и коры выветривания почти не содержат органических веществ, имеют светлые цвета окраски и характеризуются резко окислительными условиями. Непромывной режим предопределяет слабый вынос продуктов выветривания. В условиях пустынного климата подвижны только легкорастворимые соли (сульфаты и хлориды), в результате чего почвы, коры выветривания и приповерхностные слои рыхлых отложений обогащены карбонатами, ураном и радием и имеют слабощелочную реакцию. При формировании различных рыхлых континентальных отложений из-за недостатка влаги уран не мигрирует, а накапливается в наиболее тонкозернистых (глинистых) фракциях.

В такырах — плоских глинистых депрессиях, которые формируются за счёт сноса наиболее мелкозернистых фракций элювиальных отложений, часто встречаются повышенные концентрации урана:

В условиях расчленённого рельефа обычно образуются горизонты грунтовых вод, которые отличаются невысокой минерализацией (меньше 1г/л), слабощелочной реакцией, сульфатным или гидрокарбонатным составом и повышенными содержаниями урана — до $n \cdot 10^{-5}$ г/л. В некоторых районах содержание урана в водах сильно колеблется в зависимости от сезона. В периоды выпадения осадков оно возрастает в несколько раз, так как осадки обогащаются ураном, просачиваясь через приповерхностные слои рыхлых отложений. В сухие сезоны грунтовые воды не соприкасаются с обогащенными ураном приповерхностными слоями рыхлых отложений и

характеризуются заметно меньшими его содержаниями.

Двигаясь к областям разгрузки, пресные грунтовые воды подвергаются испарению, особенно на участках их близповерхностного залегания. В результате гидрокарбонатно-кальциевые воды постепенно становятся сульфатно-кальциевыми, хлоридно-сульфатными и, наконец, сульфатно-хлоридными. В них повышается содержание ионов Cl^- , SO_4^{2-} и Na^+ , а в почвах отлагаются сперва карбонаты кальция и гипс, а затем и легкорастворимые хлориды и сульфаты натрия, образуя различные подводные (супераквальные) почвы — луговые, солонцовые солончаковые и типичные солончаки. При глубине залегания грунтовых вод порядка 2—3 м в почвах образуется полный солевой профиль: на уровне грунтовых вод — углекислый кальций, выше — гипс и еще выше — хлориды и сульфаты натрия и магния. Уран при испарении осаждается вместе с карбонатом и гипсом, а вышерасположенные солевые корки обычно обеднены ураном. Концентрации урана в засоленных почвах может быть связаны и с его осаждением на восстановительных сероводородном и глеевом барьерах.

Если при понижении базиса эрозии засоленные почвы попадают, на речные или озерные террасы, то восстановительная среда сменяется окислительной, а испарительная концентрация — элювиальным выщелачиванием. В условиях сухого климата из них выщелачиваются только легко растворимые соли, а гипс и урановые соединения остаются в виде реликтов супераквальной стадии и образуют так называемые «эвапорационные» аномалии в виде жёлтых пленок вторичных урановых минералов, преимущественно силикатов и карбонатов.

Воды рек и озер в пределах пустынных и степных ландшафтов также отличаются повышенными содержаниями урана порядка $n \cdot 10^{-6}$ г/л, что связано с влиянием процессов испарительной концентрации.

Таким образом, ландшафты пустынь, полупустынь и сухих степей благоприятны для формирования повышенных урановых аккумуляций в приповерхностных природных образованиях. Выходы урановой минерализации в этих условиях практически не выщелачиваются, ореолы урана формируются и сохраняются в приповерхностном слое рыхлых отложений с концентрацией урана в почвах, водах и в некоторых растениях.

Для ураноносных провинций и районов, расположенных в пустынных ландшафтах, также характерны приповерхностные урановые аккумуляции в виде ярких жёлтых пленок вторичных урановых минералов, так как в аридном климате затруднены явления сорбции урана, а уран содержится в водах в анионной форме, что способствует образованию самостоятельных урановых минералов. Жёлтые минералы

в почвах появляются при содержании урана в глинах $n \cdot 0,001\%$, т. е. при сравнительно незначительных его концентрациях. Подобные проявления урановой минерализации неоднократно вводили в заблуждение геологов, рассматривающих их в качестве поисковых признаков урановых месторождений. Очевидно, что их следует рассматривать в качестве оценочных признаков ураноносных районов и провинций, а в ряде случаев — в качестве прогнозных признаков урановорудных узлов или полей.

Ландшафты северных степей и лесостепей располагаются в биоклиматических зонах, переходных от типично аридных к гумидным. Для них характерно увеличение годового количества осадков по сравнению с аридными зонами, большее увлажнение земной поверхности и менее интенсивное проявление процессов испарительной концентрации. В связи с этим испарительная концентрация вод завершается в основном на стадии осаждения кальцита, что способствует его накоплению в почвах и рыхлых отложениях. Грунтовые воды имеют гидрокарбонатный состав, нейтральную или слабощелочную реакции, а элювиальные почвы относятся к чернозёмному типу.

Нейтральное гидрокарбонатное выщелачивание в почвах весьма благоприятно для миграции урана в виде карбонатных комплексов. Из верхних горизонтов почв уран может выноситься, однако он концентрируется неглубоко от поверхности, а часто в чернозёмных степях содержание урана в почвах и рыхлых отложениях почти не различается. Грунтовые воды и реки лесостепей обычно содержат повышенные концентрации урана порядка $n \cdot 10^{-6}$ г/л, что связано со слабым развитием процессов сорбции урана и свидетельствует о благоприятных условиях для его миграции в природных водах.

В лесостепной зоне местами возникают условия, благоприятные для концентрации урана на глеевых и сероводородных барьерах в торфяниках и аллювиальных отложениях. В переходных условиях лесостепных ландшафтов воды еще сохраняют слабощелочную реакцию, благоприятную для накопления урана, а с другой стороны — здесь уже формируются восстановительные барьеры при накоплении торфов и органических остатков в аллювиальных отложениях.

Таким образом, в ландшафтах северных степей и лесостепей водная миграция урана происходит значительно интенсивнее, чем в пустынях, однако ограничивается расстояниями порядка сотен и первых тысяч метров от материнских источников. В этой связи в степных ландшафтах отчетливо проявляются все формы рассеяния урана и его спутников в виде ареалов, потоков и ореолов в самых различных

природных образованиях.

Ландшафты гумидных областей

Ландшафты тропиков и субтропиков. Жаркий климат, высокая влажность и обилие осадков в равнинных ландшафтах тропиков и субтропиков приводят к мощному развитию травянистой, кустарниковой и древесной растительности с накоплением органического вещества в пониженных участках рельефа.

Коренные породы подвергаются энергичному химическому разложению, в результате чего формируются мощные коры выветривания, в верхних горизонтах которых преобладают глины, а ниже — гидрослюдистые образования, резко обедненные щелочными, щелочноземельными металлами и ураном. Все легкорастворимые минеральные образования выщелачиваются поверхностными водами и многие элементы мигрируют в них на большие расстояния. В связи с большим количеством осадков, выщелоченностью почв и верхних горизонтов кор выветривания поверхностные и грунтовые воды тропиков минерализованы чрезвычайно слабо (менее 100 мг/л), обладают слабокислой реакцией и весьма невысокими содержаниями урана порядка $p \cdot 10^{-7}$ — $n \cdot 10^{-8}$ г/л.

Особенно интенсивно уран выщелачивается из верхних каолиновых горизонтов кор выветривания. Однако, если он входит в качестве изоморфной примеси в состав устойчивых редкометалльных минералов — танталита, колумбита, циркона, монацита и др., то он накапливается вместе с ними в структурном элювии материнских пород.

Органическое вещество в болотах влажных тропиков определяет развитие в них слабо восстановительных условий, способствующих накоплению урана в результате адсорбции его гумусом и торфом. В участках болот, где создаются резко восстановительные условия, образуются нерастворимые соединения четырехвалентного урана. Однако низкое его (содержание в грунтовых водах не способствует созданию высоких концентраций, за исключением участков, расположенных в непосредственной близости от урановых месторождений или пород с отчетливо повышенными средними содержаниями урана. В таких случаях уран осаждается на восстановительном геохимическом барьере вдоль кромок болот, образуя солевые ореолы, содержащие часто повышенные концентрации молибдена, свинца, ванадия, бериллия, германия и других элементов.

Энергичный вынос урана и его спутников из приповерхностных горизонтов мощных зон окисления урановых месторождений создает весьма неблагоприятные условия прогноза и поисков уранового оруденения в ландшафтах жарких тропиков.

Лесные ландшафты отличаются продолжительным, относительно влажным летом и морозной зимой. Среди них выделяются ландшафты южной тайги и смешанных лесов и горно-таежные ландшафты северной тайги, расположенные в областях развития многолетней мерзлоты.

Ландшафты южной тайги и смешанных лесов характеризуются большим количеством осадков, умеренными среднегодовыми температурами и отсутствием многолетней мерзлоты. Состав природных вод, условия миграции в них урана и его элементов-спутников, а также строение почвенного покрова в значительной степени зависят от состава материнских пород.

Ландшафты, сформированные на силикатных и алюмосиликатных породах, характеризуются глинисто-щебенистыми корами выветривания, в которых среднее содержание урана и его спутников заметно ниже, чем в материнских породах. Верхние горизонты почв и кор выветривания очень часто отчетливо обеднены ураном. В разрезах почв, на глубинах порядка от 0,5 до 1,5 м выделяется горизонт «вмывания» (иллювиальный горизонт), несколько обогащенный органическим веществом (гумусом) и ураном. Как правило, склоновые отложения ландшафтов южной тайги более глинисты, чем водораздельные элювиальные отложения.

Грунтовые воды отличаются низкой минерализацией (часто менее 100 мг/л), слабокислой или нейтральной реакцией, содержат органические соединения и минеральные коллоиды. Воды благоприятны для миграции в них большинства рудных элементов, в том числе и урана, который содержится в катионной форме и в комплексных ураноорганических соединениях, что способствует его адсорбции глинистыми и гумусовыми частицами. Содержание урана не превышает $n \cdot 10^{-7}$ г/л. Благодаря лёгкости извлечения урана из вод его гидрохимические ореолы в ландшафтах южной тайги весьма ограничены и редко превышают 100—150 м. Однако на участках развития ураноносных пород возможно формирование протяжённых ореолов и потоков рассеяния урана в торфяниках и аллювиальных отложениях, содержащих органическое вещество. При этом оторванные ореолы урана накапливаются преимущественно в торфяниках и гумусовых болотах, а ореолы радия — в участках развития глинистых отложений, гидроокислов железа и марганца.

В целом для урановых месторождений в южно-таежных ландшафтах «кислого» класса типичны ослабленные ореолы рассеяния, возникающие в результате процессов приповерхностного выщелачивания урана и его спутников.

Южно-таёжные ландшафты, сформированные на карбонатных

породах, отличаются дерново-карбонатными, а не подзолистыми почвами, с большим количеством гумуса и карбонатными корами выветривания. Грунтовые воды здесь минерализованы и обладают нейтральной или слабощелочной реакцией. В таких водах уран находится в форме карбонатных комплексов, которые не осаждаются на сорбционных барьерах, что создаёт более благоприятные условия для образования водных ореолов. Содержание урана в водах составляет $n \cdot 10^{-6}$ г/л, а размеры водных ореолов достигают 300 м. Однако более энергичная миграция урана в водах приводит к сильному ослаблению его вторичных ореолов в почвах и элювиально-делювиальных отложениях. В отличие от ландшафтов на некарбонатных породах, здесь не образуется горизонтов вымывания в почвах, ореолы резко ослаблены до глубин порядка нескольких метров и уверенно устанавливаются лишь на нижних горизонтах элювиально-делювиальных отложений.

Северо-таёжные ландшафты отличаются низкими среднегодовыми температурами, ограниченным вегетативным периодом и развитием сплошной или островной многолетней мерзлоты. Все эти особенности определяют существенно иную геохимическую обстановку с преобладанием процессов морозного выветривания и физической дезинтеграции над процессами химического выветривания горных пород. Наличие горизонтов многолетней мерзлоты затрудняет подземный сток грунтовых вод и процессы выщелачивания почв. Широким распространением пользуются заболоченная тайга и глеево-подзолистые типы почв, слабо выщелоченные с поверхности, несмотря на их отчётливо кислую реакцию. Уран, выщелачиваемый из пород и элювиально-делювиальных отложений автономных ландшафтов, в значительной мере аккумулируется в подчиненных супераквальных ландшафтах и может образовывать оторванные солевые ореолы в присклоновых зонах болот, в результате осаждения на глеевом и сорбционном барьерах. Содержание урана в водах таёжно-мерзлотных районов не более $5 \cdot 10^{-7}$ г/л, преимущественно в виде ураноорганических комплексов.

На участках расчленённого, гористого рельефа широко развиты каменные россыпи (курумы), смещение которых вниз по склонам облегчается явлениями солифлюкции. При наличии повышенных концентраций урана в коренных породах в курумах образуются широкие грубообломочные механические ореолы, выявление которых возможно радиометрическими методами. Интенсивное морозное выветривание и физическая дезинтеграция пород способствуют вскрытию рудных минералов и их накоплению в аллювиальных потоках рассеяния, причём в этих условиях хорошо сохраняются не только

типичные минералы шлиха, но также уранинит и многие сульфиды.

В районах развития островной мерзлоты процессы выщелачивания урана и других элементов из рыхлых отложений и почв усиливаются и возрастают возможности формирования оторванных ореолов и солевых потоков рассеяния, что сближает ландшафты этих районов с ландшафтами южной тайги. Ландшафты тундр. Из-за крайне низких температур, длительности морозного периода и почти сплошного развития многолетней мерзлоты процессы химического выветривания пород резко ограничены, почвенные, грунтовые и поверхностные воды богаты органическими веществами, имеют кислую реакцию, но весьма слабо минерализованы (менее 100 мг/л).

Пологие склоны и равнинные участки заболочены, в почвах развиты восстановительные (глеевые) процессы. Состав природных вод способствует миграции урана и многих других металлов, однако из-за резкого преобладания физического выветривания над химическим современные зоны окисления месторождений, процессы миграции и образования вторичных солевых ореолов выражены слабо.

Горные ландшафты. В горных районах наблюдается отчетливое изменение климатов и ландшафтов с высотой, в результате чего образуются вертикальные ландшафтные пояса. В высокогорных условиях преобладают интенсивное морозное выветривание, физическая дезинтеграция и механическая денудация, опережающие процессы химического выветривания пород. В результате образуются глыбово-щебенистые коры выветривания, в которых основную роль играют механические ореолы и потоки рассеяния урана и его спутников. Ниже снеговой линии располагаются горные луга. В связи с энергичным водообменом и глубоким проникновением окислительных трещинно-грунтовых вод урановые концентрации легко окисляются, обогащая подземные воды, которые в горно-луговых поясах отличаются слабой минерализацией и низким фоновым содержанием урана. Книзу горные луга сменяются горной тайгой или широколиственными горными лесами, а еще ниже, в аридной биоклиматической зоне появляются горные и предгорные степи. В каждом вертикальном ландшафтном поясе изменяются условия миграции химических элементов, а следовательно и условия формирования их ореолов рассеяния, повторяя в первом приближении смену условий широтной ландшафтной зональности. Таким образом, современная ландшафтная обстановка районов геологоразведочных работ в значительной мере определяет условия выявления повышенных концентраций редких и радиоактивных элементов, особенно концентраций урана — элемента весьма подвижного в зоне гипергенеза. Наиболее благоприятны для

прогноза и поисков уранового оруденения ландшафты пустынь, полупустынь, степей и лесостепей, в которых из-за недостатка влаги вокруг урановорудных скоплений образуются открытые несмещенные ореолы урана и его спутников, а в пределах потенциально рудоносных территорий развиты ореолы солевых новообразований, легко обнаруживаемые поверхностными поисковыми методами.

2.3.4 Влияние палеоландшафтных обстановок на проявление признаков уранового и редкометалльного оруденения

В современных географических ландшафтах часто сохраняются черты более древних ландшафтов, реликты которых, в зависимости от характера неотектонических движений изучаемой территории, могут проявляться в более или менее отчетливых формах. Так, например, в ландшафтах пустынь, полупустынь и сухих степей нередко сохраняются реликты предшествующих гумидных стадий в виде древних кор выветривания: латеритов, кремневых кор, древних гипсоносных почв и других природных явлений, не свойственных аридным зонам. Мощные древние коры выветривания и выщелоченные зоны окисления рудных месторождений широко распространены на территориях тундровых и северно-таежных ландшафтов, что также не соответствует представлениям о развитии процессов гипергенеза в современной климатической обстановке. Поэтому при изучении природных условий пострудного периода необходимо выявлять не только современные, но и палеоландшафтные условия, обращая особое внимание на историю развития ландшафтов в послерудный период.

Для реконструкции палеоландшафтных обстановок первостепенное значение имеет знание палеогеографических, палеоклиматических и палеогеоморфологических особенностей изучаемых территорий.

Палеогеографический анализ проводится на основе детальных литолого-фациальных и стратиграфических исследований геологических разрезов, с массовыми замерами элементов директивных структур - индикаторов палеодинамической обстановки (знаков ряби, борозд течения, кривой слоистости и др.) и мощностей литолого-стратиграфических комплексов. Результаты палеогеографического анализа отражаются на палеогеографических картах, составляемых для разных геологических периодов.

Реконструкция палеоклиматической обстановки осуществляется комплексом литологических и палеофаунистических методов. Палеогеоморфологические карты отражают морфологию, генезис, возраст и историю развития древнего рельефа. Реконструкции

палеоландшафтных обстановок при изучении пострудных природных условий геологоразведочных работ помогает использование атласов литолого-палеогеографических и палеотектонических карт. Путём сопоставления климатических условий, ландшафтов, закономерностей развития рельефа и блоковой тектоники послерудных эпох выявляются площади, на которых сохранились древние коры выветривания. Кроме того оцениваются глубины послерудного эрозионного среза отдельных блоков (или мощности чехлов послерудных отложений), а также глубины залегания горизонтов, представительных для выявления прогнозов оруденения с учётом влияния не только современных, но и палеоландшафтных условий.

При оценке представительных горизонтов должны учитываться существенные различия между современными и древними корами выветривания, а также степень их эродированности на различных участках поисковой площади.

2.3.5 Методика составления ландшафтных карт

В настоящее время еще не существует единой общепринятой методики составления ландшафтных карт. Решению этой задачи посвящены исследования крупных отечественных географов— Л.С. Берга, Б.Б. Полынова, Н.А. Солнцева и др. Применительно к изучению природных условий поисков методы составления ландшафтных карт разрабатывались М. А. Глазовской, О.А. Глико, А.И. Перельманом, В.И. Шарковым и другими геологами. В результате этих исследований наметились три методических подхода к решению этой задачи:

- раздельное картирование компонентов ландшафтов с составлением наборов специализированных карт;
- раздельное картирование и комплексный учет компонентов ландшафта;
- комплексные картирование и учёт этих компонентов.

В практике геологоразведочных работ широко распространены методы раздельного картирования и учёта компонентов географической обстановки. Они заключаются в том, что по данным литературных, фондовых и полевых материалов составляются специализированные геоморфологические, почвенные и геоботанические карты, карты рыхлых отложений, степени обнаженности района, почвенно-грунтовых вод или распространения многолетней мерзлоты, которые используются для оценок влияния каждого фактора на особенности проявления поисковых признаков. Эффективность такой методики невысока, так как большие затраты времени и труда на составление специализированных карт не оправдываются низкой информативностью

каждой из них, поскольку сепаратная регистрация особенностей проявления отдельных компонентов географической обстановки резко ограничивает возможности учёта их комплексного (суммарного) влияния на ландшафтные условия изучаемой территории.

Для повышения информативности ландшафтных карт многими исследователями используется метод отдельного картирования, но комплексного учёта ландшафтных условий. Он основан на изучении специализированных карт и составлении сводной ландшафтной карты, на которой отдельные ландшафты выделяются по одному или нескольким ведущим компонентам. Такой подход может привести к нарушению принципа объективности при составлении ландшафтных карт, так как мнения исследователей о роли тех или иных природных компонентов субъективны. Избежать этого можно опираясь не на отдельные свойства важнейших компонентов, а на свойства ландшафта как единого природного объекта, используя комплексное картирование ландшафтов с помощью дистанционных методов. Ландшафтное дешифрирование космических и аэрофотографических, фотоэлектронных, инфракрасных, радиолокационных и других снимков с выявлением морфологических структур каждого ландшафта позволяет объективно картировать любые географические комплексы и с предельной точностью проводить природные границы между ними. Это оказывается возможным потому, что каждый географический ландшафт характеризуется своеобразной, только ему присущей морфологической структурой в природе и соответствующей структурой изображения на дистанционных снимках. Это своеобразие обусловлено свойственным каждому ландшафту сочетанием исторически сложившихся геолого-геоморфологических, климатических, почвенных и биоценологических условий. Таким образом, сплошное дешифрирование аэрофотоснимков и материалов других дистанционных съёмок позволяет оконтуривать природные, исторически сложившиеся географические комплексы по их собственным границам без составления промежуточных карт отдельных компонентов ландшафта. В дальнейшем наиболее типичные морфологические структуры всесторонне изучаются в природе на так называемых «ключевых» участках, а результаты изучения распространяются на однотипные ландшафты в пределах всего макета карты.

Выявление естественных географических комплексов является лишь начальным этапом районирования территорий по ландшафтным условиям ведения геологоразведочных работ. Дальнейшая задача сводится к тому, чтобы выделить среди них географические комплексы, однородные в отношении эффективных методов специализированных

геолого-съёмочных и поисковых работ с учётом масштабов их проведения.

Для выявления географических комплексов, однородных в отношении методов геологоразведочных работ, необходимо изучение не только современных, но и палеоландшафтных условий пострудного периода — реконструкция палеогеоморфологических, палеогеографических условий и палеоклиматов, выявление эпох формирования кор выветривания, глубин пострудных эрозионных срезов отдельных блоков и других палеогеоморфологических особенностей, позволяющих судить о степени сохранности рудных месторождений.

Карты, отражающие особенности современных и палеоландшафтных условий изучаемых территорий, служат основой для их районирования по трудности опоскования отдельных площадей, по эффективности применения тех или иных технических средств или комплексов поисковых методов, а также для оценки степени достоверности прогнозов и результатов поисковых работ. С этой целью составляются специализированные карты районирования территорий по глубинам эрозионных срезов, карты критических мощностей или глубин залегания горизонтов, представительных для проведения поисковых работ, карты достоверности проведенных работ и другие карты, способствующие оптимизации условий геологоразведочных работ и оценке их результатов.

В зависимости от масштабов геологических исследований изменяются и масштабы ландшафтных карт. Обзорные карты районирования РФ по природным условиям ведения геологоразведочных работ в масштабах 1:5 000 000 и мельче составлены О.А. Глико, В.И. Красниковым и А.И. Перельманом. Для целей прогнозирования и направления рекогносцировочных работ необходимы обзорные карты масштабов 1:1 000 000 — 1:200 000, а для проведения поисков — карты масштабов 1:50 000 и крупнее. На картах крупного масштаба (1:10 000) выделяются элементарные ландшафты или их комплексы, которые могут рассматриваться как морфологические единицы, однородные по условиям проведения поисково-оценочных работ.

С уменьшением масштабов карт возникает проблема генерализации элементарных ландшафтных единиц путём их объединения в ландшафтные комплексы, сохраняющие свойства однородности по условиям проявления признаков оруденения в заданном масштабе изображения. Наиболее приемлемая иерархия морфологических ландшафтных единиц для районов со сложным

геологическим строением разработана **М.А. Глазовской [14]**. Она включает элементарный ландшафт, звено элементарных ландшафтов, местный простой и местный сложный ландшафты. Для целей мелкомасштабного ландшафтного картирования предложено использовать ещё две таксонометрические единицы — ландшафтно-структурные блоки и ландшафтно-структурные зоны. По масштабам проявления элементарные ландшафты и их комплексы сопоставимы с рудными месторождениями и их участками, простые и сложные ландшафты — с рудными месторождениями и полями, ландшафтно-структурные блоки второго и первого порядка — с рудными узлами и районами, а ландшафтно-структурные зоны — с рудными провинциями. Чем больше генерализация выделенных ландшафтных единиц, тем отчетливее проявляются в их облике особенности глубинного строения земной коры. Так, морфоструктуры ландшафтно-структурных зон в значительной степени зависят от особенностей тектонического развития континентальных глыб, ограничивающих их глубинных разломов, крупных линеаментов и краевых швов. В облике ландшафтно-структурных блоков отчетливо проявляются особенности блоковой тектоники земной коры и магматизма в связи с развитием подкоровых и коровых разломов. Морфоструктуры простых и сложных местных ландшафтов отражают особенности состава и строения пород верхней части гранитного или осадочного слоев земной коры, а морфоструктуры элементарных ландшафтов и их комплексов — локальные структурные и литолого-петрографические особенности ее приповерхностных участков.

2.4. Мощность наносов и обнаженность территории

Четвертичный покров играет в поисковом отношении двоякую роль. С одной стороны, он содержит вторичные промышленные скопления (россыпи) многих металлов и драгоценных камней (золота, платины, вольфрама, олова, тантала, ниобия, алмазов и др.) или выполняет роль среды, в которой развиваются вторичные ореолы и потоки рассеяния рудных месторождений. В этой связи рыхлые отложения являются зоной поисков, а размещающиеся в них вторичные ореолы и потоки рассеяния способствуют выявлению перекрытых и скрыто-перекрытых рудных месторождений. С другой стороны, рыхлые отложения сильно затрудняют поиски рудных концентраций в коренном залегании. С возрастанием

мощности наносов и увеличением в их составе аллохтонного материала происходит постепенное захоронение ореолов рассеяния и других наблюдаемых с поверхности признаков оруденения, вплоть до полного их исчезновения при критической мощности рыхлых отложений.

При прогнозировании и поисках различаются:

- площади первой категории, обнаженные или покрытые маломощными (1-2м) элювиально-делювиальными отложениями с проявлением открытых ореолов нормальной интенсивности и отчетливо выраженными другими поисковыми признаками;

- площади второй категории, перекрытые рыхлыми отложениями (суглинками) средней мощности с развитием резко ослабленных у дневной поверхности ореолов рассеяния и редкими проявлениями других поисковых признаков;

- площади третьей категории, перекрытые покровными суглинками и другими аллохтонными отложениями значительной мощности (до 20-30 м) и характеризующиеся проявлением неглубоко погребённых ореолов рассеяния и отсутствием других геологических поисковых признаков;

- площади четвёртой категории, перекрытые мощным чехлом аллохтонных отложений (десятки-сотни метров) с глубоко погребёнными ореолами рассеяния и отсутствием других поисковых признаков. Категория площадей учитывается в проектах на проведение прогнозных и поисковых работ.

Большинство традиционных поисковых методов дают хороший эффект только на площадях первой категории, в пределах которых открыта главная масса месторождений.

Контрольные вопросы

1. *Введение*
2. *Степень расчленения рельефа*
3. *Ландшафтно-климатические условия поисков*
4. *Принципы ландшафтного районирования*
5. *Характеристика ландшафтов*
6. *Методика составления ландшафтных кар*
7. *Влияние палеоландшафтных обстановок на проявление*

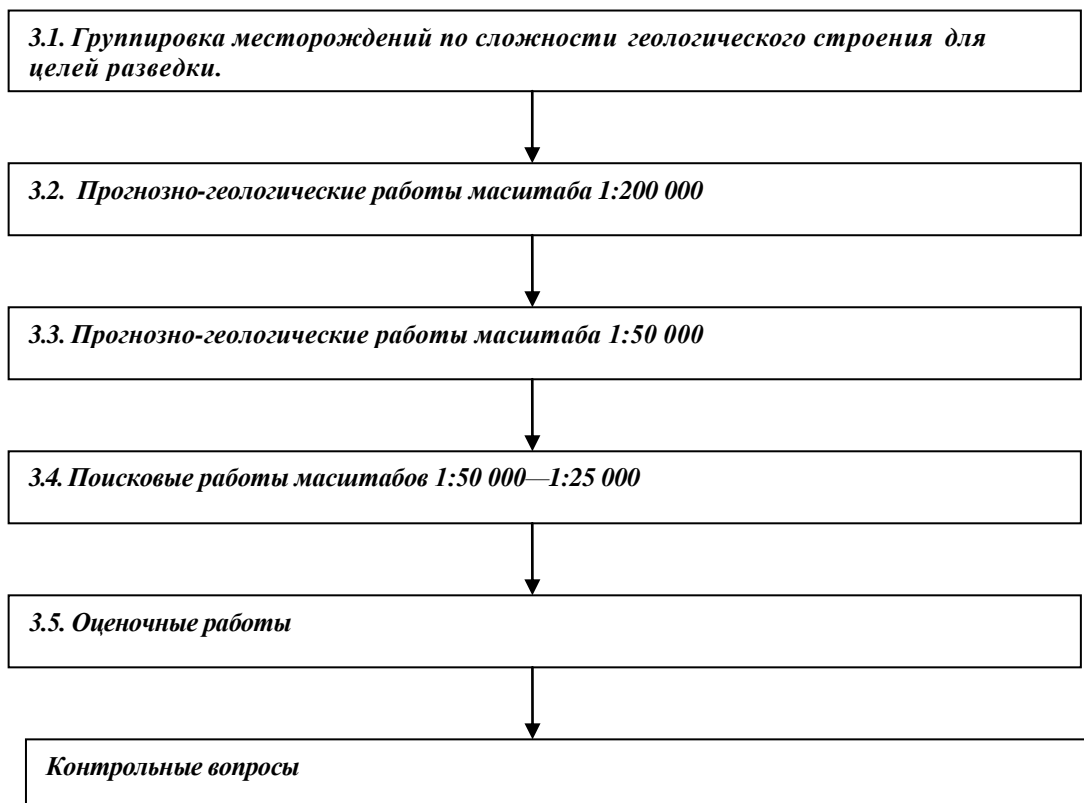
признаков уранового и редкометалльного оруденения

8. *Мощность наносов и обнаженность территории*

РАЗДЕЛ III ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ, ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ И РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНО- ПОИСКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО СТАДИЯМ

Введение

СТРУКТУРА РАЗДЕЛА



3.1. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки. [Приложение]

Установление принадлежности изучаемого месторождения к конкретному промышленному типу в определенной степени способствует выбору системы его разведки. Вследствие этого уже при проведении поисковых и оценочных работ возникает задача надежного установления промышленного типа месторождения. Однако месторождения одного и того же промышленного типа, с одной стороны, часто характеризуются различными размерами и формами рудных тел, а также разной сложностью внутреннего строения, с другой стороны, месторождения разных промышленных типов по показателям, обуславливающим методику их разведки и

густоту разведочной сети, нередко достаточно близки.

