

*На правах рукописи*



Усманова Татьяна Вячеславовна

ТЕХНОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ЮГА ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ:  
ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЕ НА  
КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Специальность 25.00.11 — Геология, поиски и разведка твердых полезных  
ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

**Научный руководитель:** **Рихванов Леонид Петрович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Макаров Владимир Александрович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор Института горного дела, геологии и геотехнологий ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (СФУ), г. Красноярск

**Макаров Анатолий Борисович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» (УГГУ), г. Екатеринбург

**Ведущая организация:** ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук» (ИНГГ СО РАН), г. Новосибирск

**Защита диссертации состоится:** «22» мая 2014 года в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а, строение 5, 20 корпус, 504 аудитория, e-mail: tvn@tpu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Национального исследовательского Томского политехнического университета (634050, г. Томск, ул. Белинского, 55) и на сайте [dis.tpu.ru](http://dis.tpu.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 года

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор геолого-минералогических наук



Арбузов С.И.

## Общая характеристика работы

**Актуальность исследований.** Ежегодно мировой объем извлекаемой из недр горной массы возрастает на 65-75 млрд. т; в России он оценивается в 850 млрд. т, а ежегодный его прирост составляет около 7 млрд. т (Секисов и др., 2012).

Значительная часть разрабатываемых месторождений полезных ископаемых России сосредоточена на территории юга Центральной Сибири. В связи с ростом потребности в минеральном сырье объемы складированных и вновь образующихся горнопромышленных отходов на данной территории с каждым годом увеличиваются. В данном регионе одним из основоположников изучения проблем комплексного использования минерального сырья был И. К. Баженов, которым совместно с профессором А. П. Бунтиным была предложена и опробована в лаборатории кафедры химии Томского госуниверситета (1938–1941 гг.) технология комплексной переработки нефелиновых пород щелочным методом. Томскими профессорами была доказана рентабельность использования таких пород для получения глинозема с попутным получением цемента, соды, щелочи и других продуктов. У А. В. Мананкова работала научно-исследовательская лаборатория кинетики минералообразования и кристаллофизики, которой был собран банк данных о промышленных отходах со всего бывшего СССР, включая Эстонию, Украину, Узбекистан, Киргизию, была выпущена монография, посвященная описанию этих отходов и была предложена их минералого-петрогеохимическая классификация (Мананков, 2006). В Томском госуниверситете усилиями профессора А. В. Мананкова в 1985 г. была сформирована межвузовская научно-техническая программа «Комплексное использование природных ресурсов» Минвуза РФ, в которой заметное место уделялось вопросам реабилитации промышленных отходов страны.

Иссякающие запасы минерального сырья заставляют обращаться к новым источникам их получения. В утвержденной Распоряжением правительства РФ № 91-р от 30.01.2013 Государственной программе Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» в рамках развития минерально-сырьевой базы композитов, редких и редкоземельных металлов предусмотрено проведение геологоразведки отвалов техногенных отходов, постановка их на учет/баланс, что позволит выявить их инвестиционную привлекательность и обеспечить их эффективное и рациональное освоение. В настоящее время Государственным балансом Российской Федерации оценены и учтены объемы месторождений техногенного происхождения по многим видам полезных ископаемых. Наибольшее число среди них составляют золотосодержащие (более 100). В значительно меньшем количестве учтены оловянные (18), железорудные (17), мусковитовые (10), вольфрамовые (6), медные (7). В количестве от 1 до 4 учтены техногенные месторождения платиноидов, алмазов, молибдена, хрома, мышьяка, свинца, цинка, циркония, бокситов, фосфорных и апатитовых руд, редкоземельных и рассеянных элементов, серы и других (Быховский и др., 2011).

В последние годы проблеме изучения техногенных источников минерального сырья посвящено значительное количество работ различных исследователей (Б. Н. Ласкорин, К. Н. Трубецкой, В. А. Чантурия, Л. З. Быховский, В. Н. Уманец, А. Б. Макаров, Б. И. Беневольский, Л. С. Табаксблат, А. Г. Талалай, В. А. Макаров, В. Т. Борисович, В. В. Чайников, М. А. Сапрыкин, А. Г. Баранников, В. Ф. Павлов, Л. Ф. Наркелюн, В. А. Елохин, С. Б. Бортникова, Н. В. Мельников и многие другие).

Большое внимание этой проблеме, в том числе разработке классификации, составлению кадастра и методических указаний по геолого-экономической оценке техногенных минеральных ресурсов уделялось и уделяется в Казахстане (Б. С. Ужкенов, А. К. Мазуров и другие). Зачастую техногенное минеральное сырье представляет интерес для промышленной переработки, но, тем не менее, уровень использования техногенного сырья в Сибири остается крайне низким.

На настоящий момент времени создано большое количество классификаций как техногенного сырья (Секисов, 2012, Экономика, 2012 и другие), так и техногенных месторождений (Трубецкой и др., 1989, А. Б. Макаров, 2006, В. А. Макаров, 2001 и др.), они, в основном, носят общий характер, так как классифицируют объекты хранения отходов по отрасли их образования, способу разработки месторождения, форме, свойствам и так далее. В то же время техногенное сырье отличается от природного по многим показателям, вследствие этого требует иных подходов к проведению его геолого-экономической оценки. Решить эту проблему позволило бы создание классификации техногенных источников минерального сырья, в которой классификационным признаком были бы причины накопления ценных компонентов в отходах, что позволило бы прогнозировать участки скопления повышенных концентраций ценных компонентов, дифференцировать подход к оценке такого рода объектов и выдать рекомендации по возможности дальнейшей переработки техногенного минерального сырья.

**Цель исследований.** Разработка классификации техногенных минеральных ресурсов, учитывающей причину накопления в них ценных компонентов, и выявление их воздействия на окружающую среду.

В задачи работы входило:

- выявить объекты образования техногенных минеральных ресурсов на территории юга Центральной Сибири;
- составить схему расположения источников техногенного минерального сырья на территории юга Центральной Сибири;
- установить причины накопления в отходах ценных компонентов и разработать на этой основе классификацию техногенных минеральных ресурсов;
- обосновать, что отходы, формирующиеся на радиохимическом этапе ядерно-топливного цикла, являются специфичными источниками техногенного минерального сырья;
- показать воздействие отходов горнодобывающих производств на компоненты природной среды (на примере Черногорского горнодобывающего района (Республика Хакасия)).

**Фактический материал и методы исследований.** Основу диссертационной работы составляет фактический материал, собранный и обработанный автором совместно с сотрудниками и студентами кафедры геоэкологии и геохимии в 1997-2011 гг. на территории Сибири в рамках договорных и инициативных работ (около 400 проб техногенного сырья, включая пробы хвостов и золошлаковых отходов, дренажных шахтных вод, а также компонентов природной среды – почвенного покрова, снегового покрова, донных отложений, глин). Также широко использованы результаты исследований других специалистов в разное время занимавшихся изучением техногенного минерального сырья на этой территории (В. А. Макаров, В. И. Верещагин, А. В. Мананков, С. Б. Бортникова, Е. В. Лазарева, Л. П. Рихванов, С. И. Арбузов, Е. Г. Язиков, С. В. Азарова, В. М. Худяков, А. А. Поцелуев, А. Ф. Коробейников, А. Я. Пшеничкин, А. А. Айриянц, Н. В. Юркевич и другие).

