

На правах рукописи



004606875

АХМЕТОВ РИНАТ МАРАТОВИЧ

**ТЕХНОГЕНЕЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРНОРУДНЫХ
РАЙОНОВ ВОСТОЧНОГО БАШКОРТОСТАНА**

Специальность 25.00.36 – «Геоэкология (науки о Земле)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

~ 1 ИЮЛ 2010

Екатеринбург - 2010

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук «Институт геологии Уфимского научного центра РАН» и ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор
Абдрахманов Рафил Фазылович

Официальные оппоненты:

Катаев Валерий Николаевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор
Скалин Анатолий Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук

Ведущая организация – ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет»

Защита диссертации состоится 17 июня 2010 г. в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.280.01 при ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ГСП, ул. Куйбышева, 30 (III уч. корпус, ауд. 3326).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Уральского государственного горного университета.

Автореферат разослан «14» мая 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



А.Б. Макаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Горнорудный комплекс Южного Урала, рассматриваемый на примере Республики Башкортостан, является важной составляющей горно-металлургического комплекса Уральского региона. Он один из основных поставщиков медных и цинковых концентратов металлургическим заводам Урала. Доля его в общероссийской добыче меди в концентратах составляет 12 – 15 %, цинка – 49 %; в общеуральской – меди 35 % и цинка 69 %. Юбилейное, Подольское, Сибайское, Учалинское и Новоучалинское месторождения и др. относятся к числу крупнейших на Урале. Предприятиями отрасли ежегодно образуются порядка 11100 тыс. т отходов, объем которых к настоящему времени превысил 1 млрд т. Отходы производства (вскрышные породы, некондиционные руды, хвосты флотации, неликвидный пиритный концентрат и др.) совместно с горными выработками формируют техногенный рельеф с карьерами глубиной до 470 м и с отвалами высотой до 80 м. Высокоминерализованные промышленные стоки являются причиной техногенной деградации подземной гидросферы. Газопылевые выбросы при добыче и обогащении руд, дефляции с отвалов ведут к загрязнению атмосферы, почв, поверхностных вод. Все это приводит к формированию на территории горнорудных районов специфического сернокислого ландшафта с гидрогеохимическими полями трансформированных вод (Р.Ф. Абдрахманов, А.Я. Гаев, Э.Ф. Емлин, С.Р. Крайнов, А.И. Семячков, Л.С. Табаксблат и др.).

Оценка геоэкологических основ природно-техногенных экосистем является одной из наиболее значимых проблем горнорудных районов. Научно обоснованный прогноз экологической ситуации и создание системы управления охраной окружающей среды возможны путем разработки геоэкологических моделей в системе мониторинга, с использованием комплекса качественных и количественных методов.

Главной задачей в условиях техногенеза является разработка мероприятий по минимизации воздействия горнодобывающих комплексов на окружающую среду (ОС). Поэтому изучение геоэкологических процессов в них является не только научной, но и важной практической задачей.

Цель работы: выявление закономерностей формирования техногенно-минеральных комплексов и изучение процессов распределения в них различных токсикантов.

Задачи исследований:

- анализ геоэкологических особенностей природной среды горнорудных районов Южного Урала;
- определение спектра и концентраций приоритетных загрязнителей в отходах добычи и обогащения минерального сырья;
- оценка геоэкологической значимости редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в подотвальных водах;
- оценка состояния и динамика техногенной трансформации геологической среды горнорудных районов;
- анализ методов снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Объект исследований: региональная природно-техногенная система территории горнорудных комплексов Южного Урала.

Предмет исследований: процессы и динамика взаимодействия природных и техногенных компонентов региональной системы горнорудного производства.

Научная новизна:

– выполнена комплексная оценка влияния горнорудной промышленности на окружающую природную среду в условиях Южного Урала;

– определены особенности техногенной трансформации геологической среды в горнорудных районах;

– установлена геоэкологическая значимость редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в подотвальных водах в пределах Южного Урала;

– предложена система мер по снижению динамики техногенной трансформации геологической среды.

Защищаемые положения

1. Формирование геоэкологических условий горнорудных районов Восточного Башкортостана определяется геолого-геохимическими особенностями территории и техногенной нагрузкой на нее, вызванной эксплуатацией колчеданных месторождений.

2. Ведущими факторами геохимической трансформации геологической среды являются процессы добычи и обогащения минерального сырья, определяющие мобилизацию и формирование миграционных потоков экотоксикантов в природно-техногенной системе.

3. Процессы техногенеза приводят к формированию агрессивных сернокислых растворов с аномальными концентрациями типоморфных компонентов (Cu, Zn, Pb, As, Hg и др.), значимый вклад в минерализацию техногенных вод вносят редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы (Be, Li, Y, Ce, La, U, Th и др.).