В практике разведки и оценки подготовленности для промышленного освоения месторождений, в которых запасы сосредоточены в одном теле (горизонт, пласт, залежь и т.д.), группа сложности геологического строения определяется особенностями строения этого тела или наиболее выдержанной по мощности и содержанию полезных компонентов (или другим показателям качества полезного ископаемого), включающей не менее 70% запасов категорий А, В и С₁. На месторождениях, где тела полезных ископаемых с одинаковой сложностью геологического строения включают 60-70% запасов месторождения, группа сложности определяется по каждому участку (телу) отдельно.

Группу сложности геологического строения принято устанавливать в целом для месторождения. Для крупных месторождений группу сложности определяют для участков, намечаемых к отработке самостоятельным предприятием.

Применяемые в практике методические приёмы разведки месторождений: технические средства, геометрия и плотность сетей разведочных выработок, опробование и другие виды работ, определяются структурно-морфологическими особенностями тел полезных ископаемых, их размерами, сложностью строения, степенью изменчивости формы, мощностей и распределением полезных компонентов. Поэтому для правильного выбора системы разведки, технических средств и методических приемов важнейшее значение приобретает группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки, приведённая в «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [Приложение]. В соответствии с этим месторождения или участки крупных месторождений подразделены на четыре группы.

1-я группа. Месторождения (участки) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размеру телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивой мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов.

Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий А, В, С₁ и С₂.

2-я группа. Месторождения (участки) сложного геологического

строения с крупными и средними по размерам телами полезных ископаемых, с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивой мощностью и внутренним строением либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки.

Особенности строения месторождений (участков) определяют возможность выявления в процессе разведки запасов категорий В, С₂ и С₁.

3-я группа. Месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими по размеру телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов.

Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категориям С₂ и С₁

4-я группа. Месторождения (участки) с мелкими, реже средними по размеру телами полезных ископаемых с чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующимися резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым (гнездовым) распределением основных компонентов.

Запасы месторождений этой группы разведываются преимущественно по категории С₂.

Многообразие типов урановых месторождений, значительно отличающихся размерами и геологическими условиями локализации, определяет различие применяемых прогнозно-поисковых комплексов. Эти комплексы оказываются неодинаковыми и для разных стадий процесса, а также ландшафтно-географических условий.

Разнообразием типов месторождений определяется и то обстоятельство, что прогнозные работы на уран, как правило, достаточно сложно выполнить на основе результатов региональных геолого-съёмочных работ с общими поисками и анализа существующих геологических карт, даже крупного масштаба. Выполнение такого прогноза обычно требует специальных работ по целенаправленному геологическому доизучению территорий, имеющих целью выявление

специфических критериев и признаков.

По указанным причинам стадийность геологоразведочных работ на уран несколько отличается от стадийности, принятой для других полезных ископаемых и включает стадии прогнозно-геологических работ масштабов 1:200 000 и 1:50 000, конечным результатом которых является составление специализированных прогнозных карт и выделение перспективных площадей для работ поисковых стадий [Приложение].

Цель прогнозно-геологических работ масштаба 1:200 000 (для *стратиформных месторождений в платформенном чехле—1:1 000 000—1:500 000*) — прогнозная оценка перспектив рудоносности крупных регионов с выделением площадей и зон для дальнейших работ и определением прогнозных ресурсов категории P_3 по потенциально рудным районам и узлам.

Крупномасштабные прогнозно-геологические работы с общими поисками масштаба 1:50 000 (для *стратиформных месторождений в осадочном чехле — масштаба 1:200 000*) выполняются с целью прогнозной оценки перспектив потенциально рудных районов и узлов с выделением площадей для поисков и определением прогнозных ресурсов прогнозируемых объектов (рудных полей) по категории P_2 . Специализированные поиски в пределах локальных перспективных площадей выполняются в масштабах, определяемых размерами предполагаемых объектов, сложностью геологического строения районов и их природными условиями.

Целевое назначение работ—выявление месторождений в пределах определившихся или потенциальных (прогнозируемых) рудных полей, а также определение целесообразности дальнейшего изучения обнаруженных объектов с оценкой их прогнозных ресурсов по категориям P_2 и P_1 .

3.2 Прогнозно-геологические работы масштаба 1:200 000

Могут включать следующие виды исследований:

- специализированное геолого-структурное картирование;
- ландшафтно-геохимическое картирование;
- радиометрическую съёмку;
- литогеохимическую съёмку;
- литогеохимическое или радиогидрогеологическое опробование;
- атмогеохимические исследования;
- геофизические (магнитные, гравиметрические, сейсмические) исследования;

— дистанционные исследования.

Специализированное геолого-структурное картирование масштаба 1:200 000 проводится с целью выделения геологических структур, перспективных для локализации уранового оруденения предполагаемого генетического типа. Характер структур определяется особенностями этого типа.

При прогнозировании гидротермального оруденения — это разрывные нарушения, заложенные или активизированные в предполагаемые урановорудные эпохи.

При прогнозировании инфильтрационных месторождений — пласты и пачки проницаемых пород осадочного чехла и зоны эпигенетического их изменения.

Для поверхностных месторождений — структуры типа палеодолин и т. д.

В комплекс работ входят:

- дешифрирование аэрокосмических снимков различного масштаба;

- интерпретация гравиметрических карт (масштаб не мельче 1:200 000), магнитных карт (масштаб 1:100 000— 1:50 000), аэрогаммаспектральных карт (масштаб 1:100 000—1:50 000), профилей сейсмических наблюдений. При отсутствии соответствующих карт необходимо выполнение комплекса опережающих геофизических работ.

На открытых (обнажённых) территориях проводятся геологические маршруты (с литогеохимическим опробованием обнажений), на закрытых — картировочное бурение с плотностью сети, достаточной для геологической интерпретации всех типов полей и их границ, выделяемых по гравимагнитным данным. Скважины подвергаются литогеохимическому опробованию и комплексу каротажных исследований. При проведении работ, направленных на выявление инфильтрационных (водородных) месторождений в осадочном чехле, картировочные работы в основном осуществляются путем бурения опорно-рекогносцировочных профилей глубоких скважин, ориентированных на вскрытие всей части разреза, в которой предполагаются продуктивные горизонты. В скважинах проводят каротаж, радиогидрогеологическое изучение и геохимическое опробование. В результате работ составляются:

— геолого-структурная карта со снятым чехлом рыхлых образований, масштаб 1:200 000;

— геологические разрезы через основные структуры площади по результатам интерпретации данных структурной геофизики;

—карты распространения и глубины залегания потенциально рудоносных структур (пластов, пачек, контактов, структурно-стратиграфических несогласий и т. д.);

- карты типов физических полей и расположения точек геологических наблюдений (в качестве приложения к геолого-структурной карте).

Ландшафтно-геохимическое картирование производится с целью изучения условий опоискования районов и выделения площадей, доступных для эффективного проведения различных методов поисков (аэро-, авто-, пешеходных, буровых и др.). При проведении этого картирования выясняются мощности и состав рыхлого элювиально-делювиального чехла, устанавливаются особенности развития ореолов рассеяния и глубина залегания представительного для изучения горизонта.

При картировании, в основном, используются дистанционные методы: дешифрирование космо- и аэрофотоснимков, анализ аэроспектрометрических карт в сочетании с выборочным наземным изучением эталонных (ключевых) участков, на которых вскрывается разрез рыхлых отложений, выполняется необходимое опробование и устанавливается глубина представительного горизонта и закономерности развития ореолов.

Надо иметь в виду, что ландшафтно-геохимические условия одного и того же района могут быть достаточно разнообразными, однако число поисковых методов с разной глубинностью опоискования в общем ограничено. На практике приходится обычно выбирать между поверхностными методами (аэро-, авто-, пешеходной радиометрией) и бурением, что в принципе не требует детальных ландшафтных карт. Трудоемкость и отсутствие механизации шпуровых, эманацонных и других простейших методов повышенной глубинности исключает их применение в широких масштабах.

Вместе с тем, составление ландшафтных карт на данной стадии преследует, прежде всего, цель дать рекомендации по опоискованию выделяемых перспективных участков в последующую стадию более детальных работ.

Радиометрические исследования при работах масштаба 1:200 000 нацелены на определение геохимической (урановой) специализации территории и тех особенностей радиогеохимических полей, которые отвечают признакам урановорудных узлов (полей). При этом радиоактивные аномалии, фиксирующие месторождения, выявляются чисто случайно и их наличие или отсутствие не предопределяет перспективность того или иного участка территории. Если на одной и

той же территории были использованы различные радиометрические методы, то системы обработки данных должны быть направлены на нахождение одних и тех же признаков.

Для обнаружения поисковых признаков применяются различные приёмы тренд - анализа радиометрического поля (или его компонентов в гамма - спектрометрических методах) [14]. Нормируя измеряемую радиоактивность по фону, получают карты тренда поля в коэффициентах концентрации. При этом по региональной составляющей поля можно судить об уровне концентрации радиоэлементов в различных блоках изучаемой территории. При интерпретации локальной составляющей используется приуроченность рудных объектов к сложно дифференцированным полям с чередованием локальных участков с большими градиентами значений.

Литогеохимические исследования служат дополнительными к радиометрическим методам. Они необходимы для интерпретации результатов радиометрических съёмок. Их задача — выявление соотношений распределений урана и других элементов (Th, K, Na, Zr, Sr, халькофильных металлов и др.), что в совокупности с минералогопетрографическими методами позволяет уточнять генетическую сущность потенциально урановорудных процессов. При литогеохимических исследованиях также попутно ведут поиски других полезных ископаемых. Как и при радиометрических исследованиях, литогеохимические работы в масштабе 1:200 000 не имеют целью выделение аномалий. Для обработки результатов количественных анализов также целесообразно использовать тренд-анализ. Для элементов, определенных полуколичественными методами анализа, на геохимической карте выделяются аномальные точки — пробы с содержанием элемента на порядок и более превышающие кларк соответствующих групп пород, по А.П. Виноградову. При количественных определениях в качестве аномальных точек выделяются пробы, содержание элемента в которых не менее чем в три раза превышает кларковые.

Атмогеохимические исследования при работах масштаба 1:200 000 применяются для решения нескольких задач.

Водно-гелиевая съёмка служит для оценки геохимической специализации на U и Th более глубоких горизонтов недр. При исследованиях в районе с возможной локализацией оруденения на границах зон пластового окисления и в палеодолинах рекомендуется углеводородная газовая съёмка, позволяющая выделять региональные окислительно-восстановительные барьеры.

Карты распределения газов (в однотипной среде) выполняются в

виде карт изолиний на геологической основе. При этом соблюдается общее правило построения карт: ***сечение изолиний должно превышать удвоенную среднеквадратичную ошибку измерений (ошибку воспроизводимости).***

Гидрогеохимические исследования в масштабе 1:200 000 направлены на выявление водных ореолов урана и других металлов.

Гидрогеохимические исследования методом гидролитохимической съёмки, как правило, должны предшествовать прогнозным работам масштаба 1:200 000 и выполняться наравне с опережающими геофизическими работами (в первую очередь — аэроспектрометрическими масштаба 1:200 000). Однако на данной стадии могут выполняться дополнительные гидролитохимические исследования с целью уточнения положения и детализации ранее установленных аномалий.

Минералого-петрографические исследования в масштабе 1:200 000 имеют основной целью определение эпигенетических изменений пород и выяснение их геохимической специализации. Другими задачами исследований являются литологическое картирование и минералогическое описание всех точек рудной минерализации известных в районе. Каждая точка геологического наблюдения (обнажение, литологическая разновидность пород в скважинах, канавах и т. д.) наряду с пробой подтверждается образцом и шлифом.

По результатам минералого-петрографических исследований строится карта гидротермальных изменений пород; на этой же карте показываются участки и точки, где обнаружены гидротермальные изменения пород — без отнесения их к формациям (указывается только тип изменений — высоко-, средне-, низкотемпературные).

Из проб формируются геохимические выборки изменённых пород, в пределах единых зон изменения. Для изменений, интенсивность которых может быть функционально связана с содержанием какого-либо элемента или их группы, оценка интенсивности выражается через концентрацию этого элемента (например, через содержание калия при кремне - калиевом метасоматозе). В других случаях можно оценивать сравнительную интенсивность изменения в баллах, ориентируясь на общее содержание эпигенетических минералов в породе. Сформированные таким образом выборки подвергаются корреляционному анализу. Оценками геохимической специализации процесса являются коэффициенты ранговой корреляции между содержанием элемента и степенью интенсивности процесса (или содержанием элемента-индикатора) и уровень накопления этого элемента в максимально изменённых породах

в геофонах. Для получения второй оценки строятся графики в координатах: степень изменения — содержание элемента.

Результатом исследований является карта эпигенетических изменений пород с указанием геохимической специализации этих изменений.

Дистанционные исследования

Космические снимки, особенно полученные фотографическим способом, являются очень емким носителем информации. Приблизительно можно считать, что на космических снимках (КС) стандартного размера может быть записано 2—5 мегабайтов эффективной (т. е. используемой для визуального дешифрирования) информации.

Указанная информационная емкость характеризует только технические особенности КС как носителя информации и никак не зависит от того, что на нем изображено.

Поскольку космическое изображение — это результат взаимодействия сигнальной информации от космического снимка с воспринимающими системами человека, постольку геологическая информативность космического изображения не может быть одинаковой для всех наблюдателей. Как отмечалось, восприятие связано с профессиональной подготовленностью и поэтому космическое изображение и модель, у различных исследователей отличаются, так что имеет смысл говорить только об относительной информативности космических изображений.

В настоящее время многие исследователи считают, что проблема неоднозначности восприятия КС может быть решена заменой зрительных образов объектов их логическими моделями, связанными с классификацией образов на основе замеров некоторого множества признаков, описывающих объект и его фотоизображение. Эти признаки должны быть инвариантными или малочувствительными по отношению к типичным искажениям и обладать небольшой избыточностью. При таком подходе задача распознавания фотообразов не зависит (или мало зависит) от оператора и распадается на две части. В первой рассматривается вопрос о том, что нужно измерять и каково должно быть достаточное количество признаков. Во второй части проводится собственно классификация — на основании измерений выбранных признаков принимается решение о принадлежности образа к тому или иному классу.

Этот подход можно рассматривать в качестве некоторой логической основы для автоматического дешифрирования. Что же

касается дешифрирования визуального, то никакой набор признаков-описаний не может полностью заменить зрительный образ объекта. Мышление на уровне образов является величайшим даром человека и главным его отличием от систем искусственного интеллекта.

Рассмотрим основные факторы, определяющие относительную информативность космических изображений.

В термин *генерализация* вкладывается в основном понятие масштабной генерализации — объединение мелких геологических (или ландшафтных) элементов в более крупные. Поскольку величина одного элемента космического изображения является более или менее постоянной, то при изменении масштаба съёмки в нем отображаются разные по величине участки сцены; яркостные характеристики участков, отвечающие деталям ландшафтного строения, осредняются. Изображение сцены (соответственно её ландшафтная или геологическая модели) при разных уровнях генерализации различно. Качественные изменения информативности происходят при изменении масштаба изображения в 3—5 раз. Это означает, что при такой лестнице масштабов основные объекты дешифрирования имеют качественно различный ранг, например слои, складки, антиклинории и синклинории, складчатые хребты и межгорные впадины, складчатые пояса и платформы. Это не исключает того, что в каждом из этих случаев объекты более низкого ранга могут наблюдаться в качестве деталей высоко ранговых образований.

Приняты следующие масштабы космических изображений по уровням естественной генерализации:

-глобальный — 1:15 000 000 и мельче (для сводных карт земного шара);

-континентальный — 1:5 000 000 — 1:2 500 000 (для сводных карт и континентов);

-региональный — 1:1 000 000—1:500 000 (для региональных мелко масштабных карт);

-локальный— 1:200 000—1:100 000 (для региональных среднемасштабных карт);

-детальный — крупнее 1:100 000 (для региональных крупномасштабных и детальных карт).

Выделение перспективных площадей (потенциально урановорудных узлов) производится на основе всех полученных материалов. В качестве перспективных площадей на прогнозной карте выделяются участки развития геологических структур, благоприятных для локализации оруденения прогнозируемых геохимических типов, в

которых наблюдаются геохимические признаки уранового оруденения (радиометрические, литогеохимические, атмо- и гидрогеохимические).

Оценка прогнозных ресурсов выделяемых узлов может производиться по принципу аналогии с хорошо изученными рудными узлами — с учетом полноты, степени проявленности и различного — для разных генетических типов — значения признаков рудоносности. Эта оценка служит, по существу, оценкой сравнительной достоверности выделения разных перспективных участков.

В результате прогнозно-геологических работ масштаба 1:200 000 должны быть выделены предполагаемые узлы (поля) развития урановых месторождений прогнозируемого типа или обоснована отрицательная оценка изучавшихся территорий. Выделенные перспективные площади показываются на итоговых прогнозных картах, на которых отражаются основные перспективные геологические структуры, формации, литотипы пород, геохимические зоны и прочие, аномалии радиогеохимических и других полей (или их тренд - поверхностей), отвечающие прогнозируемым объектам, а также другая необходимая для обоснования полученных выводов информация.

Для выделенных перспективных площадей оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_3 .

3.3 Прогнозно-геологические работы масштаба 1:50 000

Должны включать такие виды исследований, комплекс которых в пределах потенциально урановорудных узлов, выделенных на предыдущем этапе исследований, позволяет оконтурить рудные поля и месторождения. Ряд признаков урановорудных районов и узлов, например, геохимическая специализация территории, не имеет значения при прогнозировании рудных полей и месторождений. Значение некоторых других признаков резко увеличивается — это проявленность потенциально урановорудных эпигенетических процессов, наличие атмогеохимических ореолов элементов с малой миграционной способностью, гидрогеохимических ореолов, аномалий распределения урана и его спутников. Наконец, значение геолого-структурных факторов меняется и конкретизируется — вместо потенциально рудоконтролирующих структур, необходимо выделять потенциально рудовмещающие.

Масштаб ожидаемого оруденения не находится в прямой зависимости от масштаба рудовмещающей геологической структуры. Так, для рудных полей гидротермальных месторождений нередко примеры локализации одних месторождений в мощных тектонических зонах длиной в десятки километров, а других, аналогичных по

генезису,— в оперяющих подобных разломов длиной лишь в первые километры.

Значение геолого-структурных и литологических факторов при прогнозировании месторождений различных типов неодинаково. Для гидротермальных месторождений состав рудовмещающих пород часто является дезориентирующим фактором при прогнозировании, так как рудообразующие процессы обычно инвариантны к литотипам пород. Для гидрогенных и диагенетически - осадочных месторождений литологический фактор, наряду со стратиграфическим нередко оказывается ведущим.

Основной задачей крупномасштабного прогнозирования является не только выделение благоприятных для оруденения структур и формаций, но и определение в их пределах зон наиболее вероятной локализации руд. Положение таких зон (геохимических ловушек) может определяться:

— литогеохимическими барьерами, т. е. контактами различных в геохимическом отношении пород;

— окислительно-восстановительными или щелочно-кислотными барьерами, обусловленными изменением химизма рудообразующих растворов;

— термодинамическими барьерами, связанными с изменением температуры, давления или химической активности компонентов рудообразующих растворов;

— барьерами проницаемости на границах блоков пород с различной тектонической нарушенностью.

При формировании урановых месторождений любого генезиса процессами рудообразования захватываются объёмы недр, значительно превышающие те, в которых в конечном итоге оказываются локализованы рудные залежи. Следы воздействия этих процессов на горные породы могут быть проявлены в геохимических и геофизических полях и характерные градиентные зоны таких полей могут служить признаками месторождений.

Таким образом, при крупномасштабном прогнозировании необходимо располагать геологической, геофизической и геохимической информацией, позволяющей осуществить комплексную интерпретацию материалов и выделить возможно более ограниченные по площади участки для последующего детального опоскования. Последнее особенно важно при проведении глубинных поисков слепого и слабо проявленного оруденения с применением дорогостоящих технических средств.

Ландшафтно-геохимическое и специализированное геолого-

структурное картирование в масштабе 1:50 000 имеет те же цели и использует тот же набор методов, что и аналогичные работы масштаба 1:200 000, с отличиями, обусловленными разной детальностью. При этом, исходная геофизическая основа (магнитные и гравиметровые карты) не должны быть по масштабу мельче составляемой прогнозной карты. Ландшафтно-геохимическое картирование должно выполняться с детальностью, достаточной для последующего проектирования методики поисковых работ. Геолого-структурное картирование должно проводиться таким образом, чтобы по его материалам создавалась возможность анализа геохимических и геофизических полей и интерпретации их градиентных зон.

Радиометрические исследования ориентированы прежде всего на получение общей картины радиометрического поля. Выделение локальных аномалий как поискового признака месторождений не является целью работ. Такие аномалии могут выявляться и служат при этом дополнительным фактором прогнозирования, но их отсутствие не должно рассматриваться как отрицательный фактор.

Радиометрическим полям в районах развития месторождений свойственны высокая изменчивость и частое чередование положительных и отрицательных значений в локальной составляющей по тренд-анализу. Области положительного локального поля могут интерпретироваться как участки относительного привноса урана или сохранения его первичного распределения, области отрицательного поля — как участки выноса урана. Для многих месторождений характерно расположение в пределах градиентных зон взаимоперехода положительных и отрицательных значений полей.

На **рис. 3.3.1** показан фрагмент геологической карты района развития гидротермальных урановых месторождений с нанесенными изолиниями локальной составляющей радиометрического поля по тренд-анализу. Район полностью перекрыт рыхлыми отложениями мощностью до 10 м и более и изучался поисковым бурением по сети 4 скважины на 1 км², по данным каротажа которых отстраивались значения радиометрического поля. При этом ни одной из скважин не было вскрыто радиометрических аномалий, отвечающих непосредственно ореолам рассеяния месторождений. Однако, как видно из рисунка, положение практически всех месторождений определяется градиентными зонами положительных и отрицательных значений локальной составляющей радиометрического поля. Не все такие зоны оказались в дальнейшем отвечающими положению месторождений, однако все месторождения совпали с градиентными зонами, а небольшая площадь последних позволила целенаправленно и с высоким

эффектом осуществить поиски.

Сравнение распределений может производиться визуально, с построением гистограмм или статистической обработкой результатов методами математической статистики по критериям V и S^2 . В случае значимых отличий распределений полуколичественной оценкой концентрации элемента в процессе может служить разность медианных значений по сравниваемым гистограммам.

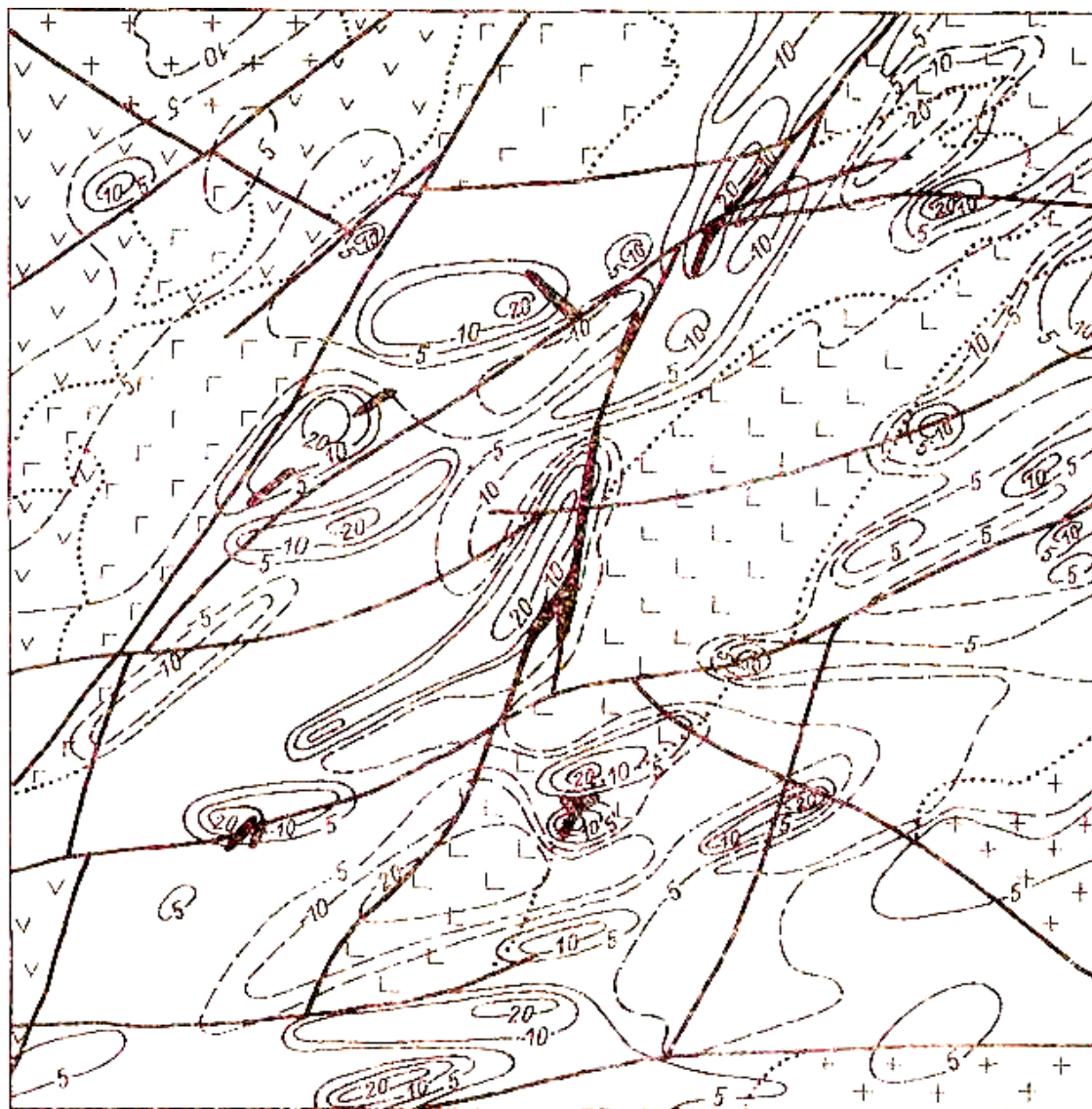


Рис. 3.3.1. Карта гидротермального уранового месторождения эйситовой формации с данными математической обработки результатов гамма - съёмки по скважинам поискового бурения. (Покров рыхлых отложений снят). По С.С. Наумову и В.В. Красных: 1 углеродисто-кремнистые сланцы; 2 кислые и средние вулканиты; 3- базальтоиды; 4—диабазы; 5—граниты; 6 - разломы (а) и контакты пород (б); 7— изолинии локальной составляющей радиометрического поля в пА/кг: а

положительного значения, б- -отрицательного значения; δ—проекция положения рудных залежей

Геохимические исследования при прогнозных работах масштаба 1:50 000 должны быть направлены на выявление признаков рудных полей и месторождений. Содержание этих признаков различно для разных методов исследований, особенностей изучаемых геохимических полей и сети наблюдений. Для выяснения геохимической специализации эпигенетических локальных процессов производится сравнение распределений элементов по выборкам пород, где наличие таких процессов определено петрографическими методами, с их распределениями в породах, фоновых по отношению к таким процессам. При выявлении эпигенетических процессов по различным породам и недостаточной представительности соответствующих выборок сравнение может осуществляться по содержаниям, нормированным на кларк пород.