Работа выполнялась в рамках проекта ведомственной научной программы «Развитие научного потенциала высшей школы» за 2005 год «Анализ состояния и перспективы использования техногенных источников минерального сырья в горнопромышленных районах юга Сибири», а также х/д № 2-105/08 «Геоэкологические исследования в зоне влияния ООО «Хакасразрезуголь» и разработка программы производственного экологического мониторинга на его территории».

Для решения поставленных задач использовались следующие научные методы: анализа и синтеза, сравнения и обобщения, построения классификаций. Работа по исследованию радиоактивных отходов, по причине специфики их формирования и нахождения, а также закрытости информации о них заключалась в анализе и систематизации литературных данных.

### **Защищаемые положения**

1. Предложена классификация техногенных минеральных ресурсов, учитывающая причины накопления в отходах различных производств ценных компонентов, которая позволяет на ранних стадиях изучения выявить их перспективность на предмет возможности получения из них дополнительной продукции и выбрать рациональную методику геолого-экономической оценки.

2. В процессе работы разделительных и радиохимических заводов ядерно-топливного цикла формируются техногенные образования, которые могут рассматриваться как специфичные техногенные минеральные ресурсы фтора, урана, платиноидов и теллура.

3. Разнотипные отходы, формирующиеся в районах деятельности горнопромышленных предприятий юга Центральной Сибири, формируют мощные зоны воздействия на компоненты природной среды, имеющие ярко выраженные геохимические особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

- разработана классификация техногенных минеральных ресурсов, учитывающая причины накопления в них ценных компонентов;
- изучен элементный состав бентонитовых глин, добываемых ОАО «Хакасский бентонит», ООО «Аргиллит», золошлаковых отходов промкотельных

разрезов «Кедровский», «Черногорский», шахты «Хакасская», дренажных шахтных вод шахты «Хакасская», отходов обогащения руд месторождений: Юлия Свинцовая, Юлия Медная, Сорское, Киялых-Узень;

- установлены элементы-индикаторы влияния отходов горнодобывающих предприятий на трансформацию состава природных сред;

- охарактеризованы виды продукции, возможные к получению из отходов предприятий радиохимической стадии ядерно-топливного цикла.

**Достоверность защищаемых положений** обеспечена значительным количеством проб, изученных современными высокочувствительными аналитическими методами, а также глубокой проработкой литературных данных по теме исследований.

**Практическая значимость работы.** Для юга Центральной Сибири создана схема расположения источников образования техногенного минерального сырья в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности на основе оцифрованной автором металлогенической карты АССО.

Установлены повышенные содержания V, Y, Yb, Ba, La, Ce, Nb, Bi, Be в золошлаковых отходах промкотельной шахты «Хакасская», Pb и Zn – в хвостах старого хвостохранилища месторождения Юлия. Сделан вывод о возможности использования ЗШО сжигания угля Бородинского разреза как комплексного удобрения, ввиду повышенного в них содержания Ca, P и Mn.

Созданная классификация техногенных минеральных ресурсов позволяет на стадии предварительного изучения техногенных минеральных объектов прогнозировать места возникновения скоплений минерального сырья с повышенными содержаниями ценных компонентов, что дает возможность рационально провести геолого-экономическую оценку техногенного месторождения.

Оценены основные подходы к методике геолого-экономической оценки техногенных минеральных объектов.

Результаты исследований представлены в виде отчета по г/б теме (№ госрегистрации 01200504856), а также в виде отчетов по х/д в отделы охраны окружающей среды ООО «СУЭК-Хакасия» – шахты «Хакасская» и разреза «Черногорский» и были использованы нами для составления программы производственного экологического мониторинга и рекомендаций по перечню природоохранных мероприятий для шахты «Хакасская».

Материалы диссертационной работы используются при преподавании курсов «Геология полезных ископаемых», «Основы природопользования и экономика сырьевых ресурсов», «Технологические проблемы обращения с отходами добычных производств», «Экология геологоразведочных работ и горнодобычного производства. Рекультивация земель», «Геоэкология» для студентов специальностей «Геология», «Геоэкология» кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Томского политехнического университета.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения работы докладывались автором на конференциях различного уровня и научных семинарах кафедры геоэкологии и геохимии. По теме исследований автор

являлась ответственным исполнителем двух хоздоговорных работ и одной госбюджетной темы.

По теме диссертации опубликовано 27 работ (из них 4 – в рецензируемых журналах из перечня ВАК).

**Структура и объем работы.** Диссертация объемом 226 страниц состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературных источников из 315 наименований, и 2 приложений, содержит 37 таблиц и 41 рисунок.

**Личный вклад** автора заключается в постановке задач, выборе методики исследования, сборе, интерпретации результатов анализа, обобщении результатов, изложенных в диссертации. Автором сформулированы защищаемые научные положения, сделаны выводы.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Леониду Петровичу Рихванову за внимание, ценные советы и всестороннюю помощь при выполнении работы.

Искреннюю благодарность автор приносит сотрудникам кафедры геоэкологии и геохимии д. г.-м. н., профессору С. И. Арбузову, д. г.-м. н., профессору Е. Г. Языкову, д. б. н., профессору Н. В. Барановской, к. г.-м. н. В. А. Домаренко, к. г.-м. н. С. В. Азаровой, к. х. н. Н. А. Осиповой, к. г.- м. н. А. В. Волостнову, к.г.-м. н. В. В. Ершову, к. г. н. Н. П. Соболевой, к. г.-м. н. А. В. Таловской, к. г.-м. н. Т. А. Монголиной, к. г.-м. н. Л. В. Жорняк, Е. М. Черневу, А. Ю. Иванову, С. С. Ильенку, к. г.-м. н. Д. В. Наркович, к. г.-м. н. В. И. Рыбалко, с.н.с. А. Ф. Судыко, инженеру Л. В. Богутской, Г. А. Бабченко, В. В. Жукову, Е. В. Перегудиной, И. Н. Найбауэр за ценные советы, выполнение аналитических исследований и помощь при подготовке и оформлении работы. За помощь в подготовке проб автор благодарен бывшим студентам кафедры геоэкологии и геохимии И. Р. Шайхиеву, Е. А. Смехуновой, Е. В. Сметаниной, Е. А. Литусовой.

За ценные замечания, высказанные по работе, автор благодарит д. г.-м. н., профессора А. К. Мазурова, д. г.-м. н., профессора А. А. Поцелуева, д. г.-м.н. А. В. Мананкова. Особую благодарность автор выражает сотрудникам ООО «СУЭК-Хакасия» шахта «Хакасская» И. П. Павлову, Н. И. Малковой и ГНУ АРИ «Экология» к. г.-м.н. Р. В. Любимову за помощь и содействие при выполнении работ.

### **Основное содержание работы**

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы исследований, определены цель и задачи диссертационной работы, обозначен личный вклад автора в исследования по данной теме, отражена научная новизна работы и практическая значимость полученных результатов, а также сформулированы защищаемые положения

В **первой главе** рассмотрено современное состояние и степень изученности техногенных источников минерального сырья.