Практическая значимость:

Результаты исследований использованы:

– при обосновании Государственной программы Республики Башкортостан «Разработка научно-технических основ комплексных экологических производств на базе отходов, вредных стоков горнорудных предприятий РБ с организацией горно-экологического полигона»;

– в проекте отработки верхних горизонтов месторождения Бакр-Узяк;

– в учебном процессе при чтении лекционных курсов «Обследование и экологическая оценка территории», «Введение в промышленную экологию» в Башкирском государственном и в Башкирском государственном аграрном университетах.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на Международной студенческой школе «Металлогения древних и современных океанов» (Миасс, 2001 г.), Международной научно-практической конференции «Техногенная трансформация геологической среды» (Екатеринбург, 2002 г.), VII и X Международных симпозиумах «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2003, 2006 гг.), V Республиканской геологической конференции «Геология и

перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий» (Уфа, 2003 г.), XXI Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2005 г.), VII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2005, 2007 гг.), II Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы геоэкологии Южного Урала» (Оренбург, 2005 г.), VI Межрегиональной научно-практической конференции «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана» (Уфа, 2006 г.), 7-м Международном конгрессе «Вода: экология и технология. Экватек-2006» (Москва, 2006 г.), Международной научно-практической конференции «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем» (Москва, 2006 г.), Межрегиональной научно-практической конференции «Чистая вода Башкортостана» (Уфа, 2008, 2009 гг.), Всероссийской научной конференции «Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах» (Уфа, 2009).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 27 работ, в том числе глава в монографии, 2 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 124 наименований, из них 12 на иностранном языке. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, включая 39 рисунков, 48 таблиц.

Во введении рассматривается актуальность темы, объект, предмет, цель и задачи исследований, сформулированы защищаемые научные положения, раскрыта научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

В первой главе излагается состояние проблемы геологической и геоэкологической изученности горнорудных районов Восточного Башкортостана и методическая основа исследований. Во второй главе описываются геолого-геохимические особенности региона. В третьей главе приводится характеристика предприятий горнорудной отрасли, факторов техногенной трансформации геологической среды и техногенно-минеральных комплексов. В четвертой главе рассмотрены процессы гидрогенной миграции экотоксикантов, вклад редких и радиоактивных элементов в минерализацию подтовальных вод и загрязнение окружающей среды. В пятой главе рассмотрены пути снижения техногенной нагрузки на геологическую среду.

В заключении приводятся основные выводы по диссертационной работе.

Исходные материалы. В основу работы положены результаты геоэкологических исследований автора в Институте геологии УНЦ РАН в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008–2012 годы по теме «Гидрогеохимические процессы и геоэкология Южного Урала» № 5-07-416; Программы целевых расходов Президиума РАН «Поддержка молодых ученых» (2006-2009 гг.) по теме «Геоэкология горнорудных районов Башкирского Зауралья».

В ходе исследований изучались геохимические, гидрогеологические и геоэкологические особенности горнорудных районов восточного склона

Южного Урала, техногенно-минеральные образования, их макро- и микрокомпонентный состав (более 500 анализов). Аналитические работы выполнены в лабораториях: ИГЕМ РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-MS PLASMA QUAD фирмы «VG instruments», ГУП «Управление государственного аналитического контроля» МПР РБ, ГУ «Башкирское УГМС» и др.

Работа выполнена в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Института геологии Уфимского научного центра РАН под руководством д.г.-м.н., профессора Р.Ф. Абдрахманова, которому автор выражает свою глубокую благодарность. Автор признателен сотрудникам ИГ УНЦ РАН д.г.-м.н. А.П. Рождественскому, д.г.-м.н. В.А. Маслову, д.г.-м.н. Д.Н. Салихову, к.г.-м.н. А.М. Косареву, а также коллегам по совместной работе к.г.-м.н. С.П. Носаревой, к.б.н. А.О. Полевой, И.Ю. Лешан за ценные советы, внимание и помощь в сборе, обработке и анализе материалов.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Первое защищаемое положение. *Формирование геоэкологических условий горнорудных районов Восточного Башкортостана обусловлено геолого-геохимическими особенностями территории и техногенной нагрузкой на нее, вызванной эксплуатацией колчеданных месторождений.*

Положение базируется на материалах второй и третьей глав.

Геологическая среда в целом выполняет четыре основные экологические функции [Трофимов, 2004]: ресурсную, геодинамическую, геохимическую и геофизическую. Горное производство в основном затрагивает и изменяет две из них – ресурсную (истощение сырьевых запасов) и геохимическую (перераспределение химического вещества в природе). Масштабы и интенсивность антропогенных геохимических процессов во много раз превышают природные.