Литогеохимические исследования при работах м-ба 1:50 000 направлены на выяснение геохимической специализации потенциально урановорудных локальных эпигенетических процессов. Количественное решение подобной задачи требует очень большой соответствующей информации, обеспечить которую обычно можно только на стадиях поисков и оценочных работ. Однако на прогноз-поисковой стадии возможно полуколичественное её решение.

Атмогеохимическими исследованиями при работах масштаба 1:50 000 можно для некоторых типов оруденения устанавливать ореолы рудных полей и отдельных крупных месторождений. Для всех типов месторождений, залегающих на глубинах в первые десятки метров от уровня опробования, может оказаться эффективным эманационный трековый метод. Для месторождений, связанных с окислительно-восстановительным барьером, активным в современную эпоху, целесообразно применение углеводородной газовой съёмки. При наличии оруденения в разрушающихся зонах с сульфидной минерализацией может быть эффективной газовой-ртутная съёмка и т. д.

Карты распределения газов (в однотипной геохимической обстановке) строятся в виде изолиний концентрации. Их анализ выполняется путем сравнения с геолого-структурными картами.

Гидрогеологические исследования в масштабе 1:50 000 позволяют выделять гидрогеохимические ореолы рудных полей. Определяется содержание урана и тяжёлых металлов, газовых компонентов и показателей химизма вод (рН, Eh) в водных пробах естественных и искусственных водных источников в одном гидродинамическом типе вод. Выделение аномальных концентраций элементов производится

средствами математической статистики по химическим типам вод.

Интерпретация выделенных аномалий производится на качественном уровне, путем сравнения условий локализации и интенсивности ореолов с элементами геологического строения и с обязательным учетом динамики опробованных водоносных горизонтов.

Минералого-петрографические исследования при прогнозных исследованиях масштаба 1:50 000, кроме задач, однотипных с задачами предыдущих исследований, должны выделять участки развития потенциально урановорудных эпигенетических изменений пород.

На основе минералого-петрографического картирования составляются выборки фоновых и изменённых пород, по которым определяется геохимическая специализация процессов, как это было отмечено раньше.

Важным дополнительным методом определения урановой геохимической специализации слабопроявленных локальных эпигенетических процессов может быть метод осколковой радиографии.

Результатом исследований является карта всех обнаруженных типов эпигенетических изменений пород с указанием их геохимической специализации. При этом определение формационного типа локальных изменений по-прежнему в большинстве случаев невозможно; следует указывать тип и химизм процесса (например, низкотемпературный магнезиальный метасоматоз, или — зона вторичного глеевого восстановления и т. п.).

Выделение потенциально урановорудных полей, в качестве участков для поисков, производится на основе комплекса получаемой информации. Многочисленные методы формализации этой задачи и её решения с помощью ЭВМ могут быть корректными только при использовании для решения задачи достаточно узкой, детально разработанной модели рудообразования в строго оговоренных геологических условиях локализации оруденения и однообразных геохимических условиях поисков. Формализации на основе какого-то обязательного перечня свойств, выделенных на ограниченном круге объектов, чаще всего ведут либо к такому широкому диапазону условий, что не достигается приемлемая степень локализации, либо теряют геологический смысл и, следовательно, прогнозные возможности.

Прогнозирование рудных полей каждого конкретного геолого-генетического типа имеет свои особенности. Общим для всех типов эпигенетического оруденения является приуроченность его к градиентным участкам геофизических и геохимических полей, участкам развития локальных эпигенетических изменений пород и связь с атмо- и

гидрогеохимическими ореолами.

На прогнозной карте показываются участки распространения признаков, лежащих в основе прогноза и геологические структуры, контролирующие локализацию этих признаков. Размер выделяемых поисковых участков определяется степенью локализации этих признаков и структур, которую мы можем достигнуть в данном масштабе применявшимися методами исследований.

3.4. Поисковые работы масштабов 1:50 000—1:25 000

Важнейшие методы поисков месторождений редких и радиоактивных металлов различаются техническими приемами выявления поисковых признаков. В зависимости от этого все современные поисковые методы разделяются на три группы:

- геолого-минералогические,
- геофизические (радиометрические),
- геохимические.

На ранних стадиях исследований эти же методы в совокупности с методами специального геологического картирования используются для создания геологической основы поисков. Применительно к прогнозу и поискам урановых месторождений эффективность использования различных методов иллюстрируется табл. 16.

Геологическая основа поисков

Эффективное проведение поисков возможно лишь на доброкачественной геологической основе. С этой целью для перспективных территорий составляются специализированные геологические, геофизические и другие карты, обеспечивающие возможность уверенного прогнозирования рудоносных площадей, выбора эффективных методов и направлений поисковых работ. В отличие от обычного геологического картирования специализированные геологические карты с наибольшей полнотой отражают те особенности геологического строения, которыми определяются ведущие поисковые критерии урановых и редкометалльных месторождений ожидаемых промышленных типов. Они составляются в масштабах от 1:200 000 до 1:10 000 при проведении геолого-прогнозных, геолого-съёмочных и поисковых работ.

Специализированное геологическое картирование включает в себя:

- комплекс структурно-геофизических работ;
- составление аэрогеологических и ландшафтных карт;
- специальное картирование метасоматитов и эпигенетически изменённых пород;
- водно-гелиевую съёмку;

-геохимическую съёмку, специализированную на редкие или радиоактивные элементы с опробованием пород на содержание радиогенного свинца.

Комплекс структурно-геофизических работ (глубинное сейсмическое зондирование, гравиметрические и магнитные съёмки, электроразведочные и др. работы) проводится до начала или, во всяком случае, с опережением специализированного геологического картирования. В масштабах 1:1 000 000 и мельче ведущее значение имеют методы ГСЗ и гравиметрия, в масштабах 1:200 000—1:50 000 — гравиметрия и магнитометрия, а в масштабе 1:10 000 и крупнее — высокоточная гравиметрия, магнито- и электроразведка.

При составлении геологических карт масштабов 1:1 000 000 и мельче используются космические телевизионные фотоснимки малого и среднего разрешения. Снимки малого разрешения обеспечивают выявление глыбовых и крупных кольцевых структур, шовных зон и крупных глубинных разломов, а по снимкам среднего разрешения выявляются структурные блоки, глубинные разломы, вулканотектонические и кольцевые структуры, многие структурно-вещественные комплексы пород. При составлении карт масштабов 1:200 000 и 1:50 000 используются космические снимки высокого разрешения, высотные аэро- и радарные снимки, по которым дешифрируются зоны повышенной проницаемости и тектонические нарушения, массивы изверженных пород, вулканотектонические, кольцевые и другие рудоконтролирующие структуры. При картировании в масштабах 1:10 000 и крупнее применяются различные черно-белые, цветные, спектрзональные и другие аэрофото- и радарные снимки.

В совокупности с космическим и аэрофотогеологическим дешифрированием составляются карты современных и палеоландшафтных условий районов поисковых работ, позволяющие оценить особенности проявления поисковых признаков уранового и редкометалльного оруденения в приповерхностном покрове Земли.

Особое внимание при специализированном геологическом картировании уделяется изучению метасоматических изменений вмещающих пород, выделению формационных и фациальных типов метасоматитов, оконтуриванию площадей развития метасоматических пород, перспективных на выявление месторождений различных урановорудных и редкометалльных формаций. На ранних этапах картирования метасоматитов может быть использован экспрессный петрофизический метод, разработанный М.И. и В.И. Пахомовыми [22]. Метод основан на том, что характерные для неизменённых пород

положительные корреляционные связи между их плотностью и магнитной восприимчивостью исчезают или меняют свой знак в метасоматически изменённых породах. Проведение работ сводится к массовому определению указанных свойств пород и построению карт изолиний коэффициентов корреляции. В дальнейшем зоны метасоматически изменённых пород изучаются обычными, петрографическими и геохимическими методами.

Существенную помощь при изучении блоковых структур рудоносных районов оказывают водно-гелиевые съемки, фиксирующие проявления гелиевых аномалий вдоль зон глубинных разломов.

Использование водно-гелиевых съемок наиболее эффективно на ранних этапах исследований. В зависимости от детальности водно-гелиевых съемок одна проба воды при масштабе 1:1 000 000 приходится примерно на 50—70 км², а при масштабе 1:200 000 — на 10—15 км². Поскольку концентрации гелия в приповерхностных частях земной коры ослабляются пропорционально квадрату мощности покрова осадочных пород, отбор проб производится при небольших глубинах залегания фундамента (порядка 100—200м) с горизонтов 5—10м ниже дневной поверхности, а при глубоком залегании фундамента (более 500м) — с горизонтов глубиной до 100—150м.

Содержания гелия в водах определяются на мембранных индикаторах гелия масс-спектрометрического (ИКГМ-1) или магнитозарядного (ИНГЕМ-1) принципов. Концентрация гелия в водах выражаются в миллилитрах на литр воды. В приповерхностных горизонтах фоновые содержания гелия в водах обычно не превышают $1 \cdot 10^{-4}$ мл/л, а вблизи разломов они достигают 0,1 — 1мл/л. На более глубоких горизонтах фоновые концентрации гелия повышаются до $1 \cdot 10^{-3}$ мл/л, а аномальные — до 10—30 мл/л.

Принципы и методы геохимического картирования радиоактивных элементов (и их элементов-спутников), рассеянных в горных породах, разработаны и внедрены в практику геологических исследований А.А. Смысловым и др. [45].

Радиогеохимические карты составляются на геолого-формационной основе с выделением тех особенностей геологического строения и развития района, которые способствуют нарушению первично-конституционального рассеяния радиоактивных элементов. Изучение радиогеохимических карт помогает выявлению главных закономерностей миграции урана и условий формирования его повышенных концентраций.

Геохимическая нагрузка карт зависит от их масштаба. На мелкомасштабных картах (от 1:200 000 и мельче) отражаются средние

содержания урана в геологических формациях или в однородных геологических полях, степень неоднородности распределения урана и тория, торий-урановые отношения, формы нахождения этих элементов в породах, аномальные концентрации элементов-спутников урана, аномальные отношения радиогенных свинцов (особенно повышенные концентрации Pb^{206}) и геохимические специализированные на уран формации пород. По совокупности перспективных данных на картах выделяются радиогеохимические провинции, а внутри них — зоны с нарушенным первично-конституциональным распределением элементов, наиболее перспективные на выявление повышенных концентраций подвижного урана.

На радиогеохимических картах средних масштабов (1:50 000—1:25 000) отражаются содержания урана в однородных геологических полях в абсолютных значениях и по отношению к геохимическому фону, а в пределах зон с нарушенным первично-конституциональным распределением элементов выделяются зоны привноса и выноса урана и наиболее типичных элементов-спутников.

Геолого-минералогические методы поисков

Геолого-минералогические методы поисков основаны на визуальном обнаружении коренных выходов уранового или редкометалльного оруденения, проявлений рудной минерализации в естественных и искусственных обнажениях или механических ореолов рассеяния рудоносных минеральных образований в виде оруденелых пород, рудных обломков или минералов.

Поскольку большинство урановых минералов неустойчивы в гипергенных условиях и легко разрушаются под влиянием экзогенных факторов, то шлиховые, обломочные и другие визуальные геолого-минералогические методы мало пригодны для поисков урановых месторождений. Однако в условиях арктических, высокогорных и тундровых ландшафтов, благоприятных для сохранения первичных урановых минералов, при доминирующей роли физического, а не химического выветривания, эти методы не только могут применяться наравне с другими, но в ряде случаев приобретают значение ведущих.

Устойчивость редкометалльных минералов в гипергенных условиях способствует их накоплению в корях выветривания, элювиальных, делювиальных и аллювиальных отложениях. Поэтому геолого-минералогические методы являются ведущими при поисках редкометалльных месторождений.

Шлиховой метод применяется в масштабах 1:200 000, 1:50 000 и 1:10 000. Методика шлиховых поисков редкометалльных месторождений не отличается от методики поисков других тяжелых

металлов, таких как золото, олово, вольфрам, титан и др. При всех масштабах шлиховых поисков пробы отбираются по современной гидрографической сети, причем обязательно опробуются все притоки выше их устьев на 100—200 м. В зависимости от масштаба съемок рекомендуется следующая густота опробования аллювиальных отложений.

Масштаб 1:200 000 Расстояния между пунктами опробования 1—2 км;

» 1:50 000 » 0,25—0,5 км;

» 1:10 000 » 0,1—0,2 км;

Среди редкометалльных минералов и их спутников наиболее устойчивы в шлихах монацит, ксенотим, лопарит, пирохлор, циркон, ильменит и ортит. От источника сноса монацит, циркон, ильменит и ортит прослеживаются в аллювиальных россыпях на расстоянии до 30—40 км. При этом зерна минералов приобретают хорошую окатанность и уменьшаются в размерах до 40%. Эвксенит, фергусонит, пирохлор, гатчеттолит, танталит, колумбит разрушаются при переносе быстрее. Из них более устойчив фергусонит, который перемещается на многие километры, за ним следует колумбит, а затем танталит, который не удаляется от коренных источников более чем на 1—2 км. Пирохлор устойчив к переносу только в тех случаях, когда он не изменен гидротермальными процессами. Наименее устойчив в зоне гипергенеза гатчеттолит, который быстро переходит в рыхлые охристые продукты. При переносе эвксенита и фергусонита на 2—3 км размеры их зерен уменьшаются на 75—80%, однако зерна этих минералов размерами 0,1—0,2 мм могут переноситься на большие расстояния без дальнейшего уменьшения размера.

При поисках редкометалльного оруденения следует учитывать как положительные признаки: появление в немагнитной фракции пирохлора, бипирамидального циркона, бастнезита, апатита; в электромагнитной фракции — лопарита, бадделеита, перовскита, ильменита, иногда пирохлора, а также увеличение магнетита в магнитной фракции.

При отборе шлиховых проб рекомендуется опробование кос и отмелей до уровня воды, со взятием проб из всей толщи рыхлых отложений секциями по 0,5 м. Пробы отбираются объёмами 0,02 м³, что соответствует объёму стандартного лотка. Для получения большего количества шлиха увеличивают объем пробы в 2—3 раза. Промывка ведется только до серого шлиха, так как возможен снос зерен редкометалльных минералов в связи с малым размером зерен. Диагностику редкометалльных минералов в шлихах целесообразно

проводить в полевых лабораториях, а в камеральный период проводить дополнительные виды анализов минералов: рентгеноструктурный, рентгеноспектральный, химический и др.

Полученные результаты анализов шлиховых проб наносятся на карты различного масштаба в виде кружков, лент или изолиний. В дальнейшем эти карты используются для разработки прогноза при поисках редкометалльных месторождений на изучаемой территории.

Радиометрические методы поисков

Все радиометрические методы поисков основаны на выявлении радиационных ореолов вокруг урановорудных или редкометалльных скоплений, их первичных и вторичных ореолов в коренных породах и рыхлых отложениях, а также на выявлении ореолов радиоактивных эманации в рыхлых отложениях и почвах.

Главные радиометрические методы основаны на регистрации естественного гамма-излучения урана, тория и калия. Значительно реже с этой целью используются бета- и альфа-излучения.

Глубинность проникновения гамма-лучей в горных породах и перекрывающих рыхлых отложениях не превышает одного метра. Однако за счёт развития в них вторичных ореолов рассеяния глубинность радиометрических методов часто оказывается значительно большей.

Сущность всех разновидностей гамма - методов сводится к измерению суммарного (интегрального) радиоактивного гамма-излучения или к дифференциальной его регистрации в определенных интервалах энергии частиц с последующим выделением участков повышенной радиоактивности.

По условиям применения радиометрические методы подразделяются на:

- аэрометрические;
- наземные (автомобильные и пешеходные);
- глубинные (в шпурах, скважинах и разведочных горных выработках).

Аэрометрические методы — наиболее совершенные и скоростные методы поисков месторождений радиоактивных металлов. Они основаны на выявлении в приземном слое атмосферы радиационных гамма-ореолов урана (радия), тория и калия с помощью высокочувствительных радиометров-анализаторов.

Для проведения аэрогамма-спектрометрических съёмок используется аппаратура повышенной чувствительности — комплексные аэрогеофизические станции типа АГС-70с, ГСА-75 и др., включающие в себя пятиканальный гамма-спектрометр, протонный

магнитометр, электроразведочную аппаратуру по методу индукции, курсограф и высотограф. Для предварительной интерпретации данных с целью оперативного обнаружения и проверки аномалий используются специализированные бортовые или множительно-делительные устройства (БУК-4; МДУ; ИКА-2). Методика проведения аэрогамма-съемки, выделения и оценки аномалий и полей детально описывается в специальных инструкциях и руководствах [6].

Для целей прогноза и поисков урановых и редкометалльных месторождений гамма - спектрометрическая аппаратура монтируется на самолетах или вертолетах. Максимальная эффективность поисков обеспечивается при малых высотах наблюдений порядка 30—50м, но не более 75м, при скоростях полетов от 100 до 170 км/ч. Привязка наблюдений осуществляется визуально с применением подвижных ориентиров путем фотографирования последних или радиогеодезическим способом (с применением системы «Поиск-М», «Глоннас», GPS - приёмников). Обработка материалов аэрогамма - спектрометрических (АГСМ) наблюдений целесообразно проводить с использованием ЭВМ и компьютерной графики. Поправки вводятся за высоту полёта, космическую составляющую остаточного фона, гамма-излучение продуктов атмосферного радона, экранирующее действие лесного покрова (по бонитету), влажность почв и эманирование горных пород.

Аэрогамма-спектрометрические съёмки в масштабах 1:200 000 — 1:50 000 проводятся в урановорудных районах для совершенствования геологической основы поисков и выявления зон метасоматически изменённых пород. Аэропоиски проводятся в масштабе 1:25 000 маршрутами через 250м длиной до 30км.

При обработке лент АГСМ записи протяжённостью до 500м на половине их максимальной эффективности оцениваются как аномалии, а более протяжённые — как поля. Аномальными считаются записи, превышающие фон на $1,3\sigma$ измерений. При слабом проявлении урановорудных выходов на дневной поверхности интерпретация исходных данных осложняется. Выявлению таких урановорудных концентраций существенно способствуют аэромагнитные и аэроэлектроразведочные данные. Эффективность использования аэромагнитных данных зависит от присутствия в ураноносных структурах магнитоактивных горных пород или пород с изменёнными магнитными свойствами, что способствует проявлению пространственных связей между аномалиями (полями) урана и магнитными полями определенного типа (рис. 3.4.1). Изучение взаимного пространственного расположения магнитных и

радиоактивных аномалий, ориентировка их осей и глубин залегания

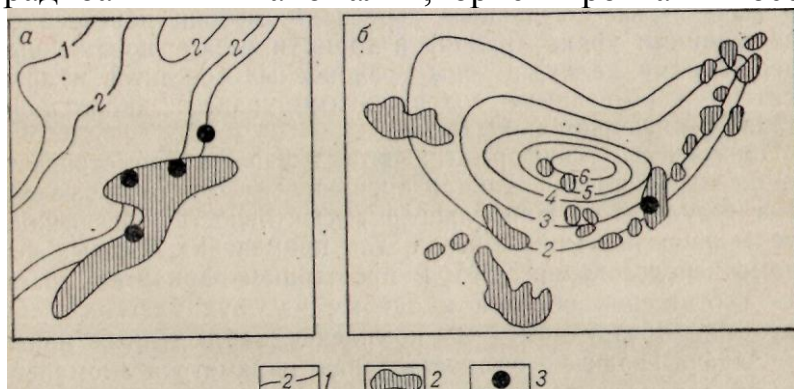


Рис. 3.4.1. Пример связи эндогенного уранового оруденения с аэромагнитными аномалиями

[6].

а — в краевой части зоны контактового метаморфизма, *б* — в приконтактной части слепой интрузии; 1 — изодинамы магнитного поля, мЭ; 2 — поля повышенной гамма-активности; 3 — проявления

магнитоактивных масс обеспечивают дополнительную информацию о связях урановых аномалий с конкретными геологическими структурами. Так, например, знакопеременные магнитные поля в породах базальт-липаритовой формации отражают условия пространственного размещения аномалий, связанных с месторождениями в ураноносных аргиллизитах, а отрицательные магнитные поля типичны для ураноносных зон березитов или калиевых метасоматитов.

Для оценки перспектив ураноносности составляются карты изоконцентраций урана (радия), тория, калия и интегральной интенсивности гамма-полей (рис. 3.4.1). Сравнительное изучение таких карт способствует выявлению не только повышенных концентраций урановой (радиевой) природы, но также ореолов, зон и полей метасоматических изменений вмещающих пород, с которыми пространственно связаны многие редкометалльные и урановорудные поля. Среди неизменённых пород такие поля проявляются аномальными соотношениями радиоактивных элементов, маловероятными в статистическом и геохимическом смысле для фоновой среды. При изучении ураноносных метасоматитов отчетливо проявляется антагонизм калия и тория, что способствует выявлению перспективных участков с помощью индикаторных отношений типа:

$$F = \frac{q_U q_K}{q_{Th}}$$

где q_U , q_K , q_{Th} — содержания урана (радия), калия и тория в точках наблюдений.

Зоны ураноносных средне- и низкотемпературных альбититов выявляются по данным аэроспектрометрии повышенными

содержаниями урана (радия) и тория и резко пониженными содержаниями калия, а зоны ураноносных березитов и аргиллизитов — повышенными содержаниями урана и калия на отчетливо пониженном фоне тория.

Повышению информативности аэроспектрометрических -съёмок способствует специализированная математическая обработка результатов. Наибольшую эффективность обеспечивают методы распознавания образов, для применения которых необходимо использование ЭВМ. В простейшем варианте решается задача отнесения объекта к одному из двух классов — «рудному» или «безрудному» по комплексу наблюдаемых признаков. Задача сводится к сопоставлению параметров аномальных записей с параметрами известных месторождений (рудопроявлений) и безрудных участков. С этой целью используется отношение:

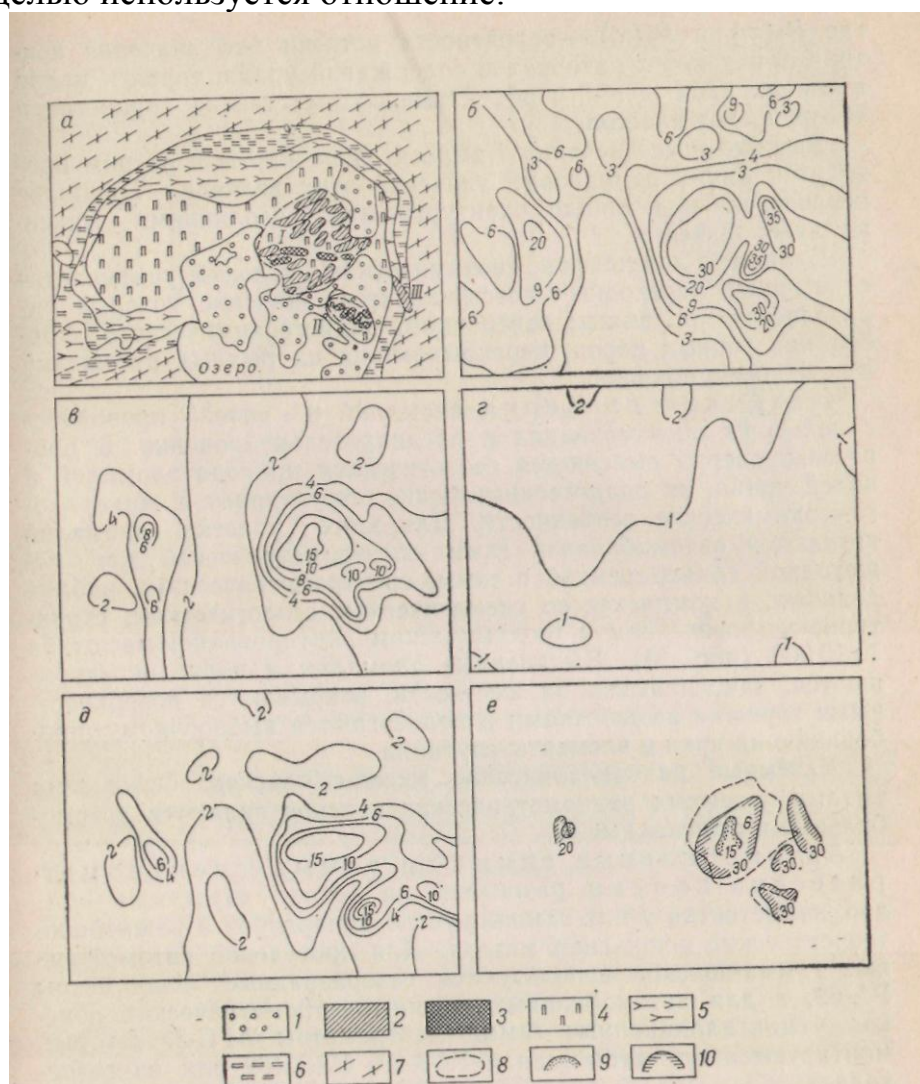


Рис. 3.4.2. Проявление карбонатитового рудного поля по данным аэрогамма - спектрометрической съемки [2].

Схемы: а — геологическая, б — концентраций тория, 10^{-4} %; в — концентраций урана, 10^{-4} %; г — концентраций калия, %; д — интегральной интенсивности гамма-поля; е — интерпретационная. 1 — четвертичные отложения; 2 — карбонатиты; 3 — апатит-форстерит-магнетитовые породы; 4 — пироксениты; 5 — ийолиты и мельтейгиты; 6 — фенитизированные гнейсы; 7—гранито-гнейсы; 8 — контуры месторождения; 9—10 — участки с максимальными содержаниями урана, 10^{-4} % (9) и тория, 10^{-4} % (10)

$$I = \frac{P_1(x_i)}{P_2(x_i)}$$

где $P_1(x_i)$ и $P_2(x_i)$ — вероятности встречи i -го значения вектора признаков x интервалов содержаний урана, тория и калия в точках наблюдений с объектами соответственно «рудного» и «безрудного» классов.

Вычисленные значения I выносятся на карты и по ним проводятся линии одинаковых значений этих величин. Наиболее перспективные площади оконтуриваются изолиниями максимальных значений.

Влияние ландшафтно-геохимических условий учитывается с помощью переходных коэффициентов, значение которых определяется по данным заверочного радиогеохимического опробования горных пород, перекрывающих их рыхлых отложений и почвенного покрова.

Наземная проверка аномалий и полей проводится с целью их оконтуривания и предварительной оценки. В процессе проверки выясняется геологическая природа аномалий и полей урана, их радиогеохимические, структурные и минералого-геохимические особенности. Для этого участки аномалий изучаются автомобильной гамма-спектрометрической или пешеходной гамма-съёмкой с гамма-спектрометрическими наблюдениями, в комплексе со схематическим геологическим, структурно-геофизическим и геохимическим картированием масштаба 1:10 000 (рис. 3.4.2). Выявленные аномалии и поля оконтуриваются, закрепляются на местности, вскрываются поверхностными горными выработками и подвергаются выборочному опробованию на уран и элементы-спутники.

Наземные радиометрические методы поисков. Основными видами наземных радиометрических поисков являются автомобильные и пешеходные.

Автомобильные гамма- и гамма-спектрометрические поиски развились на основе аэрогамма-методов, заимствовав у них самопишущую аппаратуру и важнейшие теоретические положения метода. Для проведения автомобильных гамма-поисков используются газоразрядные радиометры РА-69, а для автомобильных гамма-спектрометрических поисков — сцинтилляционные гамма-спектрометры АГС-3, которые монтируются на автомашинах ГАЗ-69, УАЗ-469 или на вездеходах.