Во **второй главе** приводится характеристика источников образования техногенного минерального сырья на юге Центральной Сибири и приводится схема их расположения.

В **третьей главе** приводится описание основных методов исследования и анализа.

В **четвертой главе** представлена разработанная нами классификация техногенных минеральных ресурсов.

В **пятой главе** охарактеризованы радиоактивные отходы предприятий ядерно-топливного цикла региона, как возможный источник ценных компонентов.

В **шестой главе** приводится оценка вклада отходов предприятий Черногорского горнодобывающего района в трансформацию состава природных сред на данной территории.

В **седьмой главе** охарактеризованы подходы к геолого-экономической оценке техногенных минеральных объектов.

В **заключении** подведены итоги исследований, сформулированы основные выводы и рекомендации.

### **Защищаемые положения**

**Первое защищаемое положение.** *Предложена классификация техногенных минеральных ресурсов, учитывающая причины накопления в отходах различных производств ценных компонентов, которая позволяет на ранних стадиях изучения выявить их перспективность на предмет возможности получения из них дополнительной продукции и выбрать рациональную методику геолого-экономической оценки.*

Анализ условий накопления ценных компонентов в техногенных минеральных объектах позволил нам предложить классификацию техногенных месторождений. Основным классификационным признаком в ней является причина накопления техногенных минеральных ресурсов в отходах различных производств (табл.1). По степени изученности исходного сырья выделено 2 типа техногенных минеральных ресурсов:

**1 тип: неизученные или недостаточно изученные ТМР;**

**2 тип: изученные ТМР.**

В 1 типе нами было выделено 3 класса:

**Класс 1.1 ТМР, представленные ранее неизвестными компонентами:**

**Группа 1.1.1 компоненты не известные науке в период отработки месторождения.** Примером могут служить Рудные горы Чехословакии, из руд которых уже в 15-16 веках добывалось серебро, остальные компоненты, в том числе богатые урановые руды уходили в отвал. С момента открытия в 1896 году явления радиоактивности эти отвалы стали использовать как источники радия – продукта распада  $U^{238}$ , один грамм которого оценивался в 1 миллион золотых рублей, а после 1939 года, когда было открыто явление деления ядер урана, и началась борьба за ядерное преимущество, из этих же отвалов добывался уран.

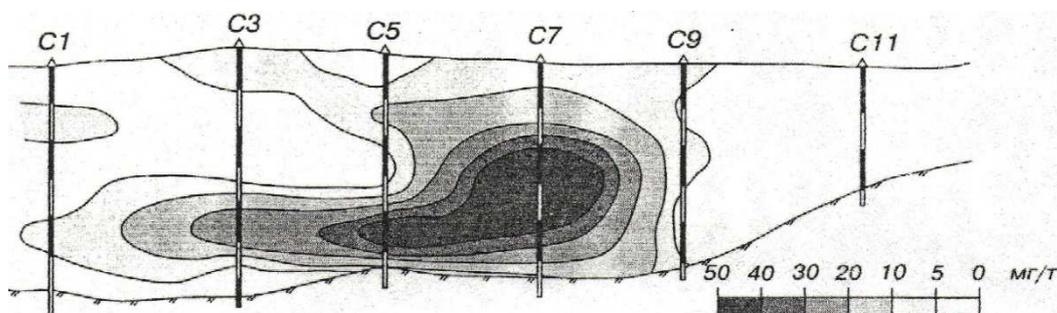
**Табл. 1. Классификация техногенных минеральных ресурсов по причинам их накопления в отходах**

Тип	Класс ТМР	Группа ТМР		Примеры объектов образования и накопления ТМР	
		ранее неизвестные компоненты	компоненты, не известные науке в период отработки месторождения		
1. Незученные или недостаточно изученные ТМР	1.1	ранее неизвестные компоненты	1.1.1	компоненты, не известные науке в период отработки месторождения	месторождения пегматенной рудной формации. Рудные горы Чехии и Германии.
			1.2	недоизученные в составе добываемого и перерабатываемого сырья компоненты	путные компоненты, накопленные из-за недостаточной степени изученности состава добываемого сырья различного типа
	1.3	пустые породы	1.2.1	ценные изотопы, являющиеся продуктами деления ядер урана в ядерно-топливном цикле	платиноиды и теллуры в радиоактивных отходах СХК, ГХК, НПО «Маяк»
			1.2.2	компоненты, накопленные в отходах сжигания топлива и металлургическом переделе	золотшлаковые отходы ГРЭС и ТЭЦ
			1.2.3	компоненты, накопленные в бытовых и промышленных отходах	полигоны отходов и неорганизованные свалки XIX – первой половины XX вв.
2. Изученные ТМР	2.1	не извлеченные из-за отсутствия или несовершенства технологий их извлечения компоненты	1.2.4	пустые породы, не оцененные для использования в проведении рекультивационных работ, в строительной индустрии и т.п.	вскрышные и вмещающие породы различных типов месторождений
			2.1.1	компоненты, накопленные вследствие несовершенства существующих на момент разработки месторождения технологий добычи сырья	обедненный гексафторид урана разделительных заводов ядерно-топливного цикла
			2.1.2	компоненты, накопленные вследствие несовершенства существующих на момент разработки месторождения технологий добычи сырья	эфельные отвалы отработанных золотоносных россыпей, техногенные россыпи коренных месторождений благородных металлов
	2.2	не извлеченные из-за нарушения технологии или требований к комплексному использованию сырья компоненты	2.1.3	компоненты, накопленные вследствие несовершенства существующих на момент обогащения технологий переработки сырья	шламоохранилища, хвостоохранилища перерабатывающих производств
			2.2.1	компонент, накопленный вдоль путей транспортировки, в районах перегрузки и хранения сырья и готовой продукции.	нефтеохранилища, нефтебазы, площадки хранения руды продуктов её переработки
2.2	использованию сырья компоненты	2.2.2	компоненты, используемые в технологических цепях химических, металлургических и других производств	производства, использующие хромирование, никелирование, золочение в технологической цепи	
		2.2.3	компоненты, накопленные в зданиях и помещениях при проведении технологических процессов (плавка, аффинаж и т.д.)	аффинажные (например Au) и другие перерабатывающие предприятия	
		2.2.4	компоненты, накопленные в сточных водах различных производств	подтоварные воды, извлекаемые на поверхность Земли при добыче нефти, пруды-отстойники сточных вод	
			2.2.5	компоненты, накопленные из-за нарушения технологий захоронения отходов	отходы предприятий ЯТЦ (Pu) и другие объекты захоронения токсичных отходов

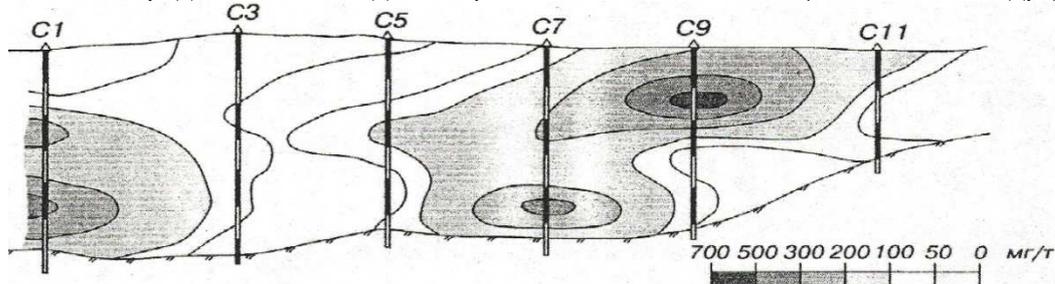
**Класс 1.2 ТМР, представленные недоизученными в составе добываемого и перерабатываемого сырья компонентами:**

**Группа 1.2.1** – компоненты, накопленные из-за недостаточной степени изученности полного элементного состава добываемого минерального сырья. К объектам этой группы можно отнести многочисленные отвалы, хвосты переработки, золы и шлаки, илы отстойников самых разнообразных месторождений Сибири, содержащих ценные компоненты в промышленно значимых концентрациях, о чем на момент добычи и переработки руды отсутствовала информация.

Примером такого типа ТМО также могут являться иловые отстойники Ольховской ЗИФ, перерабатывающей руды Чибижекского рудного узла, изучавшиеся в геолого-аналитическом центре «Золото-платина» при Томском политехническом университете (Пшеничкин, 2006). В эфелях фабрики, кроме золота, были выявлены повышенные содержания платины и палладия, о которых ранее ничего не было известно (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Распределение палладия в эфелях Ольховской ЗИФ (Пшеничкин и др., 2006)



**Рис. 2.** Распределение платины в эфелях Ольховской ЗИФ (Пшеничкин и др., 2006)

В качестве еще одного примера, могут быть рассмотрены хвосты переработки руд медно-молибденового месторождения Киялых-Узень обнаружены повышенные относительно кларка в земной коре по Тейлору (1964) содержания Ag, Zn, As, Sn, Cr, Pb, Sb, что говорит о недостаточной степени изученности элементного состава руд месторождения (Усманова и др., 2013). Следовательно, можно рассматривать вопрос о возможности получения сырья для Туимского завода по обработке цветных металлов на базе старого хвостохранилища месторождения Киялых-Узень при наличии технологий по извлечению компонентов с низким содержанием в отходах переработки, например кучного выщелачивания.

**Группа 1.2.2** – ценные изотопы, являющиеся продуктами деления ядер урана в ядерно-топливном цикле. Примером таких объектов являются

радиоактивные отходы, образующиеся на радиохимических заводах при переработке отработанного ядерного топлива, в которых происходит накопление продуктов деления ядер урана, среди которых особый интерес представляют благородные элементы (Ru, Rh, Pd) (Усманова, 2009). Количество металлов платиновой группы в ОЯТ зависит от вида топлива, глубины его выгорания в реакторе и продолжительности последующей выдержки и наибольших величин достигает в топливе реакторов на быстрых нейтронах (Ренард, 1993).

**Группа 1.2.3 – компоненты, накопленные в отходах сжигания топлива и металлургическом переделе.** Например, в золошлаковых отходах, образующихся в промышленной котельной шахты «Хакасская» обнаружены повышенные концентрации Be – в 4, V в 16, Y в 10, Nb и Bi в 6 раз превышающие минимальные промышленно значимые для зол углей и Ba – в 2,5 раза превышающие кларк для золы углей по Я. Э. Юдовичу (Усманова, 2012).

**Группа 1.2.4 – компоненты, накопленные в бытовых и промышленных отходах.** Примером могут быть полигоны бытовых отходов, на которых с бытовым мусором теряется вторичное сырье, содержащее Fe, Ag, W, Sn, Cu, Zn, Pb, Ni, Al и многие другие металлы. Общеизвестно, что за счет использования твердых бытовых отходов при производстве 1 т алюминия можно сэкономить около 5 т бокситов, а при производстве 1 т меди почти 130 т медной руды (Теоретические..., 1998). Бытовые отходы, после извлечения из них металлов, могут широко использоваться в топливной энергетике, так как их теплотворная способность весьма близка к теплотворной способности каменного угля.

### **Класс 1.3 ТМР, представленные пустыми породами:**

**Группа 1.3.1 – пустые породы, не оцененные для использования в проведении рекультивационных работ и в строительной индустрии и по другим подобным направлениям.** К таким техногенным объектам могут быть отнесены отвалы вскрышных пород, отходы обогащения и металлургического передела, для которых пока еще не были найдены эффективные области использования.

Также к объектам этого типа относятся пески и глины, бутовый камень, золошлаковые образования и тому подобные объекты, которые могут быть использованы, например, в качестве строительных материалов. Перспективы освоения подобных объектов в Сибири, огромны; на территории рассматриваемого нами района находится огромное количество таких объектов. Например, А. Д. Шильциной была составлена схема размещения техногенного сырья для производства керамики на территории Республики Хакасия и юга Красноярского края (Шильцина, 2004).

Во 2 типе (изученные ТМР) нами было выделено 2 класса:

**Класс 2.1 связан с потерями ценных компонентов из-за отсутствия или несовершенства технологии их извлечения.**

**Группа 2.1.1 – компоненты, накопленные из-за отсутствия технологий переработки образующихся отходов.** Примером объектов этого типа является

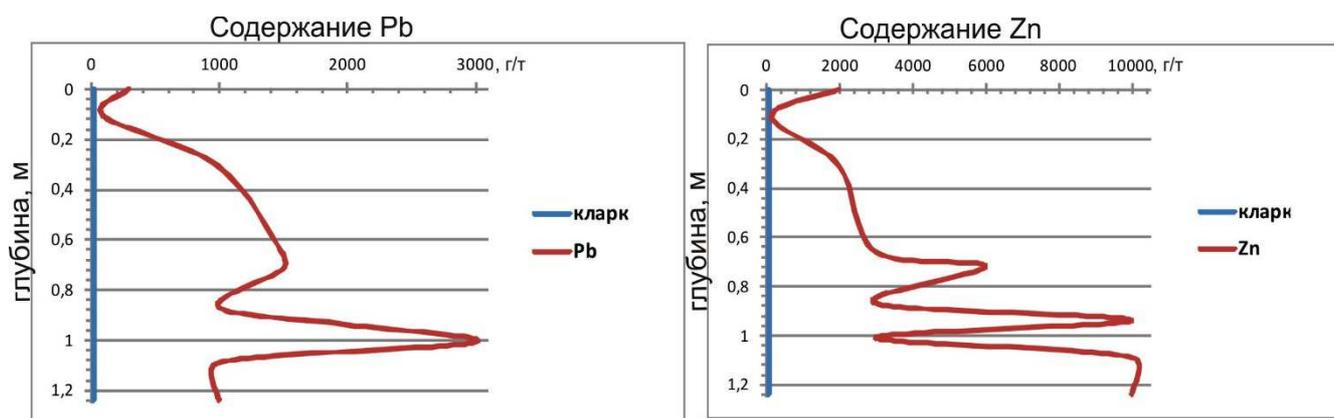
обедненный гексафторид урана  $UF_6$  (ОГФУ). Только Россия и США накопили уже около 1,5 млн. т ОГФУ (Экономика, 2013). В свою очередь, по своему изотопному составу (остаточное содержание  $U^{235}$  в нем составляет около 0,2-0,3 %) это высококачественное сырье, которое по своему качеству не уступает естественному природному урану. Кроме того, в каждой тонне отвального  $UF_6$  содержится 0,324 т фтора, исходя из объемов накопленного в России ОГФУ, можно предположить, что в нем содержится более 265 тыс. т фтора.