Радиометр РА-69 обладает повышенной чувствительностью (не

менее 65 имп/с на $7,2 \cdot 10^{-14}$ А/кг) и обеспечивает возможность автоматической записи показаний в двух диапазонах до 1200 и 2400 имп/с. Четырехканальный сцинтилляционный гамма-спектрометр АГС-3 обладает чувствительностью интегрального канала около 100 имп/с на $7,2 \cdot 10^{-14}$ А/кг и порогами чувствительности интегрального канала — $23,8 \cdot 10^{-14}$ А/кг, уранового — $1,5 \cdot 10^{-4}$ %, ториевого — $3,0 \cdot 10^{-4}$ % и калиевого — 0,5% -В комплексе с автогамма-радиометрами использовались топопривязчики ГАЗ-69-ТМГ, с помощью которых прокладывались и

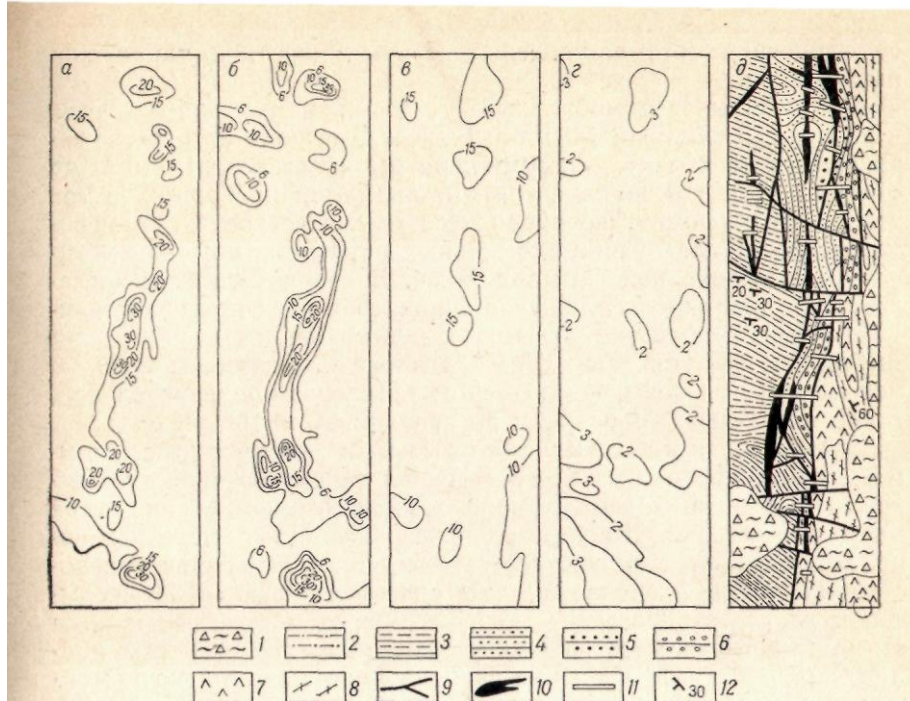


Рис. 3.4.3. Схема детальной наземной проверки участка аэрогамма-спектрометрической аномалии [3].

Схемы в изолиниях по данным автогамма-спектрометрической съёмки: а - интегральной интенсивности гамма-поля; б - концентрации урана (радия), 10⁻⁴%; в - концентрации тория. 10⁻⁴%; г - концентрации калия, %; д - схема геологического строения. 1 - суглинки; 2 - алевролиты; 3 - мелкозернистые песчаники; 4 - красноцветные средне- и крупнозернистые песчаники; 5 - гравелиты, конгломераты; 6 - туфогравелиты и туфо-конгломераты; 7 - порфириды; 8 - сланцы, гнейсы; 9 -разрывные нарушения; 10 - рудные зоны; 11 - каналы; 12 - элементы залегания пород

разбивались сети наблюдений, наносились на карту ориентиры и выполнялись топографические съёмки. В настоящее время используются GPS – приёмники и компьютерные технологии обработки полученной информации

Возможность применения автомобильных поисков ограничивается условиями проходимости местности.

Наиболее широким распространением пользуются площадные автогамма-съёмки масштаба 1:10 000, которыми покрываются перспективные площади порядка десятков квадратных километров. В соответствии с этим масштабом расстояния между смежными

маршрутами составляют 100м при оптимальной длине маршрутов около 2,5км. В благоприятных ландшафтных условиях успешно применяются автогамма-съёмки и более крупных масштабов (1:5 000—1:2 000). Маршруты прокладываются на местности с помощью GPS – приёмников и передвижных ориентиров.

Обнаруженные при съёмке аномальные повышения интенсивности гамма-излучения проверяются и детализируются путем повторных заездов на пониженных скоростях (до 5 км/ч) со сгущением сети наблюдений сериями коротких параллельных заездов.

Результаты автомобильных гамма-съёмок изображаются в виде карт изолиний гамма-активности, сечение которых в зависимости от характера гамма-поля выбирается от $14 \cdot 10^{-14}$ до $57 \cdot 10^{-14}$ А/кг. Проверка автогамма-аномалий проводится в три этапа. На первом этапе проводится геологическое и геоморфологическое обследование аномальных площадей, обычно в комплексе с пешеходной гамма-съёмкой. В результате этих исследований уточняются положение эпицентров и их пространственные связи с благоприятными структурами и комплексами пород. При наличии таких связей, а также если причины проявления аномалий неясны, они подвергаются сперва предварительной, а затем детальной проверкам по общепринятой методике.

Пешеходные гамма-съёмки и наземные гамма-спектрометрические наблюдения являются основными видами наземных поисков радиометрических аномалий и рудопроявлений. Широкая распространенность пешеходных поисков объясняется возможностью их применения в районах, недоступных для других видов радиометрических поисков работ, их высокой результативностью и низкой себестоимостью, возможностями тесной взаимосвязи радиометрических и геологических наблюдений, непрерывной оценки радиоактивности не только по маршруту, но и в прилегающей к нему зоне, а также оперативной детализации выявляемых аномалий. Если измерения проводятся по маршрутам, отстоящим друг от друга на расстояния, заведомо превышающие густоту точек фиксированных наблюдений, исследования называются маршрутными гамма-поисками. Если же расстояния между смежными маршрутами и фиксированными точками наблюдений по маршруту сопоставимы— применяется термин «гамма-съёмка». Обычно маршрутные гамма-поиски проводятся в мелких масштабах (от 1:200 000 до 1:25 000), а гамма-съёмки — в масштабах от 1:10 000 и крупнее.

Пешеходные гамма-поиски и гамма-съёмки проводятся в районах со сравнительно хорошей обнаженностью, в ландшафтных условиях,

способствующих формированию открытых ореолов рассеяния урана, когда представительный горизонт совпадает с дневной поверхностью или приближен к ней, располагаясь на глубине не более 0,3 м. Для проведения пешеходных поисков применяются портативные полевые сцинтилляционные радиометры СРП-2 «Кристалл» и СРП-68-01 – 03 и дозиметры ДГА. Наиболее благоприятны для проведения пешеходных поисков высокогорные и горные районы, где наряду с хорошей обнаженностью широко развиты механические ореолы рассеяния урана в виде каменных и глыбовых россыпей, а также умеренно-расчлененные районы с хорошей обнаженностью коренных пород и широким развитием рыхлых автохтонных отложений.

При проведении маршрутных гамма-поисков и гамма-съемок активность пород непрерывно прослушивается с помощью телефона радиометра и измеряется в фиксированных точках наблюдений. Маршруты ориентируются вкострости простирания рудовмещающих структур. Густота маршрутов и фиксированных точек наблюдений по маршруту зависит от масштаба поисков и от сложности геологического строения изучаемой территории. Привязка маршрутной сети наблюдений в масштабах до 1:25 000 включительно выполняется визуально с использованием аэрофотоосновы или инструментально, с помощью буссоли и GPS-приёмника. При гамма-съемках масштаба 1:10 000 и крупнее необходима разбивка магистралей и пикетажа с последующей их высокоточной инструментальной привязкой.

В районе выявленных аномалий сеть наблюдений сгущается. Параллельно основным маршрутам проходятся промежуточные профили с выходами в нормальное поле и по совокупности полученных данных производится предварительное определение площади аномалии.

Интерпретация результатов гамма-съемок существенно зависит от правильной оценки нормальных полей активности вмещающих пород.

Нижние пределы аномальных гамма-активностей (I_{α}) определяются для однородных площадей, сложенных породами одного состава. Обычно они оцениваются статистически, как

$$I_{\alpha} = I_0 + 3\sigma,$$

где I_0 — фоновое поле гамма-активности на площади развития данной породы; σ — среднее квадратическое отклонение фоновых значений гамма-поля для пород данного состава.

Результаты маршрутных гамма-поисков оформляются в виде графиков, а результаты гамма-съемок — в виде карт корреляционных графиков или карт гамма-полей, выполненных в масштабе съемки (рис. 3.4.4).

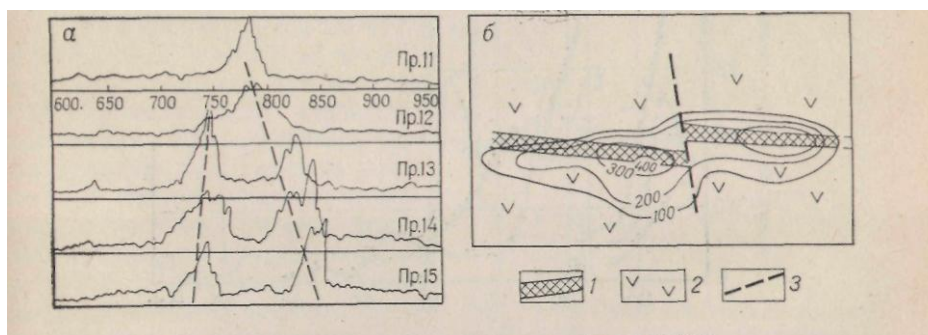


Рис. 3.4.4. Изображение результатов пешеходных гамма-поисков: а — карта корреляционных графиков; б — карточка гамма-аномалии в изолиниях интенсивности; 1-рудная зона; 2 — вмещающие породы; 3 — линия смещения

Наземные гамма-спектрометрические наблюдения применяются для оценки выявленных аномалий и выделения перспективных площадей. Они основаны на различии спектрального состава гамма-излучения радия, тория и радиоактивного калия.

Наземные гамма - спектрометрические наблюдения проводятся портативными радиометрами-анализаторами типа СП-3 и СП-3М, с помощью которых регистрируются не истинные, а аппаратные спектры, измененные за счёт взаимодействия гамма-квантов с веществом кристаллического счётчика (рис. 3.4.5). Задача сводится к определению скорости счета в трёх энергетических интервалах спектра гамма-излучения, в каждом

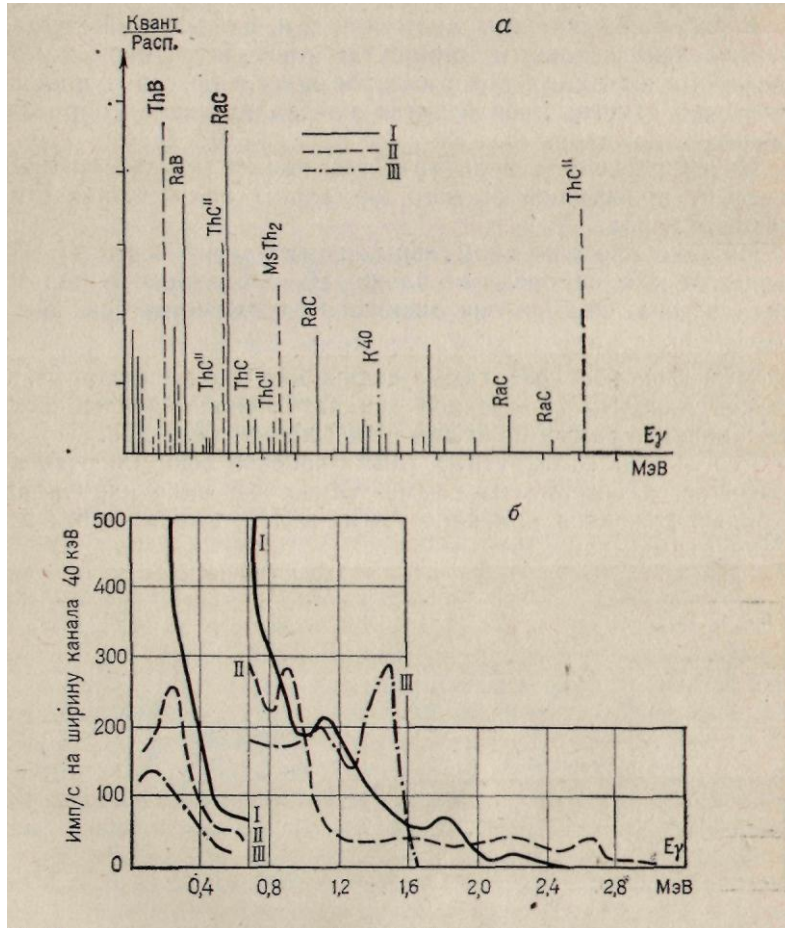


Рис. 3.4.5. Природные и аппаратные спектры гамма-излучения.

а — спектральный состав первичного гамма-излучения радиоактивных рядов урана (I), тория (II) и радиоактивного изотопа калия (III); б — аппаратные спектры гамма-излучения радиоактивных элементов (урана по радио — I, тория — II, калия — III)

из которых доли гамма-излучения одного из этих элементов являются наибольшими. Определение концентраций урана (радия), тория и калия производится путем сравнения замеренных интенсивностей гамма-излучения в каждом из участков спектра с их значениями, полученными на моделях. Порог чувствительности гамма-спектрометров зависит от времени измерений и содержаний радиоактивных элементов. Для СП-3 при суммарном времени измерения 15 мин он составляет для радия и тория $1 \cdot 10^{-4}\%$, а для калия $0,1\%$. Измерения можно производить, как в дифференциальном, так и в интегральном режимах. При проведении измерений в дифференциальном режиме диапазон измеряемого спектра составляет от 0,3 до 3,0 мэВ. Этот диапазон разбит на 60 ступеней, которые определяют уровень дискриминации прибора. В интегральном режиме прибор регистрирует гамма-излучение с энергией от 0,3 мэВ.

Количество замеров и сеть наблюдений зависят от геологической обстановки и параметров аномалий. Обычно каждая аномалия изучается несколькими профилями (не менее 3-х) по 10 точек наблюдений и более

на каждом профиле. Для выполнения гамма - спектрометрических наблюдений необходимо обеспечивать геометрические условия замеров — выход коренных пород площадью не менее 1 м^2 с ровной поверхностью и оптимальное время наблюдений. Время измерений зависит от типа радиометра-анализатора, содержаний радиоактивных элементов и требуемой точности. Так, например, для прибора СП-3АМ при изучении слабопроявленных аномалий оптимальные экспозиции в «калиевом» и «урановом» интервалах составляют 1,5—2,0, в «ториевом»—2—3 мин, а при изучении рудных аномалий сокращаются до одной минуты.

Результаты гамма - спектрометрических наблюдений оформляются в виде графиков содержаний радиоэлементов по профилям (рис. 3.4.6) или в виде планов (в изолиниях содержаний этих элементов).



Рис. 3.4.6. Гамма-спектрометрические профили на радиоактивной аномалии урано-радиевой природы. 1-четвертичные отложения; 2-мигматиты; 3- пегматоидные граниты
вскрытые эрозией ореолы, залегающие вокруг урановорудных скоплений в толщах вмещающих пород.

Глубинные радиометрические методы поисков применяются для поисков слабо проявленных, погребённых или скрытых радиационных или газовых ореолов. К числу погребённых относятся ореолы, ранее входившие на поверхность, а затем перекрытые плащами дальнепринесных рыхлых отложений или маломощными толщами осадочных пород. Скрытыми (слепыми) считаются не вскрытые эрозией ореолы, залегающие вокруг урановорудных скоплений в толщах вмещающих пород. Для вскрытия перечисленных ореолов используются различные технические средства — плуги, шпуровые скважины шнекового, колонкового или ударно-вращательного бурения.

Шпуровые гамма-поиски проводятся с помощью полевых радиометров (каротажный вариант — приборы типа СРП-2к с датчиком диаметром 32 мм, типа СРП-68-02-03 с датчиками соответственно 35 и 25мм или типа СРП-2 с датчиком ШГ-25 диаметром 25мм). Мелкие

шпуров глубиной от 0,6 до 0,8 м проходятся вручную (с помощью буров, ломиков или труб), а шпуров глубиной до нескольких метров — с помощью виброустановок, гидрозадавливателей и др.

Глубина шпуров в зависимости от положения представительного горизонта изменяется от долей метра до 1—2 м.

Интенсивность гамма-излучения измеряется в шпурах в направлении от устья к забою с интервалами в мелких шпурах через 10—20 см, а в глубоких шпурах через 0,5—1,0 м. По сравнению с наземными гамма-съёмками шпуровые съёмки обладают повышенной чувствительностью, так как телесный угол облучения датчика увеличивается в два раза.

Применение шпуровой гамма-съёмки наиболее эффективно в таежных и горно-таежных районах на площадях развития автономных ландшафтов с приповерхностным залеганием представительного горизонта, а также в районах развития маломощных (до 1 м) дальнепринесных отложений. Чаще всего шпуровая гамма-съёмка проводится в масштабе 1:10 000, при расстояниях между смежными маршрутами 100 м и между шпурами по маршруту 10—20 м. На площадях с глубоким залеганием представительного горизонта при мощностях дальнепринесных отложений порядка нескольких метров шпуровые съёмки проводятся только выборочно — для целей детализации аномалий.

Развитие мощных покровов ледниковых, аллювиальных, эоловых и других дальнепринесных отложений неблагоприятны для применения шпуровых съёмок. При мощности перекрывающих отложений до 3 м для целей радиометрических поисков вместо шпуров часто проходятся дудки диаметром 30 см с помощью агрегатов БКМ (бурильно-крановая машина, смонтированная на автомобилях ЗИЛ-164 или ГАЗ-53). Для каротажа дудок БКМ используются радиометры СРП-68-02 или СРП-2к.

Плужные гамма-съёмки проводятся на площадях, перекрытых маломощными эоловыми (лёссовидными) отложениями. С помощью плужного канавокопателя (плантажного плуга типа КМ-1400, заглубителя типа АГП-1,7 и др.) проходятся канавы глубиной 0,4—0,8 м и одновременно с проходкой канавы производится непрерывный замер гамма-излучения обнажаемого горизонта пород. Для целей плужных гамма-поисков используются автомобильные радиометры типа РА-69 или сцинтилляционные радиометры РТС с непрерывной записью. Пульт управления радиометра с самописцем размещается в кабине трактора. Результаты шпуровых и плужных гамма-съёмок выражаются линиями изогамм на разрезах или планах соответствующих масштабов.

Эманационный метод поисков основан на выявлении ореолов

радиоактивных эманации в почвенном воздухе. Сущность эманационных поисков заключается в отборе проб почвенного воздуха из рыхлых отложений и измерении концентраций в них радона, торона и, значительно реже, актинона. Эманационные поиски выполняются с помощью сцинтилляционных полевых эманометров ЭМ-6 (в модернизированном варианте «Радон»). В зависимости от масштаба эманационной съёмки (от 1:10 000 до 1:2 000) расстояния между профилями составляют от 100 до 20 м при расстояниях между точками наблюдений 5—10 м.

Проведение работ сводится к бурению шпуров глубиной 0,6—0,8 м, отбору из них проб почвенного воздуха и определению содержаний радона и торона (по измерениям с экспозициями одна и пять минут). Величина ионизационного тока, измеренная за первую минуту, характеризует суммарный ионизационный эффект от радона и торона. Через пять минут после отбора пробы торон практически полностью распадается и, следовательно, второе измерение характеризует концентрацию радона.

Для уточнения природы радоновых аномалий и оценки их перспективности в шпурах с максимальным содержанием радона иногда проводятся исследования по определению концентрации в них актинона (дочернего продукта распада ^{235}U). Вследствие весьма короткого периода полураспада актинона измерение его концентрации производится по специальной методике в струе проходящего воздуха. Повышенные концентрации актинона свидетельствуют о близости ^{235}U , который в отличие от ^{238}U проявляет себя в зоне гипергенеза как весьма инертный элемент и, следовательно, его присутствие однозначно свидетельствует об урановой природе данной аномалии.

Результаты эманационных поисков отражаются в виде графиков или карт в масштабах выполненных работ.

Разновидностью эманационных поисков является эманационно-трековая методика поисков урановых месторождений (ЭТМ), основанная на подсчетах числа альфа-треков (следов, фиксирующих пути пробега альфа-частиц) на специальных диэлектрических плёнках. Методика сводится к тому, что в шпуры глубиной 0,6—0,9 м закладываются перфорированные чашечки с пластмассовой диэлектрической пленкой, чувствительной к альфа-излучению, и выдерживаются в них в течение нескольких недель. Альфа-частицы, испускаемые радоном, проникают через пластмассу, вызывая при этом разрушение пленки. После облучения пленки подвергаются химическому травлению, а число альфа-треков (в виде микроскопических бороздок) подсчитывается под микроскопом.

Концентрация радона в почвенном воздухе оценивается по числу альфа-треков на квадратный миллиметр. При экспозиции в шпурах около одного месяца фоновая плотность треков составляет от 30 до 150 бороздок на квадратный миллиметр. Аномальными считаются пленки с трехкратным превышением над фоном, при возможном диапазоне измерений от 10 до 100 000 треков на квадратный миллиметр.

ЭТМ отличается повышенной чувствительностью и весьма малыми погрешностями измерений, в связи с тем что на их результаты не оказывают влияния суточные вариации содержания радона в почвенном воздухе, которые могут достигать десятикратных значений. Поэтому глубинность метода значительно увеличивается, превышая на порядок глубинность обычной эманационной съемки.

В последние годы в практику поисковых работ внедряются термолюминесцентные исследования.

Термолюминесцентные исследования. Метод термолюминесценции основан на испускании света при нагревании предварительно облученного органического или неорганического кристалла, называемого термолюминофором. При поглощении энергии излучения как центрами люминесценции, так и основным веществом люминофора, появляются свободные электроны, захватываемые электронными ловушками, а центры люминесценции ионизируются. Этот процесс называется запасанием светосуммы. Освобождение электронов из ловушек при нагревании кристалла приводит к рекомбинации свободных электронов с дырками на центрах люминесценции. Энергия, выделившаяся при рекомбинации, переводит центр в возбужденное состояние, и при обратном переходе возникает термолюминесценция.

Температура максимума термолюминесценции прямо пропорциональна глубине уровней захвата; последняя величина определяет сохранность запасенной светосуммы, определяемой по площади под кривой термовысвечивания. Величина светосуммы является основной дозиметрической характеристикой термолюминофора. Она прямо пропорциональна поглощенной дозе, поскольку характеризует общее количество носителей заряда в ловушке.

Существует два варианта термолюминесцентных исследований:

1) Термолюминесцентная радиометрия с использованием искусственных термолюминесцентных детекторов (ТЛД). В 70-х годах зарегистрирован патент геофизиков США (№ 4053772, 1977 г) и Франции (№ 2362405, 1978 г) на применение этого метода для обнаружения повышенных содержаний эманаций почв при поисках

урановых руд. Термолюминесцентная радиометрия при поисках глубоко погребенных радиоактивных руд с успехом применялась в Китае [42].

Основными преимуществами термолюминесцентной радиометрической съемки (ТЛРС) с использованием ТЛД являются – высокая чувствительность, интегральный, накопительный характер информации, регистрация радиоактивности в широком энергетическом спектре от α , β , и γ излучателей. С одной стороны термолюминесцентные детекторы позволяют сглаживать естественные вариации радона, связанные с температурой, влажностью и давлением, с другой стороны они уверенно регистрируют радиоактивное излучение от продуктов распада радиоактивного газа и в частности главного гамма-излучателя в ряду распада $^{238}\text{U} - ^{214}\text{Bi}$.

Мировой опыт и результаты, полученные нами при радиогеохимических поисках месторождений нефти и газа, демонстрируют, что самые высокие требования должны предъявляться к применяемым к ТЛД. В настоящее время разработан ряд радиотермолуминофоров на основе LiF , CaF_2 , Al_2O_3 , CaSO_4 , MgB_4O_7 и др. Наиболее широкое распространения получили детекторы на основе LiF . Специальными опытно-методическими работами, проведенными нами с целью оценки эффективности ТЛРС в нефтегазоносных районах, было выявлено, что из опробованных ТЛД (ТЛД-К (SiO_2), ДТГ-4 ($\text{LiF}(\text{Mg},\text{Ti})$), GR-200 ($\text{LiF}(\text{Mg},\text{Cu},\text{P})$), ТЛД-500К ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$), $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$)

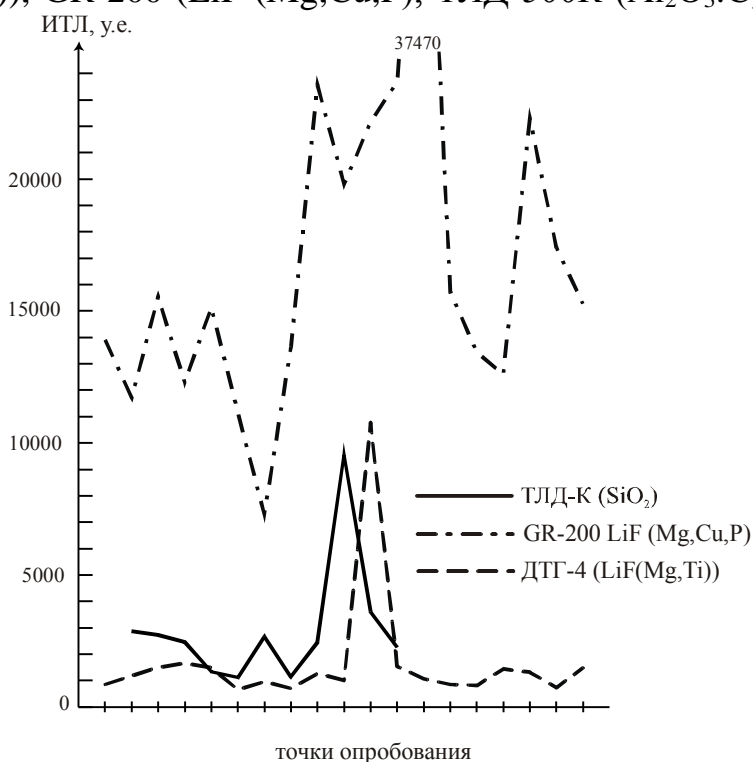


Рис. 3.4.7. Сопоставление интенсивности термолюминесценции (ИТЛ) некоторых типов термолюминесцентных детекторов (по Л.П. Рихванову, И. С. Соболеву)

наиболее подходящими являются производимые в Китае - поликристаллические термолюминесцентные детекторы GR-200 и разработанные в Уральском государственном техническом университете – монокристаллы анионодефектного $Al_2O_3:C$ (ТЛД-500К). По своим техническим характеристикам они заметно превосходят известные нам термолюминесцентные детекторы (рис. 1).

2) Термостимулированная люминесценция почв и грунтов базируется на широком распространении в осадочных породах природных термолуминофоров (кварц, алюмосиликаты, карбонаты, флюорит и др.), регистрирующих радиоактивное воздействие на протяжении длительного времени в геологическом масштабе.

В 80-х годах XX столетия в рамках общеевропейской программы при поддержке С.О.Г.Е.М.А. были проведены исследования по оценке эффективности термостимулированной люминесценции пород при поисках гидрогенных месторождений урана. Результаты этих работ показали, что данный метод может с успехом использоваться как при рекогносцировки территорий, для оптимизации мест заложения скважин, так и при проведении поискового бурения с целью локализации рудных залежей (термолюминесцентные ореолы распространяются на значительное расстояние от урановых залежей) и картирования путей древних потоков миграции ураноносных вод.

Поиски по термолюминесцентным ореолам в породах над погребенными месторождениями урана типа структурно-стратиграфических несогласий проводились в Австралии, где также были получены положительные результаты.

С положительной стороны методика зарекомендовала при поисках нефтегазоносных месторождений.

Сочетание двух видов термолюминесцентной съёмки

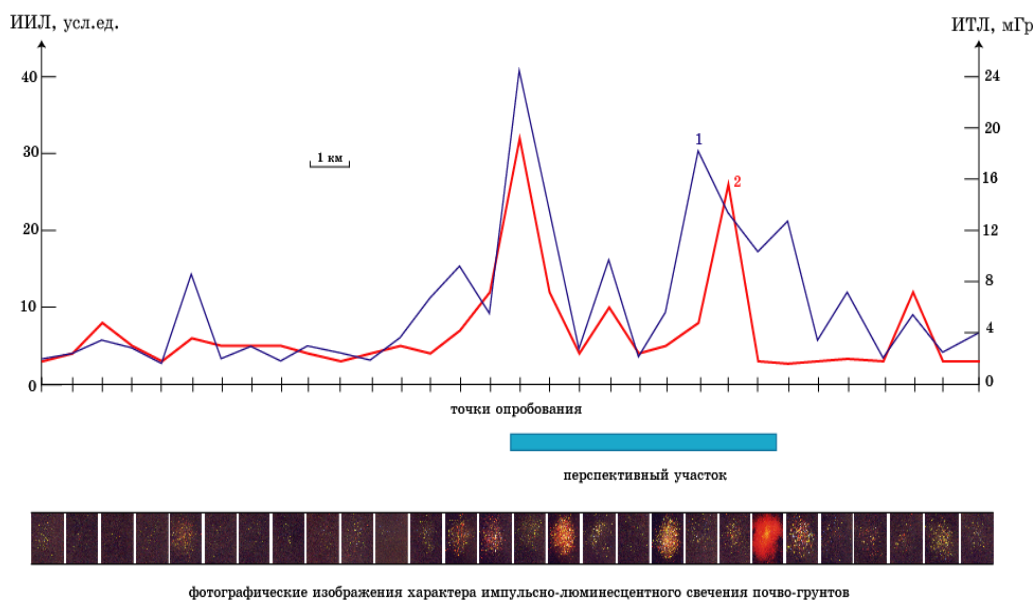


Рис.3.4.8. Характер изменения интенсивности термолюминесценции и импульсной люминесценции (по Л.П. Рихванову, И. С. Соболеву)

целесообразно для получения информации о современном поступлении радиоактивных элементов (с использованием ТЛД), а также для относительной оценки долговременного в геологическом масштабе воздействия радиоактивности на минеральные компоненты пород, особенно в периоды с благоприятными для миграции радона палеоклиматическими условиями.

Геолого-радиометрические исследования. Гамма-радиометрическая съемка носит вспомогательный характер при проведении термолюминесцентных радиометрических исследований. Радиогеохимическое картирование на нефтегазоносных площадях показало, что вариации радиоактивного фона связанные с особенностями литологического и минерального состава опробуемых пород могут достигать заметных величин и осложнять выделение слабо проявленных эпигенетических аномалий. Измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на точках установки ТЛД дают информацию о радиоактивности пород, определяемой прибором за короткий промежуток времени (2.5 и 5 сек.) и как показывает опыт слабо интенсивные радиоактивные аномалии, уверенно фиксируемые ТЛД, в гамма - радиометрических полях не заметны.

В большей степени характер изменения МЭД по площади отражает литологический и стратиграфический состав терригенных отложений верхней части разреза. Чтобы снизить влияние этой компоненты на интенсивность термолюминесценции (ИТЛ) детекторов осуществляется не сложная процедура нормирования полученных значений ИТЛ по МЭД. Во всех случаях этот прием позволял усилить контрастность термолюминесцентных аномалий, а на территориях со сложным литологическим и стратиграфическим строением поверхностных образований проводить их разбраковку по степени перспективности.

Гамма - спектрометрические исследования. Обработка данных по уровню накопления U(Ra), Th, K, полученных методами полевой гамма – спектрометрии позволяет достаточно надёжно выявлять месторождения палеодолинного типа по нарушениям взаимных корреляций. По результатам обработки гамма – спектрометрии достаточно чётко фиксируется поля Малиновского, Тыштымского месторождений, месторождения Витимского урановорудного района, перспективные нефтегазоносные площади.

Радиометрические поиски агрегатами шнекового и колонкового бурения проводятся для выявления погребённых и скрытых

радиационных и газовых ореолов рассеяния, залегающих на глубинах более 5 м от дневной поверхности. При мощностях рыхлых отложений до 20 м для бурения скважин используются агрегаты шнекового бурения: БС-3А и УГБ-50-А соответственно на базе автомобилей ГАЗ-63 и ГАЗ-66, а при мощностях рыхлых отложений или перекрывающих пород более 20 м — самоходные буровые установки типа СБУД-150-ЗИВ и др. Для проведения гамма-каротажа скважин применяются радиометры СРП-2к (до 20—25 м), СРП-68-02 (до 60 м), переносные сцинтилляционные каротажные радиометры ПРКС-2 («Виток») и «Агат-69». Каротажный сцинтилляционный радиометр ПРКС-2 «Виток» предназначен для гамма-каротажа буровых скважин глубиной до 120 — 150 м и диаметром свыше 45 мм. Он оборудован скважинными приборами диаметрами 28 и 36 мм для каротажа скважин глубиной до 300 м. Каротажный радиометр «Зонд-1» предназначен для проведения поискового (и разведочного), литологического и плотностного каротажа. Он имеет пять поддиапазонов измерений с автономными интеграторами и обеспечивает возможность измерений в скважинах с диаметрами 25 и 38 мм до глубины 1000 м.

Радиометрические методы могут с успехом применяться при поисках редкометалльных пегматитов, карбонатитов, гранитов, альбититов и россыпей, поскольку некоторые редкометалльные минералы содержат примеси радиоактивных элементов. На многих месторождениях редких металлов повышенная радиоактивность обусловлена наличием урана и тория в составе пирохлора. Для выявления корреляционных зависимостей между ниобием, танталом, ураном и торием необходимо знать различия в составе пирохлоров. Так, например, на месторождениях редкометалльных карбонатитов радиоактивность пирохлоров вызвана наличием в нём урана, торий же отмечается в малых количествах, а в редкометалльных альбититах пирохлор содержит только торий.

Природа радиоактивности редкометалльных рудных образований может быть выяснена с помощью гамма-спектрометрических измерений или эманационной съёмки.

Данные радиометрии широко используются и при геологическом картировании. Они способствуют разделению интрузивных массивов, выявлению даек щелочных пород, пегматитов и зон метасоматических изменений вмещающих пород.

Геохимические методы поисков

Геохимические методы поисков основаны на выявлении и оценке локальных аномалий элементов-индикаторов в виде геохимических ореолов урана, редких элементов и их элементов-спутников в коренных

породах, рыхлых отложениях, природных водах и растениях. В зависимости от этого различают: литогеохимические, радиогидрогеохимические, биогеохимические и атмохимические методы поисков.

Все геохимические методы сводятся, в конечном итоге, к опробованию объектов исследования по выбранной сети, анализам проб на главные и сопутствующие элементы и интерпретации полученных результатов для оценки перспективности выявляемых аномалий.

Наибольшим распространением пользуются литогеохимические методы поисков. В зависимости от природных условий, целей и задач литохимические поиски проводятся по первичным (гипогенным), вторичным (гипергенным) ореолам или по потокам рассеяния элементов-индикаторов.

Поиски по первичным ореолам заключаются в выявлении повышенных концентраций редких, радиоактивных элементов и их спутников в коренных рудовмещающих породах и в изучении закономерностей их пространственного размещения по данным сплошного геохимического опробования горных выработок и скважин.

Отбор проб производится по линиям, ориентированным вкрест простирания рудовмещающих структур, чаще всего способом «пунктирной борозды». Обычно длины интервалов по однородным породам составляют 5 м. Густота наблюдений зависит от целей и задач проводимых геологоразведочных работ и, как правило, определяется геометрией поисковой или разведочной сети. С каждого погонного метра в пробу отбирается несколько мелких сколков по 3—4 см² в поперечнике.

Определение содержаний большинства элементов-индикаторов уранового и редкометалльного оруденения: молибдена, свинца, цинка, меди, ванадия, никеля, кобальта, мышьяка, серебра, бериллия, циркония, ниобия и других выполняется методами приближённо-количественного анализа, чаще всего по способу просыпки. Для оценки содержаний урана, лития, тантала, рубидия, цезия, ртути и золота необходимо применение специальных методов анализов, поскольку приближённо-количественный спектральный метод не обеспечивает в этих случаях удовлетворительных результатов.

Валовые количества, урана и тория в пробах могут быть установлены рентгеноспектральными анализами на установках ФРС-2 или ФРА-4, лабораторными радиометрическими или более чувствительными нейтронно-активационными и ISP методами. Для целей поисков урановых месторождений в геохимических пробах часто определяется содержание не валового, а подвижного урана. Для этого

используются методы количественного перлово-люминесцентного анализа на люминесцентных фотометрах типа ЛЮФ-55 или приборах типа ФАС-1, с предварительным выщелачиванием урана из проб.

Выявление и оконтуривание первичных ореолов производится по результатам анализов геохимических проб по общепринятой методике, основанной на сравнении геохимических параметров изучаемых участков с параметрами фонового распределения элементов. За величину «фоновое» содержания обычно принимается среднее арифметическое или медианное содержание из всей выборки проб, расположенных в пределах данной петрографической (литологической) разновидности неизмененных вмещающих пород.

Значения минимально-аномальных содержаний определяются действующей инструкцией [45] по формуле

$$C_a \geq C_\phi \varepsilon^3 / \sqrt{m},$$

где C_a — минимально-аномальное содержание элемента; C_ϕ — фоновое содержание; $\varepsilon = \text{ant lg } S_{lg}$ (где S_{lg} — среднеквадратическое отклонение логарифмов содержаний; $m \geq 9$ — число смежных точек (проб) с содержаниями элемента выше $C_\phi \varepsilon$). В сложных случаях для выделения слабых локальных аномалий могут быть использованы методы тренд-анализа.

Оконтуривание первичных ореолов урана и его спутников производится на планах и в разрезах по значениям минимально-аномальных содержаний. Установлено, что для большинства месторождений убывание концентраций рудных элементов по мере удаления от рудных скоплений происходит по экспоненциальному закону. Поэтому графики их размещения вокруг рудных тел, построенные в полулогарифмической системе координат близки к прямым линиям. Однако эта закономерность вуалируется неравномерным характером распределения рудных элементов в ореолах и выявляется только после соответствующего сглаживания.

Из графика на рис. 3.4.9 следует, что ширина ореола прямо пропорциональна логарифму концентрации элемента в рудном теле и находится в обратной зависимости от величины его минимального аномального содержания «а» в ореоле и угла, образованного линией графика с осью абсцисс (α). Значение тангенса угла принято называть градиентом концентрации элемента в поперечном сечении первичного ореола.

Градиент концентрации является функцией многих переменных. На его величину влияют химические свойства элемента, физико-механические свойства вмещающих пород и многие другие факторы.

Поэтому значение градиента концентрации любого элемента непостоянно даже в пределах одного месторождения.

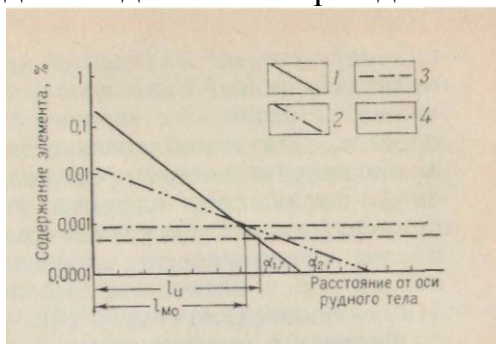


Рис. 3.4.9. График распределения урана и молибдена вокруг рудного тела.

1 — содержание урана; 2 — содержание молибдена; 3 — минимальное аномальное содержание урана в ореоле; 4 — минимальное аномальное содержание молибдена в ореоле; α_1 — угол, определяющий градиент концентрации урана в ореоле; α_2 — угол, определяющий градиент концентрации молибдена в ореоле; l_u — половина ширины эндогенного ореола урана; l_{Mo} — половина ширины эндогенного ореола молибдена

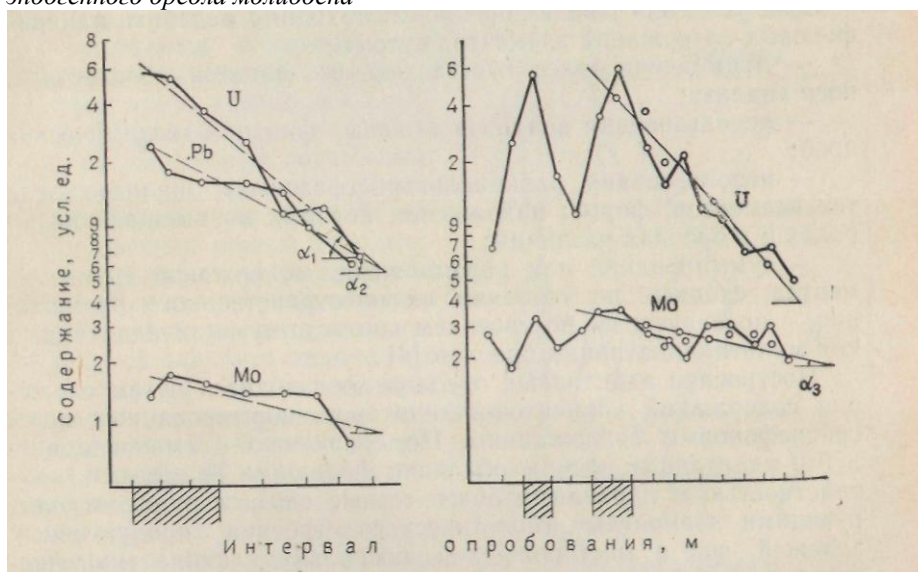


Рис. 3.4.10. Эмпирические и сглаженные графики распределения элементов вокруг рудных тел [45]

В то же время соотношения градиентов концентраций определенных элементов-индикаторов остаются постоянными, что может быть использовано для характеристики подвижности различных элементов при формировании первичных ореолов. Для этого значение минимального из градиентов условно приравнивается к единице, а значения остальных градиентов выражаются цифрами относительно единицы. Так, например, для месторождений ураноносных березитов был установлен следующий ряд значений относительных градиентов концентрации элементов: молибден (1)—цинк (1,5) — медь (1,8) — свинец (2,1) — уран (3).

Величины относительных градиентов концентраций ($K_{отн}$) зависят в основном от химических свойств самих элементов-индикаторов, а их значения могут быть использованы для расчёта показателей рассеяния элемента-индикатора (X) вокруг рудных залежей по формуле

$$X = \frac{\ln \frac{C_p}{a}}{K_{отн}}$$

где C_p — концентрация элемента в рудном теле;
 a — минимальное его содержание в ореоле.

Величину, обратную градиенту концентрации $\frac{1}{tg \alpha} = \frac{1}{\lambda}$, А.П.

Соловов [45] предложил использовать для количественной характеристики миграционной способности элемента.

Для усиления слабых ореолов необходимо ослабить влияние фоновых содержаний элементов путем:

-применения более чувствительных методов количественного анализа;

-использования анализов тяжёлых фракций геохимических проб;

-использования рациональных (фазовых) анализов для тех элементов, формы нахождения которых во вмещающих породах и в ореолах различны;

-суммирования или перемножения содержаний групп элементов, сходных по условиям их пространственного размещения, с последующим построением соответствующих **аддитивных или мультипликативных ореолов** [45].

Построение аддитивных ореолов производится путём сложения содержаний элементов-индикаторов, нормированных по их среднефоновым содержаниям. По сравнению с моноэлементными аддитивные ореолы обладают большими размерами, контрастностью и проявляют более тесные связи с рудоконтролирующими элементами геологического строения продуктивных залежей, зон и месторождений, поскольку влияние многочисленных случайных погрешностей при сложении содержаний нивелируется. Мультипликативные ореолы получаются путем перемножения содержаний элементов-индикаторов в каждой пробе, причём необходимость их предварительного нормирования по фоновым содержаниям отпадает. Контрастность мультипликативных ореолов проявляется еще более резко, а их размеры могут быть ещё большими по сравнению с аддитивными.

Для целей интерпретации результатов поисков по первичным ореолам первостепенное значение имеет расшифровка зональности их

строения, обусловленной закономерным пространственным размещением элементов-индикаторов.

Наиболее отчётливо зональность ореолов проявляется в месторождениях ураноносных березитов, калиевых метасоматитов, натровых метасоматитов и аргиллизитов, а также в редкометалльных метасоматических месторождениях. В рядах зональности урановых месторождений в зависимости от минерального состава руд встречаются практически все элементы-индикаторы эндогенных рудных месторождений, среди которых главным распространением пользуются Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, U, реже As, Au, Ni, Co, V, Be. Типоморфными элементами многих пегматитовых и метасоматических месторождений редких металлов являются Li, Rb, Cs, F, P, Zr, Nb, Sn, Be и W.

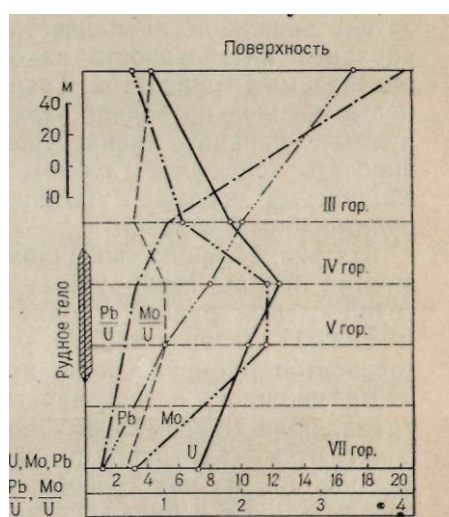


Рис. 3.4.11. Графики изменения с глубиной средних содержаний элементов и их соотношений в ореолах [12]

На рис. 3.4.12 приведены графики изменений содержаний урана, молибдена и свинца в первичном ореоле урановорудной залежи. В надрудной части развиты интенсивные ореолы всех трех элементов и особенно свинца. Ниже рудной залежи заметно проявлен только ореол урана. Осевая (вертикальная) зональность может быть проиллюстрирована не только графиками изменения средних содержаний элементов с глубиной, но и графиками изменения их соотношений или изменения линейных продуктивностей ореолов (произведения ширины ореола на среднее содержание элемента на данном горизонте). Для количественной характеристики осевой зональности используется коэффициент контрастности, представляющий собой отношение содержаний элемента-индикатора и линейных продуктивностей ореола в его надрудной и под-рудной

частях. В качестве примера в табл. 17 приведены значения линейных продуктивностей ореолов и коэффициента контрастности осевой зональности по одному из урановых месторождений.

Таблица 3.4.1

Значения линейной продуктивности (метропроценты) и коэффициента контрастности осевой зональности ореолов

Показатель	Элементы индикаторы			
	U	Cu	Zn	Pb
Линейная продуктивность на: поверхности	0,3	1,2	3,0	12,0
Линейная продуктивность на: V горизонте	0,45	1,3	1,6	5,0
Линейная продуктивность на: VII горизонте	0,5	0,7	0,2	0,26
Коэффициент контрастности	0,6	1,7	15,0	46,0

В ряду, расположенном по возрастанию коэффициента контрастности: уран (0,6)—медь (1,7)—цинк (15,0)—свинец (46,0), наиболее надежные индикаторные отношения для оценки уровня эрозионного среза ореола могут быть получены для пары элементов, наиболее удаленных друг от друга. В рассмотренном примере эта пара свинец—уран.

Если характер изменения продуктивностей ореолов по вертикали не отличается монотонностью, использование коэффициента контрастности не обеспечивает получения однозначных результатов. В таких случаях рекомендуется рассчитывать показатели зональности элементов-индикаторов как отношения продуктивностей ореолов всех остальных элементов-индикаторов, нормированных по их среднефоновым содержаниям. Показатель зональности количественно отражает в относительных единицах интенсивность накопления элемента на каждом из оцениваемых горизонтов. Таким образом, знание осевой зональности ореолов позволяет отличать надрудные их части от подрудных, оценивать уровни эрозионных срезов ореолов и прогнозировать вероятные глубины их распространения, а при благоприятных уровнях эрозионных срезов — выявлять слепые рудные зоны и залежи.

На рис. 3.4.12 изображены первичные ореолы пяти рудных элементов, развитые вокруг двух групп слепых рудных скоплений; верхней (горизонты II—III) и нижней (горизонты VI—VII). Рудные скопления нижних горизонтов и окружающие их ореолы урана

обладают большими шириной, интенсивностью и размерами. В отличие от урана, поля максимальных концентраций свинца и цинка располагаются над группами урановорудных скоплений, образуя над каждой из них своеобразные «шапки» ореолов. При этом ореолы свинца и цинка, связанные с верхней группой урановорудных скоплений, отличаются от нижних более крупными размерами и интенсивностью, несмотря на то что группы верхних урановорудных скоплений меньше и беднее нижних. Это

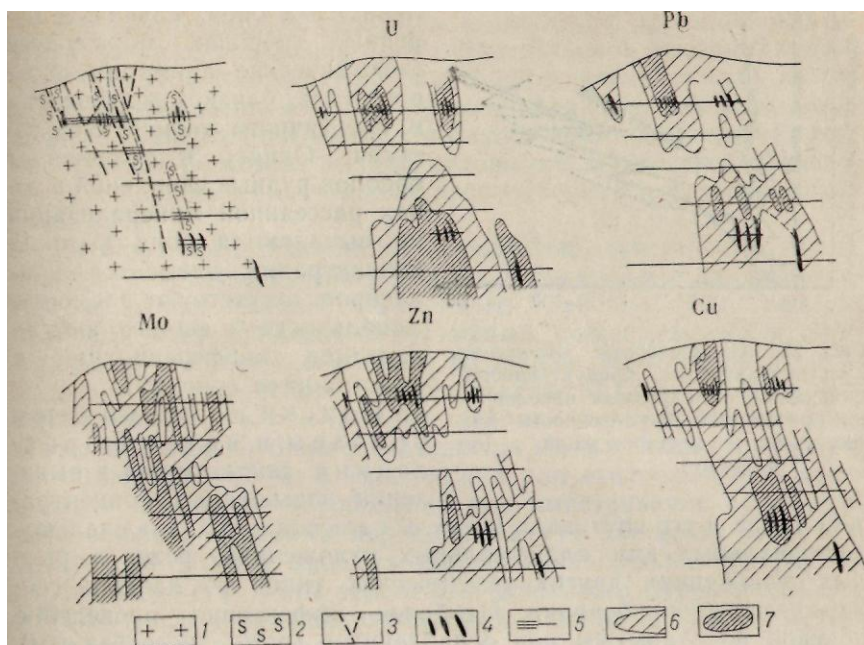


Рис. 3.4.12. Первичные ореолы вокруг скрытых урановых рудных тел [4].

1 — лейкократовые граниты; 2 — зоны грейзенизации; 3 — трещины; 4 — рудные тела; 5 — опробованные горные выработки и скважины; 6—7 — первичные ореолы: первое (5) и второе (7) аномальные поля

свидетельствует о том, что наряду с зональностью ореолов, развитых вокруг каждой из групп, существует зональность месторождения в целом, которая проявляется большей интенсивностью ореолов надрудных элементов на более высоких гипсометрических уровнях.

Целью интерпретации геохимических аномалий, выявленных в коренных породах, в конечном счете, является оценка перспектив рудоносности данного участка земной коры, которая включает в себя решение следующих оценочных и прогнозных задач:

- разделение первичных ореолов промышленно ценных рудных залежей и зон рассеянной минерализации;
- оценка рудопроявлений и вероятных запасов руд в пределах участков развития первичных ореолов;
- прогноз слепого оруденения и оценка глубинности поисков слепого оруденения по первичным ореолам.

Методические подходы к решению первой задачи разработаны [45] на примерах рудных месторождений цветных, редких и радиоактивных металлов. Им установлено, что в обоих случаях в коренных породах образуются геохимические аномалии сходного типа, близкой морфологии и идентичного элементного состава. Однако в отличие от ореолов рудных скоплений в зонах рассеянной минерализации не выявляются поля высоких концентраций элементов-индикаторов, отсутствуют элементы зональности и сколько-нибудь заметная дифференциация в пространстве (рис. 3.4.13).

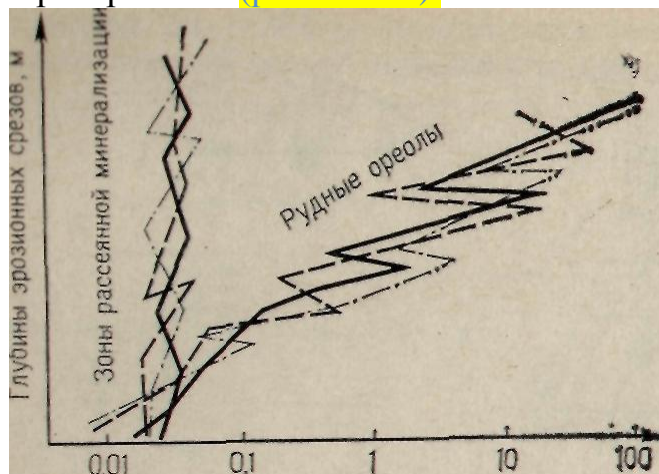


Рис. 3.4.13. Индикаторные отношения мультипликативных продуктивностей надрудных и подрудных ореолов и зон рассеянной вкрапленности для нескольких месторождений (по С. В. Григоряну)

Поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния заключаются в выявлении повышенных концентраций урана и его спутников в рыхлых элювиальных, элювиально-делювиальных или аллювиальных отложениях, реже в рыхлых отложениях других генетических типов по данным геохимического опробования. Наиболее эффективно проведение поисков по открытым или ослабленным (реже погребенным) остаточным ореолам, а на ранних стадиях поисково-съемочных работ — по потокам рассеяния урана и его спутников.

Поиски месторождений и их участков по ореолам рассеяния урана и редких элементов в корах выветривания, элювиально-делювиальных отложениях или в почвах проводятся в масштабах 1:10 000 и крупнее. Опробованию подвергается мелкая песчано-глинистая фракция рыхлых отложений. Эффективность поисков в значительной степени зависит от правильности выбора представительного горизонта отбора проб и от их фракционного состава, поскольку ими определяется представительность получаемой информации о распределении элементов-индикаторов в опробуемых рыхлых отложениях. Поэтому широкому применению метода обычно предшествуют работы по выявлению специфических особенностей ореолов рассеяния редких и радиоактивных элементов в

данном районе. Этими работами устанавливаются:

- характер развития вторичных ореолов по вертикали с выявлением оптимальных глубин представительных горизонтов в рыхлых отложениях различных типов;

- распределение элементов-индикаторов по фракциям ситового анализа проб;

- значения местных фоновых и аномальных концентраций элементов-индикаторов и их спутников;

- морфологические особенности и элементы зональности вторичных ореолов Массы отбираемых проб в зависимости от фракционного состава рыхлых отложений могут изменяться в пределах от 50 до 200г. При поисках урановых месторождений массы возрастают с увеличением долей крупной фракции, так как повышенные концентрации урана и его спутников преобладают в тонких илистых фракциях рыхлых отложений. Отбор проб производится с помощью специальных пробоотборников или из мелких закопущек.

Глубины представительных горизонтов зависят от объектов поисков, генетических типов рыхлых отложений и от ландшафтно-географических условий изучаемого района. При поисках урановых месторождений в пустынных, полупустынных и степных зонах с сухим климатом и щелочной реакцией почв оптимальные глубины отбора проб составляют 0,1—0,2 м. В лесных заболоченных и горно-таежных районах с кислыми подзолистыми почвами глубины залегания представительных горизонтов достигают 0,5—1,5 м, в тропических или субтропических условиях, а также при опробовании кор выветривания (структурного элювия) коренных пород, они могут достигать 3—5 м и более. Для отбора проб из погребенных ореолов проходятся специальные скважины агрегатами шнекового бурения (БС-3А, УГП-50А и др.) бурильно-крановыми машинами (БКМ) и другими техническими средствами.

Металлометрические съёмки выполняются обычно по системам профилей, ориентированных вкрест простирания рудоносных структур. Расстояние между профилями принимается равным не более 0,9 предполагаемой средней длины ореола, а расстояние между точками отбора проб по профилям — не более половины его предполагаемой средней ширины. В зависимости от масштабов поисковых работ рекомендуются следующие примерные размеры сетей опробования:

- для масштаба 1:10 000—100 X (20-10)м,

- для масштаба 1:5000 —50 X (20-10)м,

- для масштаба 1 : 2 000 — 20 X (1-5)м.

Первичная обработка проб заключается в их регистрации, сушке и

ситовом анализе для выделения одной или нескольких подлежащих анализу фракций. Выделенные фракции истираются до состояния пудры (150—200 меш) и подвергаются количественному перлювлюминесцентному анализу на содержание подвижного урана, рентгеноспектральному анализу на уран, торий и приближенно-количественному анализу на редкие элементы и элементы-спутники.

Геохимические карты вторичных ореолов редких, радиоактивных металлов и их спутников составляются в масштабах геологической основы. Концентрации элементов-индикаторов выражаются в изолиниях, а оконтуривание ореолов производится по минимально-аномальным содержаниям, часто для различных уровней значимости стандартного отклонения логарифмов и содержаний (например, для 5% или 1% уровней значимости).

Оценка перспективности вторичных остаточных ореолов возможна с использованием некоторых приёмов, эффективных при оценке первичных ореолов. По сравнению с первичными вторичные остаточные ореолы обладают увеличенными размерами и отличаются несколько более равномерным распределением элементов-индикаторов. Поэтому оценка уровней прогнозных срезов и перспективности первичных геохимических аномалий возможна по результатам изучения вторичных остаточных ореолов, в частности, по индикаторным отношениям в них мультипликативных надрудных и подрудных элементов. При этом, однако, необходимо учитывать возможное влияние комплекса геологических, геохимических и ландшафтно-географических факторов, так как ни продуктивность, ни контрастность, ни размеры остаточных ореолов, взятые отдельно, не могут служить однозначным критерием для оценки их перспективности.

Поиски по потокам рассеяния эффективны только для урана и его элементов-спутников. Потоки рассеяния урана в донных осадках постоянно и временно действующих водотоков могут рассматриваться как внешние зоны вторичных урановых ореолов, примыкающие к ним своими головными частями.