**Группа 2.1.2** – компоненты, накопленные вследствие несовершенства существующих на момент разработки месторождения технологий добычи сырья. Наиболее ярким примером таких объектов являются отходы, образующиеся при разработке золоторудных и других благороднометалльных россыпей. Этот тип ТМС широко развит на территории юга Центральной Сибири, где добыча золота из россыпей осуществляется более 150 лет. По современным оценкам и многочисленным литературным данным, современные старательские артели, использующие традиционные промывочные приборы, теряют от 20 до 50 % золота (Афанасенко, 2010).

В. А. Макаровым были предложены две модели формирования техногенных золотосодержащих объектов: 1) с преобладанием процессов рассеивания золота (техногенные россыпи) и 2) с преобладанием процессов концентрации золота. Но в обоих случаях главной причиной концентрации золота на таких объектах является технологический фактор (В.А. Макаров, 2010). Этот тип ТМО характерен для юга Сибири (россыпь р. Кундустуюл и другие).

**Группа 2.1.3** – компоненты, накопленные вследствие несовершенства существующих на момент обогащения технологий переработки добываемого сырья. По данным наших исследований в пробах из хвостохранилища, в которое складировались хвосты обогащения руд не обрабатываемых в настоящее время месторождений Юлия свинцовая и Юлия медная по данным опробования 1997, 2006 (Усманова и др., 2006), 2008 (Усманова, 2012) гг., были обнаружены повышенные относительно кларка в земной коре по Тейлору (1964) средневзвешенные значения  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ . На отдельных горизонтах содержания  $Pb$  и  $Zn$  близки к минимальным промышленным содержаниям. Следовательно, имели место потери основных компонентов руд месторождения при обогащении (рис. 3).

В пробах хвостов обогащения медно-молибденовых руд Сорского ГОКа обнаружены высокие по отношению к кларку в земной коре по Тейлору (1964) средневзвешенные содержания  $Cu$ ,  $Mo$ ,  $Ag$ . И хотя содержания компонентов в отходах обогащения не превышают минимальных промышленных значений, можно сделать вывод, что используемая технология переработки на данном объекте не позволяет полностью извлекать основные компоненты перерабатываемых руд.



**Рис. 3.** Распределение содержания свинца и цинка по разрезу хвостохранилища Юлия (по отношению к их кларку в земной коре)

**Класс 2.2 компоненты, не извлеченные из-за нарушения технологии или требований к комплексному использованию сырья.**

**Группа 2.2.1** – компоненты, накопленные вдоль путей транспортировки, в районах перегрузки и хранения сырья и готовой продукции.

Примером здесь могут являться почвогрунты вдоль путей транспортировки сырья и готовой продукции с промышленно значимыми содержаниями ценных элементов.

К этому типу объектов также могут быть отнесены скопления нефтепродуктов с извлекаемыми объёмами в сотни, тысячи и более куб. метров, формирующиеся в почвогрунтах и приповерхностных горизонтах в районе нефтебаз, нефтехранилищ, нефтеперерабатывающих заводов, находящихся в эксплуатации достаточно длительный срок (20, 30 и более лет) за счёт постоянных утечек, происходящих (или, по крайней мере, происходивших ранее) практически на всех стадиях производства (Шакуро, 2009). Как правило, они представляют собой достаточно компактные линзы нефтепродуктов.

Также примером накопления повышенных концентраций ценных компонентов в районах хранения и перегрузки сырья, может являться промплощадка шахты «Хакасская», на которой производится хранение и перегрузка для отправления на дальнейшую переработку добываемого каменного угля, а также бентонитовых глин, добываемых ООО «Аргиллит». На данном объекте нами были выделены потери ценных компонентов, содержащихся в добываемых каменном угле и бентонитовых глинах, которые установлены нами на промплощадке шахты, подробно этот объект рассмотрен в 6 главе настоящей работы.

**Группа 2.2.2** – компоненты, используемые в технологических цепях химических, металлургических и других производств, накапливающиеся в отходах производства. Примером такого типа объектов могут быть отстойники шламонакопителей производств, использующих процессы хромирования, никелирования, золочения и т.д., когда в шламах или вентиляционной пыли происходит накопление Cr, Ni, Au и других компонентов.

**Группа 2.2.3** – компоненты, накопленные в зданиях и помещениях при проведении технологических процессов (плавка и т.д.). К этой группе нашей

классификации можно отнести конструкции зданий и сооружений, в которых осуществлялся аффинаж драгоценных металлов, например, золотоплавильные или золото-аффинажные заводы, а также почвогрунты прилегающих к ним территорий. Примером такого типа объектов является район старого аффинажного завода в г. Новосибирске, который был закрыт в 1994 г., но экспертиза установила, что в стенах цехов и в грунте завода за время его работы произошло накопление драгоценных металлов. Стены цехов до арматуры и грунт до 80 см были перемолоты и переплавлены, в результате было извлечено 630 кг золота, 4,5 т серебра (История..., 2013).

**Группа 2.2.4 – компоненты, накопленные в сточных водах различных производств.** Примером таких техногенных объектов могут являться пластовые воды нефтяных месторождений.

В ЗАО «Экостар-Наутех» разработана безотходная технология комплексной переработки рассолов Сибирской платформы хлоридного Ca-Mg и Ca-Mg-Na типов с получением литиевой продукции, бромных, магниевых и кальциевых соединений. При этом в технологии используются реагенты, производимые из исходных или маточных рассолов (Рябцев и др., 2013). В России также имеется опыт переработки пластовых вод с целью извлечения йода и брома – на Троицком и Пермском химических заводах (Зибарева, 2012).

Другим примером такого рода объектов могут являться шахтные, карьерные, подотвальные воды горнорудных предприятий. В литературе известны данные исследований Беловского пруда-отстойника (Кемеровская область) дренажных вод из-под отвалов Беловского цинкового завода, в которых полезные компоненты находятся в промышленно значимых концентрациях и в легкоизвлекаемых формах (Юркевич, 2009).

**Группа 2.2.5 – компонентов, накопленные из-за нарушения технологии захоронения отходов.** Примером такого типа объектов являются высокоактивные жидкие ВАО предприятий ядерно-топливного цикла. Так, например, в результате длительного хранения ЖРО в поверхностных хранилищах образуются иловые отложения с повышенным содержанием урана, плутония и других радионуклидов (Крышев, 2000), в настоящее время на объектах Минатома хранятся десятки тысяч кубометров радиоактивных пульп, содержащих суммарно до 1,5 т оружейного плутония (Шидловский, 2009).