Полевые работы заключаются в отборе проб илистых русловых отложений или песчано-глинистых фракций аллювиальных и пролювиальных отложений, часто обогащенных органическим веществом. При отсутствии подобного материала в русловых отложениях опробуются пойменные образования и верхние кромки заболоченных речных долин, рыхлые илисто-глинистые отложения временных водотоков, а при слабо развитой гидросети — сходные по составу рыхлые отложения нижних частей склонов долин.

Пробы массой 50—100г отбираются непосредственно с

поверхности или с глубины 15—20 см. Густота маршрутов и длина шага опробования зависят от масштабов съёмок и степени разветвленности гидросети. При мелкомасштабных съёмках длина шага опробования составляет 300—500 м, а с укрупнением масштабов уменьшается до 100—200 м.

Обобщение международного опыта проведения съёмок донных осадков свидетельствует о том, что при плотности опробования 1 проба на квадратный километр обеспечивает выявление всех потоков рассеяния, связанных с рудными полями месторождений крупного и среднего масштабов.

Анализ проб на содержание подвижного урана производится количественным перлюво-люминесцентным методом на фотоэлектрических флуориметрах-абсорбциометрах типа ФАС-2 или ФАС-4, а на остальные элементы — приближённо-количественным спектральным методом. В настоящее время всё большее значение приобретают нейтронно-активационный и ИСР методы. Состав элементов-индикаторов урана в потоках рассеяния зависит от состава первичных руд и ореолов, а также от особенностей их гипергенной миграции в различных ландшафтно-геохимических обстановках. Наибольшей протяжённостью в ландшафтных условиях гумидной зоны отличаются потоки рассеяния меди, молибдена, цинка и некоторых других элементов, легко мигрирующих в формах истинных или коллоидных растворов.

Обработка материалов съёмок донных осадков заключается в составлении сводной карты, оценке величины геохимического фона и выделении аномалий. Наиболее перспективными считаются аномалии, содержащие кроме урана типичные элементы-спутники уранового оруденения. Для выделения слабых аномалий и отделения их от фоновых содержаний учитывается содержание органического вещества в пробе. С этой целью при интерпретации результатов используются частные от деления содержаний урана на содержания органического вещества.

Использование съёмок донных осадков наиболее эффективно на стадиях специализированного картирования масштабов 1:200 000 и 1:500 000 для целей прогноза потенциальных урановорудных узлов и полей.

Поиски по водным ореолам рассеяния используются только применительно к урановым месторождениям. Они основаны на выявлении в природных водах повышенных концентраций радиоактивных элементов — урана, радия и радона, которые часто сопровождаются комплексом элементов-спутников уранового

оруденения, хорошо мигрирующих в водной среде в условиях зоны гипергенеза.

Сущность радиогидрогеохимического метода состоит в отборе проб поверхностных, грунтовых или подземных вод, анализе этих проб на содержания радиоактивных элементов и элементов-спутников уранового оруденения и выяснении закономерностей пространственного размещения их водных ореолов. Наличие аномальных концентраций урана, радона и радия, а также элементов-спутников уранового оруденения в природных водах свидетельствует в определенных условиях о наличии повышенных концентраций радиоактивных элементов в коренных породах и в перекрывающих их рыхлых отложениях.

Радиогидрогеохимические методы являются одними из наиболее глубинных методов выявления повышенных концентраций урана в коренных породах.

Пробы воды отбираются более или менее равномерно со всей территории исследуемого района. Число точек отбора проб зависит от масштаба радиогидрогеохимических съемок, сложности строения, и , водообильности района. При съёмках масштаба 1:200 000 одна проба отбирается в среднем на 4—10 км² (при опробовании открытых водотоков через 300—500 м). С укрупнением масштаба работ до 1:50000 одна проба приходится в среднем на 1 км² (при опробовании открытых водотоков проба отбирается через 100—200 м).

Из каждого водопункта отбираются пробы воды на уран, радон и выборочно на радий. Анализы вод на элементы-спутники уранового оруденения и определение общей минерализации (по массе сухого остатка) производятся только для проб с повышенными концентрациями радиоактивных элементов. Из них кроме того определяются концентрации кислорода, сероводорода, водородных ионов (рН) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

Для определения урана требуется объём воды не менее 0,3 л, а для анализов проб на радий — не менее 1 л. Пробы воды на радон объёмом не менее 0,1 л отбираются в специальные «промывалки», из которых предварительно выкачивается воздух [34].

Уран в водах (от $n \times 10^{-7}$ до $n \times 10^{-4}$ г/л) определяется лазерно-люминесцентным методом с использованием фотоэлектрических флуориметров типа ФАС-2 или ФАС-4. Для определения радия в водах применяется ускоренный радиохимический метод с использованием альфа-радиометра РАЛ-1. Радон в водах определяется вакуумным методом с применением эманометров ЭМ-6 или «Радон», а при малых концентрациях — альфа-сцинтилляционным методом на лабораторных

установках типа РАЛ-1.

Анализы вод на широкий спектр элементов-спутников уранового оруденения на ранних стадиях работ производится полуколичественным методом сухих остатков. Анализы быстро изменяющихся компонентов (рН, Eh, Fe²⁺, Fe³⁺, CO₂, O₂, H₂) выполняются, как правило, на местах отбора проб с помощью полевых лабораторий типа «Комар», «ПЛГ-1», полевых потенциометров и другой специализированной аппаратуры. Для замеров значений Eh непосредственно в скважинах используются специальные каротажные зонды.

Проведение радиогидрогеологических съёмок наиболее эффективно в горно-складчатых районах, для которых характерны большие мощности зон свободного водообмена, слабая минерализация и высокий окислительный потенциал вод. В этих условиях возможно выявление радиогидрогеологических аномалий на глубинах до нескольких сотен метров от дневной поверхности.

Хорошие результаты обеспечивает применение радиогидрогеохимического метода в гористых лесных, лесостепных и горнотаежных ландшафтах без многолетней мерзлоты.

В степных, полупустынных и пустынных ландшафтах возможности использования радиогидрогеохимических методов ограничиваются дефицитом вод, а наилучшее время для проведения съёмок приходится на весенние месяцы.

Результаты гидрогеологических наблюдений и анализов вод наносятся на карты и разрезы для составления специализированных радиогидрогеохимических карт и геометризации ореолов урана, продуктов его распада и элементов-спутников в поверхностных и подземных водах.

К числу положительных прогнозно-поисковых радиогидрогеохимических критериев относятся:

-совместное нахождение в водах аномальных количеств всех трёх радиоактивных элементов: урана, радона и радия. При этом резко повышенные концентрации радона указывают на непосредственную близость урановорудных концентраций;

-повышенные содержания в водах элементов-спутников уранового оруденения: молибдена, цинка, свинца, меди, мышьяка, рения, селена, ванадия и др.;

-повышенное значение отношений изотопов $^{234}\text{U} : ^{238}\text{U}$ (порядка 1,4—2) при высоком содержании урана в водах и преобладание изотопов радия уранового и актино-уранового рядов над изотопами радия ториевого ряда (т. е. $^{226}\text{Ra} : ^{228}\text{Ra} > 1$ и $^{223}\text{Ra} : ^{224}\text{Ra} > 1$).

—зональность водных ореолов, сходная с зональностью связанных с ними сорбционно-солевых ореолов в рыхлых отложениях или коренных породах. Как правило, в околорудной зоне наблюдаются повышенные концентрации в водах бериллия, кобальта, висмута, свинца, золота, в промежуточной зоне — меди, молибдена и сурьмы, а во внешней зоне — цинка, серебра, фтора, бора и иода. Место каждого элемента в ряду зональности определяется устойчивостью его основной формы миграции в данном диапазоне рН—Еh ореольных вод, а также составом и концентрацией самого сильного лиганда-комплексообразователя. Поэтому наименьшее постоянство в рядах зональности свойственно элементам с переменной валентностью U, As, Mo, Au и др.).

Основными показателем перспективности водных ореолов служит тенденция увеличения комплексности их состава по мере приближения к рудным скоплениям. Однако гидрохимическая зональность водных ореолов обычно отличается сложностью вследствие неоднородности состава вмещающих пород, различий гидродинамического режима вод разных глубин, влияния зон тектонических нарушений и других геологических факторов.

Биогеохимические методы поисков сводятся к отбору проб живой массы травянистых, кустарниковых или древесных растений, произрастающих в пределах изучаемых площадей, сжиганию (озолению) этих проб и определению концентраций редких и радиоактивных элементов, а также их элементов-спутников в золе растений.

Для опробования используются безбарьерные и высокобарьерные виды и органы растений. У древесных растений (сосны, лиственницы, осины и др.) лучше всего опробовать верхний пробковый слой коры (без живой коры и луба), которая является безбарьерным органом по отношению к урану, свинцу, цинку, бериллию, фтору, литию, цирконью и ряду других элементов.

Для опробования на радий пригодны любые виды и части растений.

Главным радиоактивным элементом, который используется при проведении радиогеохимических съемок для оценки потенциальной ураноносности поисковых площадей, является радий. Анализы золы растений на содержание радия проводятся альфа-спектральным методом с применением лабораторных анализаторов **Альфа-1 или радиометров РАЛ-1**. Все зольные пробы с аномальными содержаниями радия подвергаются перлово-люминесцентным анализам на содержание урана и спектральным анализам на содержания элементов-индикаторов

уранового оруденения.

Диапазон концентраций радиоактивных элементов в золах растений весьма широк. Фоновые содержания радия в золах изменяются от 1 до 70г/т эквивалентного урана, а аномальные его концентрации могут достигать 3000 г/т эквивалентного урана. Минимально-аномальные содержания радия составляют около 150г/т эквивалентного урана. Фоновые содержания урана изменяются в еще более широких пределах в зависимости от концентрации их усвояемых форм в почвах, видов и органов растений, а также от возраста растения и периода опробования.

По мнению многих исследователей тантал, ниобий, цирконий и редкие земли иттриевой группы преимущественно концентрируются в хвойных деревьях, а редкие земли цериевой группы — в лиственных деревьях. Концентраторами иттербия и иттрия являются те же растения, что и для бериллия (горицвет, пижма, лиственница, лапчатка пижмолистная, вика однопарная и др.). Церий и лантан накапливаются в полыни, березе, травах семейства бобовых. Все это крайне осложняет разделение аномальных и фоновых содержаний и особенно оценку перспективности выявляемых ореолов. Для уменьшения влияния ряда внешних условий на показательность биогеохимических проб опробование лучше проводить зимой или в период летне-осеннего условного физиологического покоя, отбирая за один день серии проб по крайней мере с нескольких смежных профилей. При этом наиболее стабильные результаты получаются для безбарьерных элементов-индикаторов, к числу которых относится в первую очередь радий.

Глубинность биогеохимического метода выше, чем глубинность большинства других поверхностных поисковых методов.

Максимальная мощность дальнепринесенных рыхлых отложений, ограничивающая возможность метода, определяется опытным путем. В степных и пустынных районах она составляет 20—50м, в лесных районах гумидной зоны 10—30м, а в районах с многолетней мерзлотой не превышает 3—10м.

С учётом возможностей использования биогеохимических съёмок в зимнее время, что особенно ценно при изучении труднодоступных таежных и тундровых ландшафтов, их применение может оказаться весьма эффективным при специализированных поисково-съёмочных работах масштабов 1:200 000 и 1:50 000.

Результаты биогеохимических съёмок оформляются в виде карт и разрезов с геометризацией моноэлементных ореолов на геологической и ландшафтно-географической основах, а также в виде схем индикаторных отношений между элементами-индикаторами оруденения

(например, Ra:U, U:Mo и др.).

3.5. Оценочные работы

Оценочные работы проводятся с целью получения данных, позволяющих оценить промышленное значение рудопроявления или месторождения и определить экономическую целесообразность и возможную очередность его вовлечения в эксплуатацию.

Как правило, оценке подвергается все наиболее перспективная часть ореолов, ураноносных зон, проявлений, рудопоявлений, месторождений в его геологических границах. Однако для очень крупных объектов границы участка могут устанавливаться геологическим заданием.

В результате оценочных работ должны быть получены сведения о количестве руды и металла в недрах, размерах, об общих чертах морфологии и условиях залегания рудных тел, вещественном составе и технологии руд, горнотехнических гидрогеологических и инженерно-геологических условиях отработки, позволяющие оценить возможную себестоимость продукции предприятия, при условии его строительства на базе данного месторождения. Все параметры изучаются с точностью достаточной для уверенного решения вопроса о целесообразности и проведения разведочных работ.

Запасы месторождений на стадии оценки должны быть оценены по категориям C_2 реже C_1 (табл. 3.5.1).

Таблица 3.5.1

Соотношение запасов для различных категорий, % [52]

Группа сложности строения месторождения	Категории	
	C_1	C_2
1	40—50	60—50
2—3	30—40	70—60
4	—	100

Запасы по результатам оценки подсчитываются в соответствии с временными кондициями, утверждаемыми в установленном порядке.

Изучение месторождения на глубину проводится до горизонтов, доступных для разработки, исходя из принятых в практике освоения месторождений данного типа. Технологические свойства руд оцениваются на основе лабораторных или укрупнённых лабораторных испытаний с учетом изучения вещественного состава и аналогий с отрабатываемыми месторождениями.

Гидрогеологические, инженерно-геологические и горнотехнические условия эксплуатации изучаются в степени, позволяющей оценивать их влияние на технико-экономические решения по выбору схемы вскрытия и разработку месторождения.

Геотехнологические условия отработки месторождений способом подземного выщелачивания, как правило, оцениваются на основе натуральных испытаний по упрощенным схемам, а также лабораторных исследований фильтрационных свойств, реагентоемкости пород и других показателей.

По результатам оценочных работ разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО) о целесообразности разведки месторождения и вовлечения его в освоение. ТЭО представляется на рассмотрение соответствующего ведомства, которое при положительном решении даёт заказ на проведение разведки.

Месторождения, не намечаемые к освоению в ближайшем будущем по завершении оценки относятся к резервным.

Контрольные вопросы

- 1. Прогнозно-геологические работы масштаба 1:200 000*
- 2. Прогнозно-геологические работы масштаба 1:50 000*
- 3. Поисковые работы масштабов 1:50 000—1:25 000*
- 4. Оценочные работы*

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Эффективность применения различных методов при прогнозе и поисках уранового оруденения. по А. Б. Каждану[]

<i>Методы исследований</i>	<i>Стадии изучения</i>				
	<i>Региональные металлогепически еисследования масштаба 1:1 000 00(и мельче)</i>	<i>Съёмочно-прогнозные работы м-ба 1:200 000 (1:100 000)</i>	<i>Съёмочно-поисковые работы масштаба 1:50 000 (1:25 000)</i>	<i>Поисковые работы масштаба 1:10 000</i>	<i>Оценочные работы масштаба 1:2 000 (и крупнее)</i>
<i>Дешифрирование снимков</i>					
<i>Космические снимки</i>	XXX	XXX	X	—	—
<i>Высотные аэроснимки</i>	—	XXX	XXX	X	—
<i>Обычные аэроснимки</i>	—	—	XXX	XXX	X
<i>Структурно-геофизические методы</i>					
<i>Глубинное сейсмозондирование</i>	XXX	X	—	—	—
<i>Гравиметрия</i>	XXX	XXX	XXX	X	—
<i>Магнитометрия</i>	X	XXX	XXX	XXX	XXX
<i>Электроразведка</i>	—	—	XXX	XXX	XXX
<i>Радиометрические методы</i>					
<i>Аэрогаммаспектрометрия</i>	X	XXX	XXX	—	—
<i>Автогамма-съёмки</i>	—	—	—	XXX	X
<i>Пешеходные гамма-съёмки в том числе гамма-спектрометрические наблюдения</i>	—	X	X	XXX	XXX

<i>Гамма-картаж скважин и профилирование горных выработок</i>	—	X	X	XXX	XXX
<i>Литогеохимические методы</i>					
<i>Геохимические съёмки в комплексе с осколковой радиографией и изотопией свинца</i>	XXX	XXX	XXX	—	—
<i>Съёмки донных осадков</i>	—	XXX	X	—	—
<i>Ореольные уранометрические съёмки</i>	—	—	X	XXX	XXX
<i>Изотопно-свинцовый метод или метод РД</i>	—	—	—	X	XXX
<i>Гидрогеохимические методы</i>					
<i>Опробование малых рек и ручьев</i>	XXX	XXX	—	—	—
<i>Радиогидрогеологическая съёмка</i>	—	—	0	0	0
<i>Наблюдения в горных выработках и скважинах</i>	—	—	—	X	X
<i>Радиобиогеохимическая съёмка</i>	—	0	0	0	—
<i>Газовые съёмки</i>					
<i>Водно-гелиевая съёмка</i>	XXX	XXX	—	—	—
<i>Эманионно-трековая съёмка</i>	—	—	XXX	XXX	X

Примечание. XXX ведущий метод, X - вспомогательный метод, 0 - применяется только в благоприятных природных условиях

Градации месторождений полезных ископаемых по размерам

Полезное ископаемое	Единица измерения	Запасы месторождений				
		уникальные (более)	Весьма крупные (от-до, более)	Крупные (от-до, более)	Средние (от-до)	Мелкие (менее)
Нефть и конденсат	млн т		300	30-300	10-30	10
Природный газ	млрд м		500	30-500	10-30	10
Уголь	млрд т	1000	100-1000	50-100	10-50	1-10
Горючие сланцы	млн т			тысячи	сотни	десятки
Торф	млн т			1	0,1-1	0,1
Уран	тыс. т			20	5-20	0,5-5
Торий, монацитовые россыпи	т			Десятки тыс.	тысячи	сотни
Железные руды	млрд т	10	5-10	1-5	0,1-1	0,1
Марганцевые руды	млн т		100	75-100	25-75	25
Хромовые руды	млн т	100	10-100	1-10	0,1-1	од
TiO ₂ коренные м-ния	млн т		50	10-50	5-10	5
-россыпи			10	5-10	1-5	1
-коры выветривания			15	5-15	1-5	1
Ванадий	тыс. т V ₂ O ₅			1000	100-1000	100
Бокситы	млн т			100	10-100	10
Медь	млн т		10	3-10	0,5-3	0,5
Свинец	млн т		2	1-2	0,5-1	0,5
Цинк	млн т		5	1-5	0,5-1	0,5
Никель	млн т		5	1-5	0,1-1	0,1
Кобальт	тыс.т			15	2-15	2
Вольфрам	тыс.т WO ₃		250	100-250	30-100	15-30

Молибден	тыс.т		500	150-500	25-150	25
Олово коренные м-ия	тыс.т		100	50-100	20-50	20
россыпи	тыс.т		50	15-50	5-15	1-5
Сурьма	тыс. т		300	100-300	50-100	50
Ртуть	т		Десятки тысяч	тысячи	Первые сотни	Первые единицы и первые десятки
Мышьяк	тыс. т			100	10-100	10
Цирконий	млн т ZrO_2		10	1-10	0,1-1	0,01-0,1
Ниобий	тыс.т Nb_2O_5		1000	300-1000	50-300	50
Тантал	тыс.т Ta_2O_5		20	5-20	0,5-5	0,5
Литий	тыс.т Li_2O		600-1200	300-600	100-300	40-100
Стронций	т SrO		Десятки млн	млн-ы	Сотни тыс.	Десятки тыс.
Бериллий	тыс. т BeO	50	20-50	5-20	1-5	1
Висмут	тыс.т		10	4-10	1-4	1
Германий	т			500	100-500	100
Индий	т		500	200-500	50-200	50
Кадмий	тыс.т		10	3-10	0,5-3	0,5
Рубидий	тыс.т Rb_2O		1000	100-1000	10-100	10
Цезий	тыс. т Cs_2O	25-50 и более	10-25	3-10	1-3	0,1-1
Селен	т		20 тыс.	10-20тыс.		50-500 /50
Скандий	т		сотни тыс.	десятки тыс.	до нескольких тыс.	десятки-сотни
Таллий	т		2500	500-2500	50-500	50
Теллур	т		десятки тыс.	тысячи	сотни	Десятки /единицы
Редкие земли цериевые	тыс.т TR_2O_3		10000	1000-10000	100-1000	100
иттриевые			500	100-500	10-100	10
Золото коренное	т		400	100-400	25-100	25
россыпи	т	50	5-50	1-5	0,5-1	0,5

Серебро	т		10000	2000-10000	500-2000	500
МПГ коренные россыпи	т т		1000	100-1000	10-100	10
Алмазы коренные м-ния	млн кар.		500	150-500	50-150	50
россыпи	млн кар.		25	5-25	1-5	1
Фосфориты	млн т P_2O_5		100	50-100	10-50	10
Апатиты	млн т P_2O_5		100	50-100	10-50	10
Калийные соли	млн т K_2O		150	50-150	10-50	10
Соль поваренная пищевая химическая	млн т		500	150-500 1000	50-150 200-1000	50 200
Магниевые соли (бишофит)	млн т		150	50-150	10-50	10
Сульфат натрия	млн т		150	50-150	10-50	10
Борные руды	млн т B_2O_5	10	1-10	0,5-1	0,3-0,5	0,1-0,3
Плавиновый шпат	млн т		10	5-10	2-5	0,5-2
Асбест хризотилловый	млн т		50	5-50	1-5	1
-для специзделий	тыс.т			50	5-50	5
Тальк	млн т		20	5-20	0,5-5	0,03-0,5
Барит	млн т		5	0,5-5	0,1-0,5	0,1
Графит	млн т			1	0,5-1	0,5
Магнезит	млн т		300	100-300	30-100	30
Каолин	млн т		50	20-50	5-20	5
Слюда мусковит м/р листовая	т тыс.т			десятки млн 25-50	млн-ы 5-25	1 млн 5
Флогопит	млн т			1	0,2-1	0,2
Вермикулит	млн т			10	1-10	1
Бентониты	млн т			20	10-20	10
Волластонит	млн т			5	2,5-5	2,5

Сера серные руды	млн т			50	10-50	10
полиметаллические сульфидные руды				10	1-10	1
сероводородсодержащие газы				50-500	менее 50	-
-сернистые нефти				1	0,5-1	0,5

**ПОЛОЖЕНИЕ О ПОРЯДКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ
РАБОТ ПО ЭТАПАМ И СТАДИЯМ
(твердые полезные ископаемые)**

1. Общие положения

1.1. Настоящее Положение разработано в соответствии с действующими законодательными актами Российской Федерации о недропользовании и определяет последовательность и полноту геологического изучения недр с целью обеспечения рационального использования, воспроизводства и охраны минерально-сырьевых ресурсов.

1.2. Стадийность геологоразведочных работ предусматривает возможность оптимизации содержания и технологического режима геологоразведочных работ, унификации работ и постадийно создаваемых конечных результатов, оперативного учета и анализа геологической изученности для выбора обоснованных направлений поисковых, оценочных и разведочных работ.

1.3. Положение предназначено для использования органами управления государственным фондом недр при разработке федеральных и территориальных программ развития и освоения минеральносырьевой базы, недропользователями всех форм собственности, научными учреждениями и организациями, при предоставлении лицензии на право пользования недрами и контроле за соблюдением условий недропользования, при государственной экспертизе геологической информации, а также для целей проектирования, финансирования и проведения геологоразведочных работ по договорам между заказчиком и производителем работ.

1.4. В зависимости от целей процесс геологического изучения недр подразделяется на три этапа и пять стадий:

**ЭТАП I. РАБОТЫ ОБЩЕГЕОЛОГИЧЕСКОГО И МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование
полезных ископаемых.

ЭТАП II. ПОИСКИ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Стадия 2. Поисковые работы

Стадия 3. Оценочные работы

ЭТАП III. РАЗВЕДКА И ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка

На этапе I осуществляется комплексное изучение геологического строения территории страны, закономерностей размещения всех видов минерально-сырьевых ресурсов и их прогнозная оценка. Геологические исследования этапов II и III направлены на воспроизводство минерально-сырьевой базы страны. Разделение геологоразведочных работ на стадии, цель и результаты работ приведены в таблице.

1.5. Границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ, рангами изучаемых площадей и требованиями к конечным результатам, завершающим работы каждой стадии. Информация, получаемая на каждой стадии, по полноте и достоверности должна быть достаточна для геологического и технико-экономического обоснования геологоразведочных работ последующих стадий, либо освоения и проектирования разработки месторождения. В зависимости от конкретных условий отдельные стадии по решению недропользователя и в соответствии с лицензией на право пользования недрами, после согласования с заказчиком могут совмещаться с другими стадиями.

1.6. Виды, последовательность и комплексность проводимых на каждой стадии исследований определяются ее целями, природными условиями производства работ, степенью изученности объекта предыдущими исследованиями, видом полезного ископаемого и другими особенностями с учетом потребностей экономического и социального развития отдельных территорий и страны в целом.

1.7. Данное Положение носит рекомендательный характер и устанавливает общие для всех видов полезных ископаемых требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ по стадиям. Более детально эти требования изложены в инструкциях, методических рекомендациях и других отраслевых нормативных документах, регулирующих полноту и качество геологических исследований с учетом природных особенностей изучаемых объектов, сложности строения, вида полезного ископаемого и т.д.

2. Этап I.

Работы общегеологического и минерагенического назначения

2.1. *Стадия 1.* Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых .

2.1.1 Региональное геологическое изучение недр производится с целью получения комплексной геологической информации, составляющей фундаментальную основу системного геологического изучения территории страны и оценки ее минерагенического потенциала. Оно призвано обеспечивать определение закономерностей (формирования и размещения полезных ископаемых, обоснование и удовлетворение потребностей различных отраслей промышленности и сельского хозяйства в геологической информации для решения широкого круга вопросов в областях геологоразведочного производства, горного дела, мелиорации, строительства, обороны, рационального природопользования, охраны окружающей природной среды, прогнозирования опасных, включая катастрофические, природных процессов и явлений (землетрясения, вулканизм, сели, оползни, обвалы и т.д.).

Важнейшим результатом регионального геологического изучения недр в зависимости от его детальности является научное моделирование и ранжирование по экономической значимости перспективных структурно-вещественных и

минерагенических комплексов, локальный прогноз и начальная геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья, основанные на максимальном использовании полученной ранее геологической информации, применении новых методов и средств ее переинтерпретации, а также новых технологий геологических, геофизических, геохимических и других методов исследований.

2.1.2. Основными видами работ являются ранжированные по масштабам площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки (полистные, групповые, комплексные, доизучение ранее заснятых площадей, глубинное геологическое картирование), наземные и аэрогеофизические работы (гравиразведочные, магниторазведочные, электроразведочные, аэрогаммаспектрометрические), а также широкий комплекс специализированных работ: объемное, космофотогеологическое, аэрофотогеологическое, космоструктурное, геолого-минерагеническое, геохимическое картирование, тепловые, радиолокационные, многозональные и другие съемки, геолого-экономические, геоэкологические исследования и картографирование, мониторинг геологической среды, прогноз землетрясений, создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин, геологическая съемка шельфа, работы в Мировом океане и Антарктике, картосоставительские, картоиздательские и другие работы, их научно-методическое и информационное обеспечение.

2.1.3. Виды, масштабы, последовательность и комплексность работ по региональному геологическому изучению недр определяются с учетом достигнутой степени геологической изученности, результатов предшествующих минерагенических построений и потребностей социально-экономического развития отдельных территорий и Российской Федерации в целом.

2.1.4. Региональное геологическое изучение недр Российской Федерации включает функционально связанный комплекс площадных и профильных работ общегеологического и специального назначения на суше и континентальном шельфе России. Площадные работы проводятся в масштабах:

- 1:1 500 000 и мельче - сводное и обзорное геологическое картографирование;
- 1:1 000 000 (1:500 000) - мелкомасштабное геологическое картографирование;
- 1:200 000 (1:100 000) - среднемасштабное геологическое картографирование;
- 1:50 000 (1:25 000) - крупномасштабное геологическое картографирование.

2.1.5. Основной задачей сводного и обзорного геологического картографирования территории Российской Федерации масштаба 1:1 500 000 и мельче является составление карт и атласов, обобщающих геологическую информацию о геологическом строении и минерагении крупных территорий, осуществление широких межрегиональных и глобальных геологических построений и сопоставлений.

Объектами изучения являются территории Российской Федерации, включая глубинные части земной коры, крупные геолого-структурные регионы, артезианские бассейны, горнорудные и нефтегазоносные районы, континентальный шельф, исключительная экономическая зона. В состав работ входит анализ и обобщение имеющихся (преимущественно масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000) материалов по

геологическому строению и минерагении исследуемой территории, при необходимости выполняются минимальные объемы полевых исследований. Конечный результат - сводные и обзорные карты геологического содержания, включая прогнозно-минерагенические, геологические атласы, геолого-геофизические и другие профили, их цифровые и электронные модели.