**Второе защищаемое положение. *В процессе работы разделительных и радиохимических заводов ядерно-топливного цикла формируются техногенные образования, которые могут рассматриваться как специфичные техногенные минеральные ресурсы фтора, урана, платиноидов и теллура.***

Обедненный гексафторид урана (ОГФУ), образуется при изотопном разделении урана. На территории юга Сибири он образуется и хранится на разделительных заводах в гг. Северск, Ангарск, Зеленогорск. В случае доизвлечения  $U^{235}$  из образовавшегося отвального продукта может быть получено определенное количество материала, имеющего существенный спрос, и предотвращены затраты на разработку урановых руд, причем себестоимость

извлечения урана даже из отвального  $UF_6$  меньше, чем при извлечении урана из природного сырья. Имеющиеся в настоящее время технологии позволяют переводить ОГФУ в более удобную для длительного хранения закись-окись обедненного урана и получать фтороводородную кислоту, востребованную во многих отраслях промышленности.

Выполненный анализ имеющихся геохимических материалов по урановым рудам из реакторной зоны природных ядерных реакторов Окло и Богомбо (F. Gauthier-Lafaye и др., 1996; Hidaka и др., 1998), которые, по своей сути, являются аналогом отработанного в промышленных реакторах ядерного топлива, показали, что в них происходило образование ряда химических элементов, являющихся продуктами деления ядер урана (табл. 2).

**Табл. 2** Содержание некоторых микроэлементов (г/т) в рудах из реакторной зоны и вне её (по Рихванову и др., 2004)

Элементы	Номера проб					
	1400	<b>1469</b>	<b>1480</b>	<b>1492</b>	1640	1700
Ru	-	200	71,6	306	-	-
Rh	-	38,09	14	50,5	-	-
Pd	-	26,9	11,1	37,2	-	-
Te	-	34,5	12,4	48,8	-	-

Примечание: прочерк – элемент не обнаружен; жирным шрифтом выделены пробы из реакторной зоны

Таким образом, и в отработанном ядерном топливе (ОЯТ) промышленных ядерных реакторов происходит накопление продуктов деления ядер урана, таких как Ru, Rh, Pd, Te, вследствие чего оно может представлять промышленный интерес.

Согласно схеме переработки ОЯТ – пурекс-процессу – на первой стадии его растворяют в азотной кислоте, в результате образуется 2 технологических потока, которые могут содержать металлы платиновой группы (МПГ): жидкие высоко активные отходы (ВАО) и нерастворимые остатки (НО), оставшиеся в аппаратах для растворения (Беляев, 2003). По усредненным оценкам разных авторов осколочные платиноиды распределяются между раствором и НО в соотношении  $(50 \pm 15)$ , при этом в большей степени в раствор переходит палладий и в меньшей – родий. С увеличением глубины выгорания, в том числе при переходе от топлива реакторов на тепловых нейтронах к топливу реакторов на быстрых нейтронах будет увеличиваться доля платиноидов, связанных с нерастворимыми остатками (Ренард и др., 1993).

Содержание в ОЯТ нерастворимых остатков по одним данным составляет 3-5 кг/т, содержание в них металлов платиновой группы может достигать 35-40 % (Ренард и др., 1993). По другим данным, НО составляют 0,19-0,65 % массы топлива и содержат от 44 до 68,7 масс.% МПГ. Данные нерастворимые остатки можно выделять методами высокоскоростного центрифугирования или ультрафильтрации.

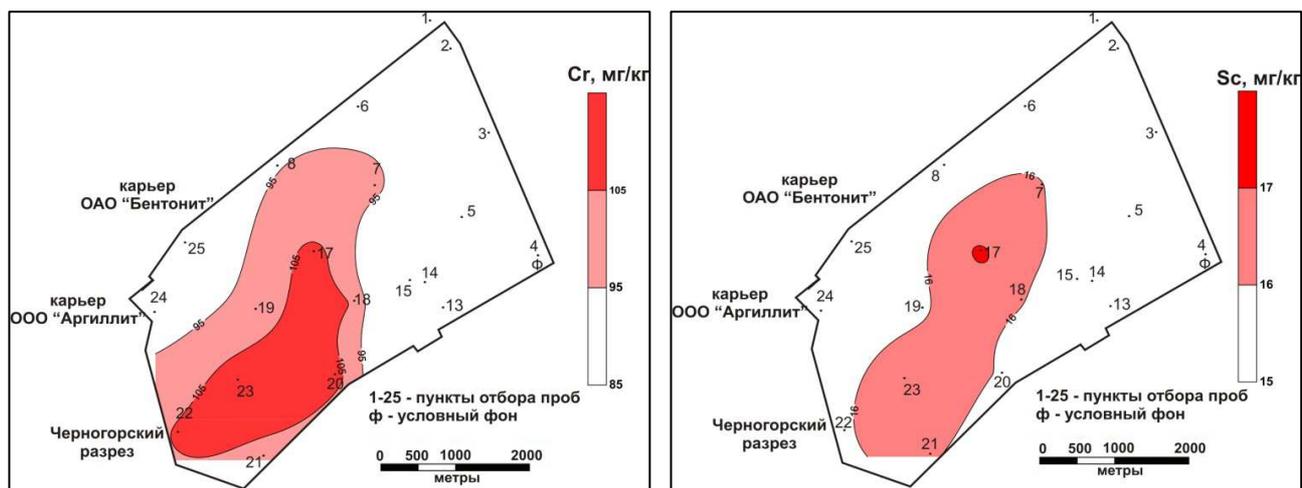
2/3 осколочных платиноидов остается при пурекс-процессе в жидких радиоактивных отходах, которые также содержат продукты коррозии конструкционных элементов обработавших ТВЭЛов и радиохимической аппаратуры (Fe, Cr, Ni, Ti, Mn и др.). Суммарная концентрация этих элементов может достигать 10 г/л, содержание Ru, Rh, и Pd в них составляет сотни мг/л (Григорьева, 2007). Имеется ряд разработок по извлечению платиноидов из подобного рода отходов (Никитина и др., 2006, Торгов и др., 2004, 1996, Зайцев и др., 2005, Киршин и др., 2005, Гевирц и др., 2005, Королев и др., 2005, Татарчук и др., 2003, Суворова и др., 2013, Арсеенков и др., 1992, Шалдаев, 1990, Kirishima и др., 1993, Demopoulos, 1986, Knothe, 1983 и другие).

**Третье защищаемое положение. *Разнотипные отходы, образующиеся в районах горнопромышленных предприятий юга Центральной Сибири, формируют мощные зоны воздействия на компоненты природной среды, имеющие ярко выраженные геохимические особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья.***

Особенностью изученной в работе территории является ее нахождение в зоне влияния нескольких крупных объектов добычи минерального сырья: шахты «Хакасская», разреза «Черногорский», ООО «Аргиллит», ОАО «Хакасский бентонит». В результате компоненты природной среды подвергаются сочетанному воздействию различных отходов: твердых, представленных в основном отходами добычи, складирующимися в отвалы и на промплощадках и подвергающихся процессам ветровой и водной эрозии, а также аэрозолями, выбрасываемыми в атмосферный воздух и рассеивающимися на значительные расстояния при открытом способе добычи, а при подземном способе добычи концентрирующимися в районах вентиляционных шурфов шахт; а также жидких отходов, представленных дренажными шахтными и подотвальными водами, сбрасываемыми в отстойники.