2.1.6. Основной задачей мелкомасштабного (1:1 000 000, 1:500 000) картографирования является комплексное геологическое изучение суши и континентального шельфа Российской Федерации с целью создания Государственных карт геологического содержания масштаба 1:1 000 000 в аналоговой и цифровом формах с электронными базами данных, формирующие банк фундаментальной геологической, гидрогеологической, геофизической, геохимической, геохимической, минерагенической, геолого-экономической и другой информации, обеспечивающей разработку и реализацию стратегических вопросов изучения и рационального использования недр, развитие геологической науки, знаний о геологическом строении и моделях прогнозируемых типов месторождений, гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, нефтегазоносном и минерагеническом потенциале суши и континентальной шельфа, динамике геологических процессов и явлений.

Объектами изучения являются территории отдельных номенклатурных листов, крупные геолого-структурные блоки, минерагенические провинции и субпровинции, административные и экономические районы, глубинные части земной коры и верхней мантии, континентальный шельф, исключительная экономическая зона Российской Федерации. Основными видами работ этого масштаба являются геологические, аэрокосмические, геодезические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические, эколого-геологические съемки суши и континентального шельфа РФ, геодинамические, прогнозно-минерагенические и другие специальные и тематические исследования. Они выполняются самостоятельно или в различном сочетании в зависимости от решаемых задач, геологического строения и минерагенического потенциала региона, степени его изученности, качества имеющейся геологической, геофизической и другой информации. Конечным результатом мелкомасштабного геологического картографирования территории РФ являются Государственные карты геологического содержания масштаба 1:1 000 000. Они создаются на основе обобщения всех ранее полученных материалов геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, эколого-геологических и других съемок масштаба 1:200 000 и крупнее с использованием геофизических, геохимических, аэрокосмических и других данных, а также материалов по геотраверсам, глубоким и сверхглубоким скважинам и геодинамическим полигонам. Среди Государственных карт геологического содержания масштаба 1:1 000 000 важнейшая роль принадлежит комплектам полистной Государственной геологической карты Российской Федерации, включающей в качестве обязательных карту дочетвертичных образований, карту четвертичных образований и карту полезных ископаемых с качественной характеристикой ресурсов.

2.1.7. Основной задачей среднемасштабного геологического картографирования является комплексное геологическое изучение суши и континентального шельфа

Российской Федерации с составлением Государственных карт геологического содержания (геологических, геолого-экономических, гидрогеологических и др.) масштаба 1:200 000 в аналоговой и цифровой формах с базами данных, которые в совокупности выступают в качестве основного источника информации для определения закономерностей формирования и размещения месторождений полезных ископаемых, локального прогноза и предварительной оценки выявленных перспективных площадей и прогнозируемых месторождений минерального сырья. Обновленные данные о геологическом строении и минерагеническом потенциале служат основой для долго-, средне- и краткосрочного прогноза эффективного развития минерально-сырьевой базы, выбора перспективных площадей и объектов для постановки поисковых работ, использования и охраны недр, а также других аспектов хозяйственной деятельности и регулирования недропользования.

Объектами изучения являются регионы Российской Федерации и в первую очередь горнорудные, нефтегазоносные, важнейшие экономически освоенные и экологически напряженные районы, а также шельф и исключительная экономическая зона. В состав региональных исследований масштаба 1:200 000 (1:100 000) входят картографические работы, геологическая (ГС), гидрогеологическая, инженерно-геологическая съемки, прогнозно-минерагенические, геолого-экономические и эколого-геологические исследования, геологическое (ГДП), гидрогеологическое (ГГД) доизучение ранее заснятых площадей, объемное (ОПС), глубинное (ГПС) геологическое картирование и другие виды работ. Гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки и гидрогеологическое доизучение ранее заснятых площадей могут комплексироваться с геолого-экологическими и соответствующими видами геологических съемок. Работы этого масштаба проводятся в комплексе с опережающими и сопровождающими аэрокосмическими, геофизическими, геохимическими съемками, геоморфологическими и другими специальными исследованиями, которые в зависимости от степени изученности территории и решаемых задач могут выполняться самостоятельно или в различных сочетаниях. При этом полистные и групповые геологические, гидрогеологические съемки, геологические съемки шельфа и другие работы масштаба 1:200 000 проводятся на площадях, ранее не изучавшихся в данном масштабе. В районах, где такие работы проводились, однако имеющиеся карты геологического содержания не отвечают современным требованиям, проводятся геологическое, прогнозно-минерагеническое, гидрогеологическое и другие виды доизучения. В районах двух- и трехъярусного строения, где объекты изучения, в первую очередь перспективные на обнаружение полезных ископаемых, залегают на значительных, но доступных для освоения глубинах, проводится объемное или глубинное геологическое картирование. Для хорошо изученных районов, обеспеченных геологическими и другими специализированными картами масштаба 1:50 000, Государственные карты геологического содержания масштаба 1:200 000 составляются преимущественно камеральным путем с минимальным объемом полевых рекогносцировочных и других работ, нацеленных на решение конкретных геологических задач, в том числе задач локального прогноза месторождений полезных ископаемых.

При составлении листов Государственных карт геологического содержания используются данные ранее выполненных геологосъемочных работ всех масштабов,

результаты геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических и экологических работ, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, материалы дистанционного зондирования, результаты работ по геотраверсам, глубинному и опорному бурению и т.п. Конечным результатом региональных исследований масштаба 1:200 000 является создание полистных Государственных карт геологического содержания масштаба 1:200 000. В состав комплекта Госгеолкарты-200 в качестве обязательных включаются геологическая карта дочетвертичных образований, карта четвертичных отложений, карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения; в районах двух- и трехъярусного строения - геологическая карта погребенной поверхности. В результате ГСР-200 выявляются и оконтуриваются прогнозные площади (минерагенические зоны, бассейны, рудные районы и узлы, угленосные площади), дается комплексная оценка или переоценка изученной территории с определением перспектив обнаружения месторождений прогнозируемых геолого-промышленных типов и оценкой прогнозных, ресурсов объектов ранга бассейна, рудного района, узла, потенциального месторождения по категориям P_3 и P_2 .

2.1.8. Основной задачей крупномасштабного геологического картографирования является геологическое изучение недр в масштабе 1:50 000 (1:25 000) с целью прогноза и выявления локальных площадей и структур, перспективных для обнаружения месторождений полезных ископаемых, обоснования эколого-геологических и других мероприятий по охране окружающей среды.

Объектом изучения являются перспективные на выявления месторождений полезных ископаемых минерагенические зоны и рудные узлы, части продуктивных бассейнов, районы интенсивного промышленного и гражданского строительства, мелиоративных и природоохранных мероприятий, площади развития техногенных отложений, территории с напряженной экологической обстановкой.

В состав работ масштаба 1:50 000 входят геологические (ГСР-50, ГДП-50, ГГК-50), гидрогеологические и эколого-геологические съемки, опережающие и сопровождающие их дистанционные и наземные геофизические, геохимические, геоморфологические, прогнозно-минерагенические и другие исследования, которые могут выполняться самостоятельно в порядке специализированного изучения или доизучения ранее заснятых площадей.

При геологосъемочных работах этого масштаба производится изучение участков распространения полезных ископаемых, установление геологической природы выявленных геофизических и геофизических аномалий, выделение новых или уточнение природы выявленных геофизических и геохимических аномалий, выделение новых или уточнение параметров известных рудных полей и других прогнозных площадей и перспективных участков с оценкой прогнозных ресурсов. Конечным результатом регионального геологического изучения недр масштаба 1:50 000 являются комплект обязательных и специальных геологических карт, комплексная оценка перспектив изученной территории с уточнением прогнозных ресурсов кат. P_3 , выделением рудных полей и угленосных площадей, оценкой по ним прогнозных ресурсов категорий P_2 . Даются рекомендации для постановки поисковых работ, а также оценка состояния и прогноз изменений геологической среды.

2.1.9. С целью исследования общих геолого-геофизических закономерностей

строения недр и их физического состояния, выявления глубинных причин возникновения природных процессов, условий формирования и размещения месторождений полезных ископаемых проводится глубинное изучение недр с использованием параметрических и сверхглубоких скважин и геофизических методов. Объектами изучения являются важнейшие нефтегазоносные, горнорудные, сейсмоопасные и другие районы страны, исследования которых актуальны для расширения минерально-сырьевой базы, оценки степени промышленного загрязнения, геологических опасностей (землетрясения и т.п.), а также геотраверсы, геологические и геодинамические полигоны. На основе глубинного изучения недр составляются комплексы карт и схем глубинного строения территории страны и отдельных ее регионов.

3. Этап II.

Поиски и оценка месторождений

Поиски и оценка проводятся с целью прогноза, выявления и предварительной оценки месторождений полезных ископаемых, которые по своим геологическим, экологическим условиям и технико-экономическим показателям пригодны для рентабельного освоения.

На этапе II выделяются стадии:

стадия 2 «Поисковые работы» - поиски на новых или недостаточно изученных площадях с целью выявления месторождений полезных ископаемых и определения их перспективности для дальнейшего изучения;

стадия 3 «Оценочные работы» - работы на известных или вновь выявленных при поисковых работах объектах минерального сырья с целью определения их промышленной ценности. Работы этих стадий могут проводиться самостоятельно или совмещаться в рамках одного лицензионного соглашения. На условиях предпринимательского риска лицензия может предоставлять право на совмещение поисковых и оценочных работ с разведкой и освоением месторождения. Конкретные задачи, полнота, комплексность исследований, конечные геологические результаты и другие условия производства работ отражаются в условиях лицензионного соглашения и геологическом задании.

3.1. Стадия 2. Поисковые работы.

3.1.1. Объектами исследований при поисковых работах являются бассейны, рудные районы, узлы и поля или их части, выявленные в процессе предшествующей стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых и по которым имеется оценка прогнозных ресурсов категорий P_3 и P_2 . Поисковые работы могут производиться также на ранее опоскованных площадях, если это обусловлено изменением представлений о геологическом строении и рудоносности

перспективных площадей, изменением конъюнктуры минерального сырья, увеличением глубинности исследований или внедрением современных более эффективных технологий поисковых работ и обработки их результатов, а также на площадях распространения техногенных образований как возможного источника минерального сырья.

3.1.2. В зависимости от сложности геологического строения территории, формационного типа прогнозируемого оруденения и глубинности исследований

поиски могут проводиться в масштабах 1:200 000-1:10 000. Они включают комплекс геолого-минералогических, геофизических, геохимических и других видов и методов исследований с проходкой поисковых скважин и поверхностных горных выработок. Для поисков скрытых и погребенных месторождений используется глубокое бурение в сочетании с скважинными геофизическими и геохимическими исследованиями. Рациональный комплекс методов формируется на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-геохимических условий производства работ и накопленного в отрасли опыта применения прогнозно-поисковых комплексов для различных видов полезных ископаемых и промышленных типов месторождений.

По совокупности полученной геологической, геофизической и геохимической информации и ее комплексной интерпретации выделяются перспективные аномалии, участки. Проверка природы геофизических и геохимических аномалий, вскрытие, опробование и изучение проявлений тел полезных ископаемых осуществляются поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами. В отобранных пробах определяются содержание основных и попутных компонентов, в необходимых случаях - технологические свойства руд.

3.1.3 Основным результатом поисковых работ является геологически обоснованная оценка перспектив исследованных площадей. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_3 . По материалам поисковых работ составляются геологические карты опосредованных участков в соответствующем масштабе и разрезе к ним, карты результатов геофизических и геохимических исследований, отражающие геологическое строение и закономерности размещения продуктивных структурно-вещественных комплексов. В отчете приводятся основные результаты работ, включающие геолого-экономическую оценку выявленных объектов по укрупненным показателям и рекомендации о целесообразности и очередности дальнейшего проведения работ.

3.1.4. Выявленные и положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, подготовленных для постановки оценочных работ и выдачи соответствующих лицензий.

3.2. Стадия 3. Оценочные работы

3.2.1. Оценочные работы проводятся на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых. Для оконтуривания площади и изучения геолого-структурных особенностей потенциально промышленного месторождения проводится геологическая съемка и составляется геологическая карта масштаба 1:25 000-1:10 000 для крупных и масштаба 1:5 000-1:1 000 для сложных и небольших месторождений. Геологическая съемка сопровождается детальными минералого-петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями. Изучение рудовмещающих структурно-вещественных комплексов, вскрытие и прослеживание тел полезных ископаемых осуществляются с поверхности канавами, шурфами, поисково-картировочными скважинами. Изучение на глубину осуществляется преимущественно буровыми скважинами до горизонтов, обеспечивающих вскрытие рудоносных структурно-вещественных комплексов, а при глубоком их залегании - до горизонтов, экономически целесообразных для разработки с использованием

современных технологий освоения месторождений. При высокой степени изменчивости полезной минерализации или при сильно расчлененном рельефе для изучения объекта на глубину возможно применение подземных горных выработок. Все вскрытые в естественных и искусственных обнажениях выходы полезной минерализации подвергаются опробованию и анализу на основные и попутные компоненты. В необходимых объемах проводится контроль качества отбора и обработки проб и их анализов.

3.2.2. Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным, а в необходимых случаях - по малым или большим технологическим пробам, отобраным по результатам геолого-технологического картирования по основным природным разновидностям; намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого, определяются возможные технологические показатели.

В скважинах и горных выработках осуществляется комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических и других наблюдений и исследований в объемах, достаточных для обоснования способа вскрытия и разработки месторождения, определения источников водоснабжения, возможных водопритоков в горные выработки и очистное пространство. Определяются факторы, негативно влияющие на показатели горного предприятия. Дается характеристика экологических условий производства добычных работ и оценка их влияния на природную среду. При оценке гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий разработки месторождения используются соответствующие показатели известных и отрабатываемых в районе месторождений.

3.2.4. В результате оценочных работ степень геологической изученности месторождения, качества, вещественного состава и технологических свойств полезных ископаемых, а также горно-геологических условий эксплуатации, должна обеспечить оценку промышленного значения месторождения с подсчетом всех или большей части запасов по категории C_2 . По менее детально изученной части месторождения оцениваются количественно и качественно прогнозные ресурсы категории P_1 с указанием границ, в которых проведена их оценка. Достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии, тел полезных ископаемых подтверждается на участках детализации с подсчетом разведанных запасов категории C_T .

3.2.5. Геолого-экономическая оценка объектов является обязательной частью комплекса работ и осуществляется систематически в процессе проведения работ и по их завершении. При поисковых работах и в начальный период оценочных работ периодически проводится оперативная геолого-экономическая оценка прямым расчетом по укрупненным показателям. По результатам оперативной оценки принимаются обоснованные решения о целесообразности продолжения работ или их прекращения на конкретном участке, проявлении, месторождении. После завершения стадии «Оценочные работы» разрабатываются кондиции и составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором дается экономически обоснованная предварительная оценка промышленной ценности месторождения, определяется целесообразность передачи объекта в разведку и освоение. Отчет с результатами

подсчета запасов, включая обоснование «временных» кондиций, и технико-экономический доклад представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу. Содержание отчета и ТЭО кондиций, а также перечень обязательных текстовых и графических приложений, определяются инструкциями по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов. Заключение государственной экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учет. По результатам оценочных работ производится подготовка пакета геологической информации для проведения конкурса или аукциона на предоставление лицензии на разведку и добычу полезных ископаемых.

4. Этап III.

Разведка и освоение месторождения

Геологоразведочные работы на данном этапе проводятся с целью изучения геологического строения вновь выявленных и ранее разведывавшихся месторождений, получения информации о количестве и качестве запасов, минеральном и химическом составе полезного ископаемого, его технологических свойствах и других особенностях месторождения с полнотой и достоверностью обеспечивающих промышленную оценку месторождения, обоснование решения о порядке и условиях вовлечения его в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на его базе предприятия. На этапе III выделяются стадии:

стадия 4. Разведка месторождения;

стадия 5. Эксплуатационная разведка.

Технология и технические средства производства геологоразведочных работ, объемы, комплексы видов и методов исследований, последовательность и детальность изучения частей и участков месторождения определяются недропользователем с соблюдением действующих стандартов (норм, правил) в области геологического изучения недр, учета запасов полезных ископаемых, контроля за полнотой и качеством их извлечения, а также других условий недропользования, включенных в лицензию на право разведки и добычи полезного ископаемого.

4.1. Стадия 4. Разведка месторождения.

4.1.1. Объектом геологического изучения при разведочных работах является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая полностью или частично месторождение полезных ископаемых. По целям и совокупности основных решаемых задач разведочные работы данной стадии подразделяются:

-на осуществляемые с целью получения информации для проектирования строительства горнодобывающего предприятия;

-на проводимые в процессе освоения месторождения, с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего или реконструируемого горного предприятия (доразведка месторождения). Между этими работами нет строго регламентированных временных или пространственных границ, если это не оговорено в лицензии.

4.1.2. При разведочных работах завершается изучение геологического строения месторождения с поверхности с составлением на инструментальной основе

геологической карты. В зависимости от промышленного типа месторождения, его размеров, сложности строения, характера распределения и степени изменчивости тел полезных ископаемых геологическая съемка проводится в масштабе 1:10 000 - 1:1 000 с применением комплекса геофизических и геохимических методов исследований. Приповерхностные части месторождения вскрываются горными выработками (канавы, траншеи, шурфы) и мелкими скважинами. Все выходы тел полезных ископаемых прослеживаются и опробуются с детальностью, позволяющей выявить фермы, строение и условия их залегания, установить интенсивность проявления зоны окисления, вещественный состав и технологические свойства окисленных и смешанных руд.

4.1.3. Разведка месторождений на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведываются скважинами в сочетании с подземными горными выработками. В случае отработки месторождения подземным способом расположение разведочных горных выработок должно обеспечивать максимально возможное их использование при эксплуатации.

4.1.4. Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, форма, плотность разведочной сети, методы и способы отбора рядовых, групповых и технологических проб определяются исходя из геологических особенностей изучаемого месторождения с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки.

4.1.5. Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов.

4.1.8. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения.

4.1.7. Выполняются работы по изучению и оценке запасов полезных ископаемых, залегающих совместно с основными, дается оценка возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, производятся работы по выявлению местных строительных материалов. Разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения и природоохранные мероприятия.

4.1.8. По результатам разведочных работ разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО) постоянных разведочных кондиций, производится подсчет запасов основных и попутных полезных ископаемых и компонентов по категориям в соответствии с группировкой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждается на представительных для всего месторождения участках детализации с квалификацией запасов на них по более высоким категориям разведанности.

Пространственное размещение и количество разведанных запасов, их соотношение по категориям устанавливаются недропользователем с учетом конкретных

геологических особенностей месторождения, условий финансирования и строительства горнодобывающего предприятия и принятого уровня предпринимательского риска капиталовложений.

Технико-экономическое обоснование освоения месторождения, материалы подсчета запасов; и результаты геолого-экономической оценки, включая обоснование постоянных разведочных кондиций, подлежит государственной геологической, экономической и экологической экспертизе.

4.1.3. Повторная государственная экспертиза проводится по инициативе государственных органов или недропользователей в случаях:

-выявления в процессе освоения месторождения дополнительных природных и экономических факторов, существенно влияющих на оценку его промышленного значения и нарушающих условия лицензирования;

-значительного изменения количества и качества запасов по сравнению с ранее утвержденными.

-в случае существенного изменения технико-экономических показателей освоения месторождения в сравнении с установленными по результатам оценочных работ, на основании которых была выдана лицензия, недропользователь имеет право до начала освоения месторождения обратиться в соответствующий орган управления государственным фондом недр по поводу повторной государственной экспертизы и пересмотра условий лицензирования.

4.1.10. При проектировании, вскрытии и эксплуатационных работах, в пределах горного отвода продолжается разведка с целью изучения геологического строения месторождения, выявления и оконтуривания новых залежей и тел полезных ископаемых на флангах, глубоких горизонтах с переводом запасов категории C_2 в C_1 , В, А. Уточняются вещественный состав, технологические свойства полезного ископаемого и горно-геологические условия эксплуатации по ранее недостаточно изученным участкам.

4.2. Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

4.2.1. Эксплуатационная разведка проводится в течение всего периода освоения месторождения с целью получения достоверных исходных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования горно-подготовительных, нарезных и очистных работ, и обеспечения наиболее полного извлечения из недр основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов. Объектами изучения и оценки являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы и другие участки месторождения в зависимости от принятой системы вскрытия, подготовки и отработки месторождения.

4.2.2. Основными задачами эксплуатационной разведки являются уточнение контуров, вещественного состава и внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества и качества запасов по технологическим типам и сортам руд с их геометризацией, уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным участкам, горизонтам, блокам.

По результатам эксплуатационной разведки производится уточнение схем подготовки и отработки тел полезного ископаемого, подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков и запасы готовые к выемке.

4.2.3. В состав работ стадии входят проходка специальных разведочных выработок, бурение скважин, шпуров, опробование различными методами, геофизические исследования.

4.2.4. Для обеспечения рационального использования недр постоянно ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого с группировкой потерь по месту их образования, определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества. Достоверность учета полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр подлежит проверке со стороны органов государственного геологического контроля и государственного горного надзора.

4.2.5. В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных частях месторождения геологических, горно-технических, технологических и иных условий отработки, принятых в разведочных кондициях, а также в связи с изменением рыночной конъюнктуры на продукцию горного предприятия или других факторов, недропользователь имеет право разработать ТЭО эксплуатационных кондиций. Эксплуатационные кондиции разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным частям тел полезного ископаемого (горизонтам, этажам, уступам и т.д.). ТЭО эксплуатационных кондиций и пересчитанные по этим кондициям запасы должны быть согласованы с местными органами управления, Госгортехнадзором, органами, выдавшими лицензию, и в необходимых случаях пройти государственную экспертизу.

4.2.6. На протяжении всего этапа разведки и освоения месторождения ведется учет движения разведанных запасов по рудным телам, блокам и месторождению в целом с оценкой изменений запасов в результате их прироста, погашения, пересчета, переоценки или списания с баланса горного предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в установленном порядке в федеральный и территориальный фонды геологической информации.

Стадии геологического изучения недр по схемам, принятым в России и рекомендованным ООН

Наименование стадий		Объект изучения	Цель изучения
Россия	ООН		
Региональное геологическое изучение	Reconnaissance (рекогносцировка)	Геологические области, районы (в листах топокарт)	Выявление перспективных зон, структур, районов. Системное геологическое изучение и составление карт
Поиски	Prospecting (поиск)	Перспективная зона, структура, район	Выявление месторождений
Оценка	General exploration (Общие исследования)	Месторождение	Оценка целесообразности освоения
Разведка	Detailed exploration (детальные исследования)	Месторождение или его часть	Подготовка к освоению

Категории прогнозных ресурсов и запасов.**1. твёрдые полезные ископаемые.**

Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности подразделяются на категории P_3 , P_2 , P_1 . По степени разведанности запасы твердых полезных ископаемых подразделяются на категории C_2 , C_1 , В и А.

Прогнозные ресурсы категории P_3 оцениваются на стадии регионального геологического изучения недр и учитывают лишь потенциальную возможность открытия месторождения того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных магматических, стратиграфических, литологических, тектонических и палеогеографических предпосылок, выявленных в оцениваемом районе при среднем и мелкомасштабном геологическом изучении недр, дешифрировании космических снимков, а также при анализе результатов геофизических и геохимических исследований. Количественная оценка ресурсов этой категории производится без привязки к конкретным объектам по предположительным параметрам на основе аналогии с более изученными районами, площадями, бассейнами, где имеются разведанные месторождения того же генетического типа.

Прогнозные ресурсы категории P_2 определяются в основном по результатам поисков и учитывают возможность обнаружения в бассейне, рудном районе, рудном узле, рудном поле новых месторождений. Предполагаемое наличие новых месторождений основывается на положительной оценке обнаруженных при крупномасштабной геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками.

Количественная оценка ресурсов P_1 , представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основываются на аналогиях с известными месторождениями того же формационного (генетического) типа. Прогнозные ресурсы оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации при современном или возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений.

Возможное изменение параметров кондиции по сравнению с аналогичными месторождениями должно иметь соответствующее обоснование.

Прогнозные ресурсы категории P_1 определяются в основном по результатам оценки и учитывают возможность выявления новых рудных тел полезного ископаемого на рудопроявлениях, разведанных и разведываемых месторождений. Для количественной оценки ресурсов этой категории используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел.

Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических исследований площадей возможного нахождения полезного ископаемого, а также на материалах одиночных структурных и поисковых скважин и геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и других особенностей, установленных на более изученной

части месторождения и определяющих площади и глубину распространения полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес.

Количественная оценка прогнозных ресурсов всех категорий осуществляется в соответствии с требованиями к качеству и технологическим свойствам полезных ископаемых аналогичных месторождений с учетом возможных изменений этих требований в ближайшей перспективе.

Запасы категории C_2 выявляются в основном на стадии оценки, при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности составляют основную часть запасов. Они должны удовлетворять следующим требованиям:

-размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок;

-контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений или по их совокупности, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических построений, а также путем геологически обоснованной экстраполяции параметров, определенных при подсчете запасов более высоких категорий.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых месторождений 1, 2 и 3-й групп сложности, а также выделяются на участках детализации месторождений 4-й группы сложности и должны удовлетворять следующим требованиям:

-выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения, оценены изменчивость и возможная прерывистость тел полезного ископаемого, а для пластовых месторождений и месторождений строительного и облицовочного камня также наличие площадей развития малоамплитудных тектонических нарушений;

-определены природные разновидности и технологические (промышленные) типы полезного ископаемого, установлены общие закономерности их пространственного распределения и количественные соотношения технологических типов и сортов полезного ископаемого, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; качество выделенных технологических типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

-контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологически обоснованной экстраполяции.

Запасы категории B выделяются на участках детализации разведываемых месторождений 1 и 2-й групп сложности и должны удовлетворять следующим основным требованиям:

установлены размеры, основные особенности и изменчивость формы и

внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение внутренних безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлены их положение и амплитуды смещения, охарактеризована возможная степень развития малоамплитудных разрывных нарушений;

-определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены технологические (промышленные) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественного соотношения технологических типов и сортов полезного ископаемого; качество полезного ископаемого выделенных технологических типов и сортов охарактеризовано по всем предусмотренным кондициями параметрам;

-определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов;

контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с включением в него ограниченной зоны экстраполяции, обоснованной геологическими критериями, данными геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории А выделяются на участках детализации разведываемых месторождений 1-й группы сложности и должны удовлетворять следующим требованиям:

-установлены размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;

-определены природные разновидности, выделены и оконтурены технологические (промышленные) типы и сорта полезного ископаемого, установлены их состав и свойства; качество выделенных технологических типов и сортов полезного ископаемого охарактеризовано по всем предусмотренным промышленностью параметрам;

-изучены распределение и формы нахождения в минералах и продуктах переработки ценных и вредных компонентов;

-контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по скважинам и горным выработкам по результатам их детального опробования.

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности (надёжности) определения в разведочных блоках основных наиболее изменчивых параметров.

Москва, 2007

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (Радиоактивные металлы).

Разработаны Федеральным государственным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ ГКЗ) по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации и за счет средств федерального бюджета.

Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Радиоактивные металлы.

Предназначены для работников предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере недропользования, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Применение настоящих Методических рекомендаций обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решений 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 и переработке полезных ископаемых.

I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (радиоактивных металлов) (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 31, ст.3260; 2004, № 32, ст. 3347, 2005, № 52 (Зч.), ст. 5759; 2006, № 52 (Зч.), ст. 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений

и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении радиоактивных металлов.

2. Методические рекомендации направлены на оказание практической помощи недропользователям и организациям, осуществляющим подготовку материалов по подсчету запасов полезных ископаемых и представляющих их на государственную экспертизу.

3. У р а н. 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.

Р а д и й (^{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:

$$K_{pp} = 2,94 \cdot 10^8 C_{Ra} / C_U,$$

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.

Р а д о н (^{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 каротажом 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 урансодержащих минералов, однако основную массу промышленных руд обычно составляют следующие (табл. 1).

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	$\text{CaU}(\text{P}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20–30
Карнотит	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	52–66
Торбернит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{P}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	48
Отенит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{P}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	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

В некоторых типах месторождений основным носителем урана является ураноносный фторапатит, в котором уран изоморфно замещает Са.

4. Т о р и й. 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 450–700 Мн/м² (45–70 кгс/мм²), парамагнитен (удельная магнитная восприимчивость $0,54 \cdot 10^{-6}$). Температура плавления 1750 С°. Разлагает воду при 200 С°, на холоде медленно реагирует с азотной, серной, плавиковой кислотами, легко растворяется в соляной кислоте и царской водке. Радиоактивен.

Природный торий практически состоит из одного долгоживущего изотопа ²³²Th с периодом полураспада $1,39 \cdot 10^{10}$ лет (содержание ²³⁸Th, находящегося с ним в равновесии, ничтожно – $1,37 \cdot 10^{-8}$ %). Конечный продукт ряда распада стабильный ²⁰⁸Pb. 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 (MsTh₂) 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.