Проведенный анализ снегового покрова показал, что на рассматриваемой территории в количествах, превышающих фоновые значения, накапливаются элементы, для которых установлены повышенные содержания в добываемом сырье, и ореолы наибольших их концентраций соответствуют зонам воздействия отходов горнодобывающих предприятий данного района. Например, ореолы высоких концентраций Cr, Sc образуют идентичную структуру, вытянутую в юго-западном направлении, следовательно их поступление обусловлено отвалами пород вскрыши разреза «Черногорский» (рис. 4).

Ореолы высоких содержаний в твердом осадке снегового покрова Ce, Sr, Hf, La, Lu, Yb, U, Th соответствуют территориям промплощадок шахты «Хакасская» (район размещения угольных складов, отвалов и котельной) и ООО «Аргиллит», а также району вентиляционных выбросов из шахты, следовательно они обусловлены ветровым переносом отходов добычи минерального сырья на данной территории.



**Рис. 4.** Пространственное распределение хрома и скандия в твердом осадке снегового покрова рассматриваемой территории

Ореолы высоких содержаний в почвенном покрове Се, Со, Нf, La, Тb, Eu, U, Th имеют схожую структуру и соответствуют территории промплощадки шахты «Хакасская» (район размещения угольных складов, отвалов пустой породы и котельной) и промплощадки ООО «Аргиллит», а также в районе вентиляционных выбросов из шахт, повышенные содержания Th, Тb и Нf отмечены также в районе карьера ООО «Аргиллит», что объясняется повышенными содержаниями этих элементов в глинах, добываемых на данной территории. На отдельных участках в почвах в повышенных содержаниях обнаружен Вi (промплощадка ООО «Аргиллит» и в районе карьера ОАО «Хакасский бентонит»). Можно предполагать, что источником поступления висмута в почвы является добыча и переработка глин в данном районе, в которых его содержание превышает кларк для почв в 2,6 раза. Следовательно, на рассматриваемой территории причиной накопления химических элементов в почвенном покрове является воздействие отходов горнодобывающих предприятий района.

Из полученных нами данных следует, что повышенные содержания в золе растений на территории горного отвода шахты характерны для Ca, Sc, Sr, Ba, Br, Th и Sb, то есть, практически соответствуют таковым, установленным в твердом осадке снегового покрова и компонентам, находящимся в значимых концентрациях в минеральном сырье, добываемом и перерабатываемом на изучаемой территории. Этот факт свидетельствует, что причиной накопления элементов в растительности является их ветровой перенос с отходами открытой добычи и вентиляционными выбросами из шахты, об этом свидетельствуют их наибольшие содержания в районах расположения основных источников воздействия: отвалов Черногорского разреза, карьеров ООО «Аргиллит» и ОАО «Хакасский бентонит», а также в районе основной промплощадки ООО «СУЭК-Хакасия» шахты «Хакасская» и вентиляционных выбросов шахты.

Анализ состава дренажных шахтных и подземных вод также показал зависимость их состава от специфики разработки угольного месторождения. Так, макрокомпонентный состав вод показывает превышение ПДК по минерализации, общей жесткости и тем компонентам, которыми они обусловлены (Усманова,

2012). Наблюдается также повышенное содержание в шахтных водах взвешенных веществ, представленных частицами угольной пыли.

Анализ состава донных отложений показал, что как в донных отложениях отстойника шахты, так и в донных отложениях поверхностных накопителей шахтных вод, накапливаются компоненты, специфичные для добываемого на изучаемой территории сырья: Na, Ca, Sc, Co, Br, Sr, Sb, Au, что свидетельствует об имеющемся влиянии отходов добычи сырья на данной территории (а именно дренажными шахтными и подотвальными водами) на изменение химического состава донных отложений, являющегося следствием их поступления со сточными водами.

Проведенные исследования позволили нам выделить элементы-индикаторы объектов добычи минерального сырья Черногорского горнодобывающего района (таблица 3).

**Табл. 3.** Элементы-индикаторы источников воздействия на окружающую среду в районе горного отвода шахты «Хакасская»

Черногорский разрез	Промплощадка шахты «Хакасская»	ООО «Аргиллит»	ОАО «Хакасский бентонит»
Sc, Co, Cr, Sr, Ta, Co, Br, Ba, Ce, Eu, Yb, U	Cr, Sc, Co, Br, Sr, Ba, Eu, Yb, Hf, Ta, Th, Be, V, Pb	Sr, As, Sb, Ba, La, Ce, Eu, Tb, Yb, Hf, Au, U, Be, Cu, Bi	As, Sr, Ba, La, Ce, Eu, Tb, Yb, Hf, Au, Th, U, Li, Zn, Mo, Pb, Bi

В ходе анализа полученной информации о распределении химических элементов в природных средах данной территории выявлены участки, наиболее подверженные воздействию отходов горнодобывающих предприятий Черногорского горнодобывающего района, представленные на рис. 5.