В заметных количествах в настоящее время торий не добывается. Применение его в технике незначительно (в виде тугоплавкого оксида и для легирования некоторых специальных сплавов).

Таблица 2

Наиболее важные минералы тория

Минерал	Хим. состав (формула)	Содержание Th (U) в %
Монацит	(Ce, Th, U) PO ₄	<10 (<6)
Лопарит	(Ce, Na, Ca, Th) (Ti, Nb)O ₃	< 3
Пирохлор	(Ca,Na,Th,TR,U) ₂ - (Nb,Ta,Ti) ₂ O ₆ (O,OH,F) _{1-m} n H ₂ O	<5 (<7)
Торит	(Th,U)SiO ₄	65–80 (1–2)
Торианит	(Th,U)O ₂	58–90 (1–30)

Месторождений собственно ториевых руд неизвестно. Наиболее перспективным источником получения больших его количеств являются россыпи монацита. Возможно также попутное получение тория при разработке пирохлоровых 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).

5. 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. Двуоксид 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.

6. 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 .

7. 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, карбонатитах 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).

8. 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 пликтивной 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.

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 компонент	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7
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 железомagneзиальных 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, гидрометалургический)	Дружное, Курунг, Снежное (Эльконкский 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 (гидрометалургический)	Сигар-Лейк и Роки-Лейк (Канада), Джабилука, Набарлек (Австралия)

1	2	3	4	5	6	7
Эндогенный в структурах тектонической активизации складчатых областей	Столбо-, линзо- и жилообразные залежи в песчанниках, углеродистых сланцах, диабазах, гранитах и известняках	Урановый, Коффинит-фторапатит-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)
Эндогенный в вулканно-тектонических структурах 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)
	Штокверки, линзо- жило- и пластобразные 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, гидрометаллургический)	Стрельцовское, Тулкуевское, 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, гравитационно- гидрометаллургический)	Степное, Меловое (Казахстан)

1	2	3	4	5	6	7
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 красноцвет-ных 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 (стратифицированные) в агпайтовых 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 Пироклоровый, монацит-пироклоровый	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 n.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 n.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 n.100 г/м ³	Монацит n.100 г/м ³	Zr	Металлургический цирконий-ториевый (гравитационно-электростатический-магнитно-гидрометаллургический)
Торит-изоферро-платиновый		Торит n.10- n.100 г/м ³	Торит n.10- n.100 г/м ³	Pt	Металлургический платина-ториевый (гравитационно-гидрометаллургический)	Кондерское

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.

9. 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, прослои 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.

10. 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, Маньбайское, 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, навахойтом, 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-смолковые 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.).

11. Месторождения в вулканогенных 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 вулканогенным 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: Алатаньга, Катгасай, 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.

12. 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.

13. 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 – удлинённых 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 сернокислотно-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 – ко 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 палеоруслам 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 мезокайнозойских 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, роллопластообразной 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 каустобиолитовые (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, иордзитом, 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 (каустобиолитовые 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.

14. Комплексные урансодержащие 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.

15. Разнообразие геологических типов урановых месторождений затрудняет их классификацию, в связи с чем в МАГАТЭ* принято классифицировать урановые месторождения, присваивая типам условные названия, в соответствии

* Международное агентство по атомной энергии при ООН.

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.

II. Группировка урановых месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

16. 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 МПР России от 11 декабря 2006г. № 278.

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 пиритиносных 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 разведываются. Однако, с ростом цен на уран, возможно вовлечение в разведку и освоение некоторых резервных месторождений данной группы.

17. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных залежей, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

18. 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).

III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

19. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствует особенностям геологического строения и рельефу местности. Обычно топографические карты составляются в масштабах 1:1000–1:10 000. 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 1:1000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудных тел и построены проложения

их стволов на плоскости планов и разрезов.

20. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000–1:10 000 (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 1:2000–1:1000, 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 1:2000–1:5000. 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*.

21. 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

* 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.

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.

22. 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 разведуются исключительно скважинами. Особенности условий залегания и внутреннего строения рудных залежей, 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.

23. 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 керна. Скважины, с выходом менее 70 % должны браковаться и перебуриваться. На месторождениях, разведываемых под СПВ, по части скважин необходимо получать особо качественный керн с ненарушенной структурой для отбора образцов на лабораторные испытания выщелачиваемости. Следует отметить, что получение качественного керна 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 керна следует систематически контролировать весовым или объемным способами.

Представительность керна для определения содержания урана 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 урана в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового 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 выявлению 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 многозбойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

24. 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 обработке.

При разведке тел малой мощности штреки и восстающие желательны 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 жиллообразным и штокверкообразным рудным телам – пересечением ортами, квершлагами, подземными скважинами в сочетании с прослеживающими горными выработками.

25. 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.

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		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	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, крутопадающие, крупные, высокой сплошности ($K_p = 0,7–1$), с неравномерным содержанием ($V < 100\%$)	штреки орты восстающие скважины	– 25–10 120 –	120–60 25–10 – –	– – – 200–100	– – – 100–50
3-я	Жилообразные и штокверковые, крутопадающие, средней сплошности ($K_p = 0,4–0,8$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки орты, восстающие скважины	– – – –	– – – –	– 50–25 40–60 50–25	60–80 25–10 – 25–10
	Пластообразные, средней и высокой сплошности ($K_p = 0,6–1$), с неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки орты скважины	– – –	– – –	– 50–25 100–50	60–120 50–25 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
	Жилообразные и трубообразные, низкой сплошности ($K_p < 0,6$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$)	штреки орты восстающие	– – –	– – –	– 25–10 40–60	40–60 25–10 –
<p>*Для отработки СПВ 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</p>						

26. 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

C₁. 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 C₁, а на месторождениях 4-й может приближаться к плотности сети эксплуатационного опробования.

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.

27. 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 0,5 x 0,5 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 минералого-технологических и инженерно-геологических исследований, качество определений объемной массы,

обработки проб и аналитических работ.

28. 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.

29. 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, задириковый и др) определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

30. 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 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 соответствующими методическими документами.

30. 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

* 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) уполномоченного экспертного органа после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами

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 разряженной 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 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 урана в пробу берется весь керна.

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 прослеживаемых 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 соответствующими методическими документами.

При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы) кратной 1м. Для изучения покусковой контрастности руд необходимо использовать аппаратуру «направленного приема» с интерпретацией результатов гамма-каротажа и гамма-опробования по интервалам 5–10 см.

31. 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 $\pm 10-20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернавого 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, руководствуясь соответствующими методическими документами. 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.

32. 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 К 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.

33. 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», утвержденными МПР России в установленном порядке.

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.

34 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

* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС).

независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

35. 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 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

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 Zr O 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

1	2	3	4	5	6	
	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		Селен	>5000	4,5
	<0,05	30			1000–5000	6,0
Цинк	>10	2,5		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		Сумма редких земель	>10	4,5
	0,02–0,1	22			1–10	7,0
Свинец	>10	2,5		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		Серебро	>500	2,5
	0,1–0,2	17			300–500	5,0
Медь	>5	2,5		100–300	7,0	
	3–5	4,5		30–100	12	
	1–3	5,5		10–30	15	
	0,5–1	8,5		1–10	22	
	0,2–0,5	13		0,5–1	25	
	0,1–0,2	17		Р ₂ О ₅ в фосфоритах, апатитах	30–40	1,3
	0,05–0,1	25			20–30	2,0
	0,01–0,05	30			10–20	3,5
Никель	1–2	5,0		5–10	4,0	
	0,5–1	7,0		V ₂ O ₅	>1	8,0
	0,2–0,5	10			0,5–1	12
	0,02–0,2	20			0,2–0,5	15
Кобальт	>1	2,5		0,1–0,2	20	
	0,5–1	3,5		0,01–0,1	25	
	0,1–0,5	6,0		<0,01	30	
	0,05–0,1	10		Рений	>40	18
	0,01–0,05	25			20–40	19
Молибден	>1	3,5		10–20	22	
	0,5–1	6,0		5–10	24	
	0,2–0,5	8,5		1–5	26	
	0,1–0,2	13		<1	30	
	0,05–0,1	18		Au крупное	>128	10
	0,02–0,05	23			64–128	12
	Калий в оксиде K ₂ O	>5			6,5	16–64
1–5		11	4–16		25	
0,5–1		15	<4	30		
<0,5		30				

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

1	2	3	4	5	6
определяются интерполяцией					

39. 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.

40. 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.

41. При изучении месторождений для отработки способом ПВ должны быть получены данные о растворимости урановых и ураносодержащих 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.

42. 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.

43. 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 отдельной переработки. Окончательное выделение промышленных (технологических) типов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождениях природных разновидностей.

IV. Изучение технологических свойств руд

44. 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. Руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами, 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 натурных условиях возможность извлечения урана из добытых некондиционных руд способом кучного выщелачивания.

45. 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 легкооскрываемых 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.

46. 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.

47. 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.

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.

Таблица 8

Параметры для обоснования оценки геотехнологических свойств месторождения

Параметр	Значение,	Значение,
----------	-----------	-----------

	отвечающее положительной оценке	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

48. 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.

49. 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», утвержденными МПР России в установленном порядке, 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.

50. 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 сернокислотного 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.

51. 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, %
1	2	3	4
Алюмосиликатный	–	Силикаты и алюмосиликаты	>95

1	2	3	4
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-апатитовые;
- 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 иордзитом 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 UO₂⁺², устойчивый даже в слабокислых средах. На большинстве предприятий используют H₂SO₄, 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, настуран 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 НОУ и, наконец, производство на ее основе тепловыделяющих элементов АЭС (ТВЭЛ-ов).

52. Обработка 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
1	2	3
Основной реагент	H₂SO₄	Na₂CO₃, NaHCO₃, (NH₄)₂CO₃
Окислитель	Не обязателен	O₂, H₂O₂
Концентрация основного реагента окислителя: O₂ H₂O₂	5–30 г/л – –	0,5–10 г/л 100–300 мг/л 0,1–3 г/л
pH растворов	0,8–1,2	8–11
Вредные факторы	Карбонаты > 2,5 % CO₂	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.

V. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождений.

53. Изучение гидрогеологических условий месторождений производится с учетом специфики их отработки (горным способом или СПВ).

54. 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, руководствуясь соответствующими методическими документами.

55. 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 уполномоченным экспертным органом запасами и др. объекты. Определяется также вероятность естественной нейтрализации растворов и необходимость принудительных мер рекультивации водоносных горизонтов после завершения эксплуатации.

56. Инженерно-геологические исследования при разведке месторождений также производятся с учетом способ их отработки (горным или СПВ).

57. 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, пльвунные 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.

58. 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 пливунных 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 (электрическими 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.

59. Принципиальные схемы добычи и переработки урановых руд горным способом и СПВ приведены в приложении 2 и 3.

60. 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 буровзрывная 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, прикрытие водостоков), пылеподавлении, систематическом контроле уровня радиации и дозиметрическом контроле персонала.

61. 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.

62. 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.

63. 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.

64. По районам новых месторождений следует обобщить данные о наличии сырья для производства строительных материалов.

65. 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 обработки 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.

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

67. 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», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VI. Подсчет запасов

68. 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 МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

69. 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.

70. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений урановых руд:

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.

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. При подсчете запасов категории C_1 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 C_1 , как правило, определяются геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

Запасы категории C_2 подсчитываются по конкретным рудным телам или рудоносным зонам, контуры которых определены по разреженным (относительно принятой для запасов категории C_1) разведочным сетям, а также путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий, при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений.

Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерами, 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.

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).

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.

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.

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 кг/м^2 .

При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием урана («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 или увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки.

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 содержаний урана по данным сгущения разведочной сети).

71. 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.

72. 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», утвержденными МПР России в установленном порядке.

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 уполномоченным экспертным органом); 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 уполномоченным экспертным органом 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 уполномоченным экспертным органом 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 уполномоченным экспертным органом 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.

73. 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.

74. 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.

75. 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», утвержденными МПР России в установленном порядке.

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 серноокислотной 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 относятся, 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.

76. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VII. 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 МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

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

78. 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 натурных 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.

79. 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.

VIII. 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.

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):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \cdot \quad (1.1)$$

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):

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

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 1

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

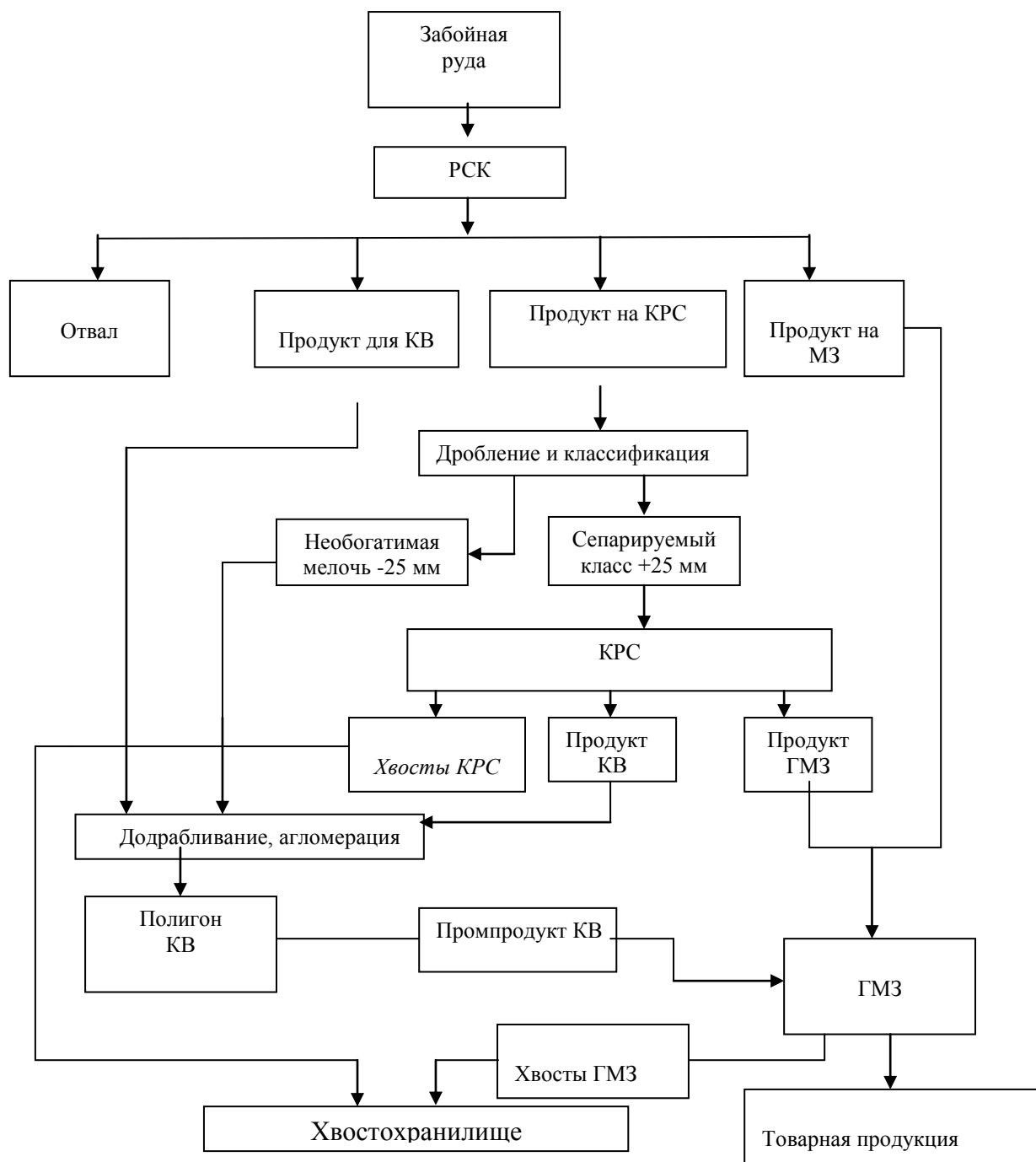
Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

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

Приложение 2 к Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых

(радиоактивных металлов)

Принципиальная схема добычи и переработки урановых руд (горный способ)

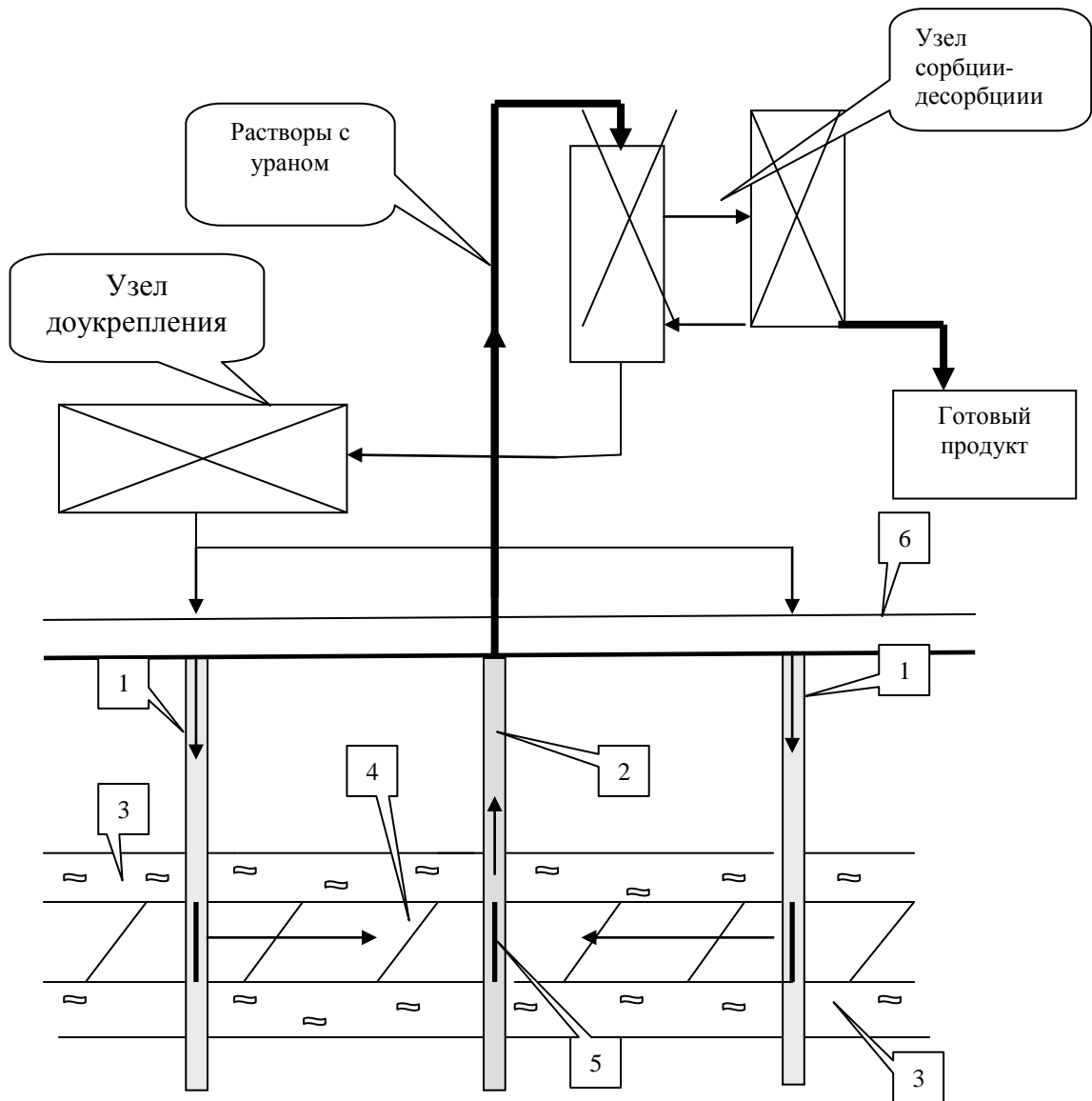


РСК – рудосортировочный комплекс (самосвалы, вагонетки);
КРС – комплекс радиометрической сепарации (покусковой);
КВ - ручное выщелачивание;
ГМЗ – гидрометаллургический завод.

Приложение 3 к Методическим рекомендациям по применению
Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов
твердых полезных ископаемых

(радиоактивных металлов)

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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропов П. Я. Топливо-энергетический потенциал Земли. М., изд. ВИНТИ, 1976.
2. Антропов П. Я., Евсеева Л. С., Полуаршинов Г. П. Месторождения урана в осадочных породах депрессий. Сов. геол., 1977, № 9, с. 32—36.
3. Аренс В.Ж., Гайдин А.М. Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. М.: Недра, 1978
4. Аренс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. М.: Недра 1975
5. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР/Под ред. А.П. Виноградова.— М: Наука, 1967—1969 гг., 241 карта.
6. Аэрогамма-спектрометрический метод поисков рудных месторождений: Методическое руководство / В.П. Воробьев, А.В. Ефимов, М. И. Альтшулер и др. Под ред. В.П. Воробьева.—Л.: Недра, 1977.—216 с.
7. Аэрорадиометрическое картирование. Методические рекомендации //Е. Б. Высокоостровская, А. И. Краснов, Е. И. Зубов и др. Л., изд. Мингео СССР, 1983.
8. Викентьев В.А., Воронцов В.А., Кушнарёв П.И., Ясковский П.П. Оптимизация сети при разведке урановых месторождений. М.: 1987,131с.
9. Дергачёв А.Л., Дж. Хилл, Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений.- М.:, 2000. – 176с.
10. Ермолов В.А. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. // Геология, Ч.II – М.: - Изд-во МГУ – 2005 – 392с.
11. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана.- Алматы: 2003, 126с.
12. Инструкция по каротажу методом мгновенных нейтронов при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана.- Алматы: 2003, 65с.
13. Каждан А. Б., Кобахидзе Л.П. Геолого-экономическая оценка МПИ – М.: Недра, 1985,205 с.
14. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / Производство геологоразведочных работ / . - М.: Недра, 1985. - 288 с.
15. Каждан А.Б. Соловьёв Н.Н. Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. М.: Недра, 1982, 280с.
16. Кисляков Я.М., Машковцев Г.А., Мигута А.К. и др.. Минеральное сырьё. Уран. Справочник. ЗАО «Геоинформарк, М.: 1997, 75с.
17. Красников В.И. Геологические предпосылки поисков месторождений урана. – М.: Атомиздат, 1962 – 188с.
18. Коробейников А.Ф., Кузубный В.С. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: учебник для ВУЗов. – Томск: ИПФ ТПУ, 1998, - 309с.
19. Котляр В. П., Баюшкин И. М., Данчев В. И. Месторождения редких и радиоактивных металлов. М., Атомиздат, 1973.
20. Курс рудных месторождений/Под ред. В. С. Смирнова. М., Недра, 1980.
21. Лаверов Н. П., Смилкстын А. О., Шумилин М. В. Зарубежные месторождения урана. М., Недра, 1983.
22. Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щёточкин В.Н. Современные научные основы прогнозирования урановых месторождений // Второй международный симпозиум. Уран: ресурсы и производство. Москва, 26-28 ноября 2008г. Сборник трудов. – М.: ВИМС, 2009. – С. 40-60

23. Методические рекомендации. Прогнозирование, поиски и оценка урановых месторождений в палеоруслах. М.: 1999.- 153 с.
24. Мельников И. В. Физико-химические условия формирования урановых месторождений. В кн.: Гидротермальные месторождения урана. М., Недра, 1978, с. 322—352.
25. Месторождения урана и редких металлов / Под ред. Н. П. Лаверова. М.: Атомиздат, 1976. – 288с.
26. Металлогения ураноносных континентальных блоков земной коры / Под ред. Ю. М. Шувалова. - Л., Недра, 1980.
27. Методические рекомендации по применению эманационного трекового метода / В.К.Титов, В. А. Венков, В.С.Комаров и др. Л., изд. Мингео СССР, 1982.
28. Лазерный люминесцентный анализатор АУФ-1 «Ангара». Л., изд. Мингео СССР, 1979.
29. Методика геолого-экономической переоценки запасов твёрдых полезных ископаемых, М.: 1996, 46с.
30. Методические рекомендации по комплексу геофизических исследований скважин при подземном выщелачивании урана, Алматы: 2003,76с.
31. Методические рекомендации по экспрессной геолого-экономической оценке месторождений твёрдых полезных ископаемых, Алматы: 1999, 61с.
32. Методика экспрессной геолого-экономической переоценки запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых. МПР РФ. М.: 2002, 34с.
33. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых на территории Республики Казахстан, Кокшетау, 2002, 179с.
34. Милютин А.Г. Геология- М.: Высшая школа, 2004 – 413с.
35. Основы прогноза урановорудных провинций и районов/Под ред. Н. П. Лаверова. М., Недра, 1986.
36. Погребницкий Е. О., Парадеев С В , Поротов Г.С. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых- М. : Недра, 1977. – 405 с.
37. Поротов А.С. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых, С.-Петербург, 2004, 244с.
38. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г., Назаров В.Н., Кузнецов А.С. Дистанционные методы геологических исследований, прогноза и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая) / -Томск: STT, 2007, - с.
39. Промышленные типы урановых месторождений и методика их поисков / Под ред. Ю. М. Шувалова. Л., Недра, 1984.
40. Перельман Пухальский Л. Ч. Рудничная геофизика. М., Энергоатомиздат, 1983.
41. Пухальский Л. Ч., Шумилин М. В. Разведка и опробование урановых месторождений. - М.: Недра, 1977 – 248с.
42. Рихванов Л.П., Бойцов , Язиков В.Г.
43. Региональные гидрогеохимические поиски по речной сети / В. С. Комаров, А. П. Лопаткина, А. Г. Андреев и др.— В кн.: Геохимические методы поисков рудных месторождений. Новосибирск, 1981, ч. 1, С. 146—153.
44. Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений. М., изд. ГКЗ СССР, 1985, ч. 1, С. 3—7.
45. Соловов А.А., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
46. Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана /Лавёров Н.П., Шумилин М.В., Мельников И.В., Лучин И.А. - М.: Недра, 1990 - 335с.

47. Техническая инструкция по аэрогамма-спектрометрической съемке/Под ред. Л. Н. Вавилина, А. В. Матвеева, В. В. Филимонова. М., изд. Мингео СССР, 1977.
48. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Уран. М., Госгеолтехиздат, 1959. Вып. 67.
49. Учебно-методическое руководство по радиоэкологии и обращению с радиоактивными отходами для условий Казахстана. Алматы: 2002, 303с.
50. Учебные программы по специальности «Геология и разведка месторождений редких и радиоактивных руд» М.: 1958, 320с.
51. Четвериков Л.И. Теоретические основы разведки недр. – М.; Недра. 1984. -260с.
52. Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчёт запасов урановых месторождений - М.: Недра, 1982. -203с.
53. Шумилин М.В., Муромцев Н.Н., Бровин К.Г. и др. Разведка месторождений урана методом подземного выщелачивания. – М.: Недра. 1985. 208с.
54. Шумилин М.В. Основы горного бизнеса. – М.: -2000.
55. Экономика и управление геологоразведочным производством. Ред. В.П. Орлов.- М.: ЗАО «Геоинформарк». 1999, 248с.
56. Экспозиционные эманационные методы поисков месторождений полезных ископаемых/В. К. Титов, В. А. Венков, Т. Л. Андреева и др. М., Недра, 1985.
57. Calas G. Stude experimental du comportement de Uranium dans les magmasxtates d'oxydation el coordinance. Geochim. et cosmochim. acta. 1979, v. 43, N 9, p. 1521 — 1531.
58. Evans H. T. Uranyl ion coordination on science. 1963, v. 141, p. 154—158.
59. Moreau M., Poty P. Mise en solution et precipitation de Uranium et torium dans les conditions de moyenne et haute temperature. Resunce Rev. Inst. Frans. du petroge. 1980, v. 35, N 3, p. 537.
60. Veal B. W., Lam D. S. и др. X-ray photoemission spectroscopy study of hexavalent uranium componds. Phys. Rev. Vol., B-12, 1975, p. 5651—5663.
61. Recognition and evaluation of uraniferous areas. Vienna. IAEA. 1979.
62. Uranium deposits in Africa. Vienna. IAEA. 1979.
63. Uranium deposits in Latin America. Vienna. IAEA. 1981.
64. Uranium in the Pine Creek geosyncline. Vienna. IAEA. 1982.
65. Uranium and Nuclear Energy program. 9th. Int. Symp. London 1985, 5—7 sept., p. 88—106.
66. Uranium: Resources, production and denand. A joint report, by the OECDNEA and IAEA. Paris, 1986, 410p.

Домаренко Виктор Алексеевич

**РАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКОВ И
ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Учебное пособие

Научный редактор профессор,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор Л.П. Рихванов

Редактор

Подписано к печати 10.11.2010.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать RISO. Усл. печ. л. 6,6 . Уч.-изд. л. 6,4 .
Тираж 250 экз. Заказ .Цена свободная.
Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.