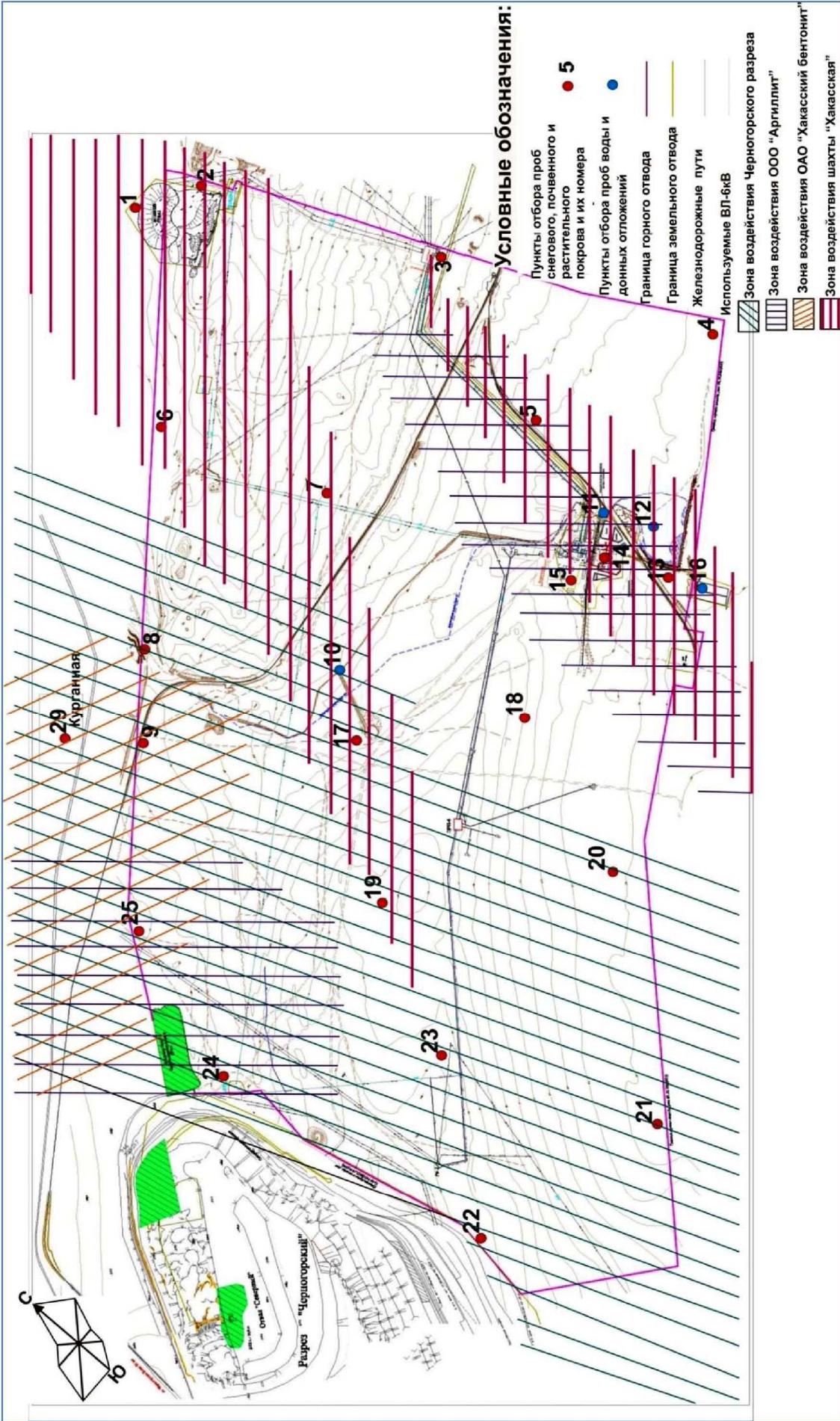
### Заключение

На основе проведенных исследований сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. На территории юга Центральной Сибири в результате деятельности предприятий различных отраслей горнодобывающей и перерабатывающей промышленности сформированы техногенные минеральные образования различного типа, которые, в подавляющем большинстве случаев, пока являются невостребованными минеральными ресурсами.

2. Установлены причины накопления в минеральных отходах различного типа ценных компонентов, и по этому классификационному признаку предложена классификация техногенных минеральных ресурсов, позволяющая выбрать методику их геолого-экономической оценки на основе анализа возможной локализации скоплений ценных компонентов в «теле» техногенного объекта.

3. Охарактеризованы виды отходов предприятий ядерно-топливного цикла, которые рассмотрены на предмет получения из них полезной продукции и для которых установлены технологии извлечения. Таковыми являются обедненный



**Рис. 5.** Схема зонирования воздействия отходов горнодобывающих предприятий на компоненты природной среды (на примере Черногорского горнодобывающего района)

гексафторид урана, как источник фтора и закиси-оксида урана, а также жидкие радиоактивные отходы от растворения отработанного ядерного топлива, как источник платиноидов и некоторых других компонентов (Те).

4. На примере Черногорского горнодобывающего района среднего по масштабам добычи, показано воздействие отходов горнодобывающих предприятий на компоненты природной среды с выделением зон и элементов-индикаторов воздействия каждого из предприятий, доказывающее, что подобная ситуация возможна на любом объекте, являющимся источником образования отходов и не занимающимся вопросами их комплексного использования.

5. Использование техногенных минеральных ресурсов позволит не только получить дополнительный экономический эффект, но и будет способствовать улучшению состояния окружающей среды в районах размещения отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

6. В качестве рекомендации предлагается создание кадастра техногенных минеральных ресурсов юга Центральной Сибири, который позволил бы наметить первоначальные объекты для проведения оценки возможности их использования для получения ценной продукции.

### **Список основных опубликованных работ автора по теме диссертации**

#### ***Статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК***

1) **Усманова Т. В.**, Рихванов Л. П. Отходы предприятий ядерно-топливного комплекса как техногенные месторождения // Вестник Томского государственного университета. Сер. Науки о Земле. – 2003. – № 3 (V). – С. 223-224.

2) **Усманова Т. В.**, Рихванов Л. П. Техногенные месторождения отходов горнорудных производств Южной Сибири // Горный журнал. Спец. выпуск. Цветные металлы. – 2006. – № 4. – С. 29-31.

3) Соловьев А. И., Малютина В. М., Рихванов Л. П., **Усманова Т. В.**, Бабенко С. А. Комплексная переработка коллективных рудных концентратов, выделяемых из песков россыпных ильменит-цирконовых месторождений // Горный журнал. Спец. выпуск. Цветные металлы. – 2006. – № 4. – С. 52-56.

4) **Усманова Т. В.**, Рихванов Л. П. Условия образования скоплений ценных компонентов как классификационный признак техногенных месторождений // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8 (3). – С. 745-749.

#### ***Статьи, материалы конференций***

1) Рихванов Л. П., **Филинова Т. В.\*** К проблеме техногенных месторождений Сибири // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России. – Томск, 2000. – Т. 2. – С. 61-63.

2) **Усманова Т. В.** Техногенные месторождения, формирующиеся на предприятиях ядерно-топливного цикла // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы 2 Международной конференции. – Томск : Тандем-Арт, 2004. – С. 634-639.

3) Арбузов С. И., **Усманова Т. В.** Техногенные источники минерального сырья в угольной промышленности // Перспективы развития технологий

переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты : сб. трудов 3 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Новокузнецк, 6-9 октября 2009 г. – Новокузнецк, 2009. – С. 105-113.

4) **Усманова Т. В.** Отработанное ядерное топливо как перспективный объект для извлечения металлов платиновой группы // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы 3 Международной конференции. – Томск : СГТУ, 2009. – С. 619-622.

5) **Усманова Т. В.** Особенности химического состава отходов горнодобывающих предприятий республики Хакасия // Минералогия техногенеза – 2012. – Миасс : ИМин УрО РАН, 2012. – С. 226-243.

6) **Усманова Т. В.** Оценка качественного состава сточных вод шахты Хакасская // Минералогия техногенеза – 2012. – Миасс : ИМин УрО РАН, 2012. – С. 275-292.

7) **Усманова Т. В.** Особенности состава золошлаковых отходов тепловых электростанций // Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты : сб. науч. тр. – Новокузнецк, 2012. – С. 189-197.

8) **Усманова Т. В.,** Таловская А. В., Монголина Т. А., Павлов И. П. Оценка вклада угольных шахт в трансформацию состава природных сред (на примере шахты «Хакасская») // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 4 (5). – С. 4-17.

9) **Усманова, Т. В.** Техногенные месторождения, сформировавшиеся на объектах горнопромышленного производства в Хакасии // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 3 (2). – С. 9-15.

10) **Усманова Т. В.** Некоторые проблемные вопросы изучения техногенных минеральных образований // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона : материалы Международной науч.-практич. конф. – Омск : Наука, 2006. – С. 229-232.

11) **Усманова Т. В.,** Азарова С. В. Экологическая составляющая в оценке техногенных месторождений // ISTIQLOL. Актуальные задачи современных горно-технологических комплексов и пути их решения : тезисы докладов республиканской науч.-технич. конф. – Навоий, 2002. – С. 95-96.

12) **Усманова Т.В.** К вопросу о генезисе техногенных месторождений // Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья : труды Международной науч.-технич. конф., 8-11 ноября 2000 г. – Екатеринбург, 2000. – С.44-46.

\* Соискатель Т.В. Усманова до 2000 г. носила фамилию Филинова

Подписано в печать 20.03.2014 г.  
Формат А4/2. Ризография  
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 4/03-14  
Отпечатано в ООО «Позитив-НБ»  
634050 г. Томск, пр. Ленина 34а