Южный Урал – классическая провинция распространения девонских колчеданных месторождений. Широко известные месторождения Восточного Башкортостана – Учалинское (Учалинский ГОК), Сибайское (Башкирский медно-серный комбинат, Бурибаевское (Бурибаевский ГОК) и др. (рис. 1). Район исследований находится в пределах западной и частично центральной части Магнитогорской мегазоны, сложенной вулканогенно-осадочными и породами среднего и верхнего палеозоя (девон, карбон) и осадочными породами мезозоя и кайнозоя.

Техногенный привнос вещества в экосистемы также определяется химическим составом геологического субстрата, который обладает выраженной халькофильной и частично сидерофильной микроэлементной специализацией. На рис. 2 приведены кларки концентрации отдельных элементов в породах региона относительно фона ($К_{\text{УК}}$, по [Вострокнутов, 1991]). Аномальных концентраций микроэлементы достигают в породах месторождений. Исследованиями установлено, в подрудных толщах серицитизированных пород вблизи рудного тела Сибайского месторождения наблюдаются следующие содержания: цинка до 2 %, свинца до 0,058 %, мышьяка до 0,3 %, сурьмы до 0,02 %. Наивысших концентраций элементы достигают в рудах (табл. 1).

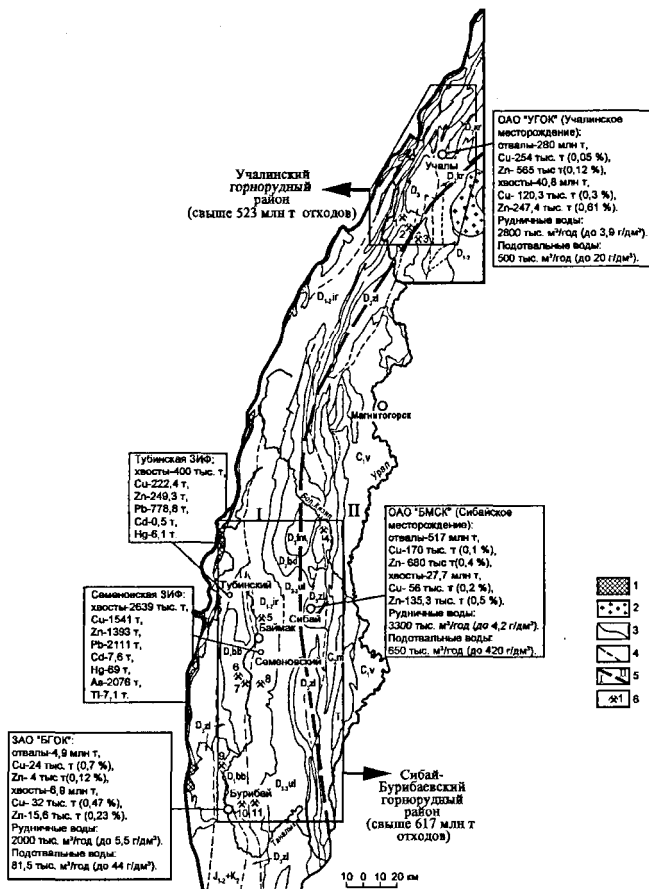
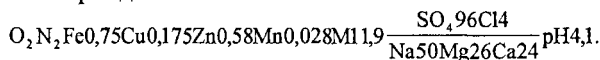


Рис. 1. Геоэкологическая карта района исследований:

1 — серпентиниты, 2 — гранитные массивы, 3 — стратиграфические границы, 4 — разрывные нарушения, 5 — граница между западной и центральной частями Магнитогорской мегазоны, 6 — основные месторождения: 1 — Западно-Озерное, 2 — Узельгинское, 3 — Молодежное, 4 — Бакр-Узаякское, 5 — Куль-Юрт-Тау, 6 — Бакр-Тауское, 7 — Таш-Тауское, 8 — Балта-Тауское, 9 — Юбилейное, 10 — Октябрьское, 11 — Маканское

Вблизи рудных тел под влиянием окисляющихся сульфидов металлов формируются очень кислые (pH 2,0-4,0) сульфатные воды (до 80-96 % SO₄²⁻) пёстрого пяти-, шестикомпонентного катионного состава с минерализацией до 8-20 г/дм³. В высоких концентрациях в них присутствуют железо, медь, цинк и другие металлы. Примером рудничных «полиметалльных» вод являются воды Учалынского месторождения:



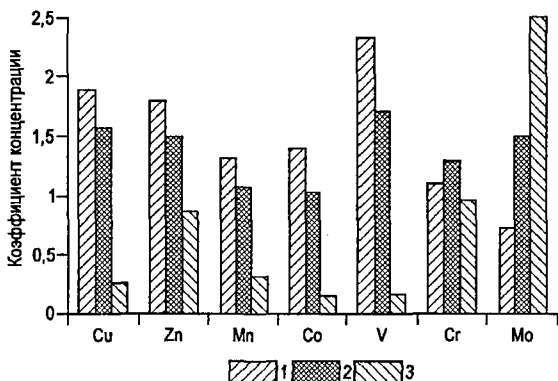


Рис. 2. Коэффициенты концентрации отдельных микроэлементов в различных геологических комплексах относительно регионального кларка:

1 – комплекс, объединяющий все разнообразие магматических пород основного состава, главным образом эффузивы иренидской, карамалыташской, улутауской свит и бугодакской толщи девона; 2 – комплекс интрузивных и эффузивных магматических пород кислого состава и переходные разности: граниты, гранодиориты, риолиты, риодациты, дациты; 3 – комплекс эффузивных и интрузивных пород среднего состава: андезиты, диориты. Основу комплекса составляют эффузивные породы, поскольку их пространственное развитие несравнимо больше, чем у интрузивных разностей (баймак-бурибайская свита девона, часть иренидской свиты и др.)

Таблица 1
Химический состав и степень концентрации отдельных элементов в рудах месторождений Сибайского рудного района

Элемент	Камаган		Сибай		Бакр-Узьяк	
	содержание, %	КК _{ук}	содержание, %	КК _{ук}	содержание, %	КК _{ук}
Cu	1,45	290	2,85	570	1,78	356
Zn	0,45	75	0,22	37	0,02	3,33
Pb	0,19	190	0,08	80	0,01	10
Se	0,012	2400	0,009	1800	0,00007	14
Te	0,0036	-	0,0042	-	0,0018	-
Cd	0,009	4500	0,0035	170,5	0,0005	25
As	0,07	35	0,042	21	0,034	17
Hg	0,002	667	0,0011	367	0,001	333,3

Подобные же сульфатные кислые обогащённые металлами воды установлены на Сибайском, Макапском, Бурибайском, Гайском и других колчеданных месторождениях Южного Урала.

Таким образом, геологическая эволюция привела к специфическому облику геоэкологических условий в регионе и предопределила его отраслевую специализацию. Компоненты геологической среды в естественном состоянии характеризуются повышенными и нередко аномальными содержаниями спектра «приоритетных» элементов (Cu, Zn, Pb, As, Sb, Hg и др.).

Формирование крупных минеральных ресурсов – месторождений меди, цинка, золота и т.д. – явилось предпосылкой развития горнорудного комплекса на восточном склоне Южного Урала. С появлением горнодобывающего и перерабатывающего производств начался новый этап развития геологической среды – техногенный.

Эксплуатация месторождений приводит к накоплению гигантских объемов твердых (свыше 1 млрд т), сбросу жидких и выбросу газопылевых отходов и в итоге к образованию специфического серноокислого техногенного ландшафта.

Второе защищаемое положение. Ведущими факторами геохимической трансформации геологической среды являются процессы добычи и обогащения минерального сырья, определяющие мобилизацию и формирование миграционных потоков экотоксикантов в природно-техногенной системе.

Защищаемое положение раскрывается в третьей и четвертой главах диссертации.

Наибольшее техногенное воздействие на окружающую среду оказывают ОАО «Башкирский медно-серный комбинат» (БМСК), ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (УГОК), ЗАО «Бурibaевский горно-обогатительный комбинат» (БГОК), Семеновская (СЗИФ) и Тубинская золото-извлекательные фабрики (ГЗИФ).

Одной из основных причин техногенной нагрузки как на природную среду в целом, так и на геологическую в частности является накопление отходов и сброс стоков.

Отходы образуются на всех стадиях производственной деятельности рассматриваемых предприятий:

- твердые отходы добычи — внешние отвалы вскрышных, пустых пород и некондиционных руд;
- твердые отходы переработки — хвосты флотации руд и неликвидный пиритный концентрат;
- жидкие отходы добычи – рудничные и подотвальные воды;
- жидкие отходы обогащения – фильтрат хвостохранилищ;
- газопылевые выбросы, образующиеся при проведении буровзрывных работ, при дефляции с поверхности отвалов и хвостохранилищ, а также при переработке руд.

Горнорудные предприятия Восточного Башкортостана ежегодно образуют 11100 тыс. т отходов, составляющих 58 % от объема образования отходов по республике в целом (рис. 3).

Содержание тяжелых металлов в отходах в большинстве случаев превышает кларковые и фоновые значения (рис. 4). Твердые отходы являются своеобразными «аккумуляторами» техногенных мигрантов (табл. 2), поступающих в природную среду гидрогенными и атогенными путями.

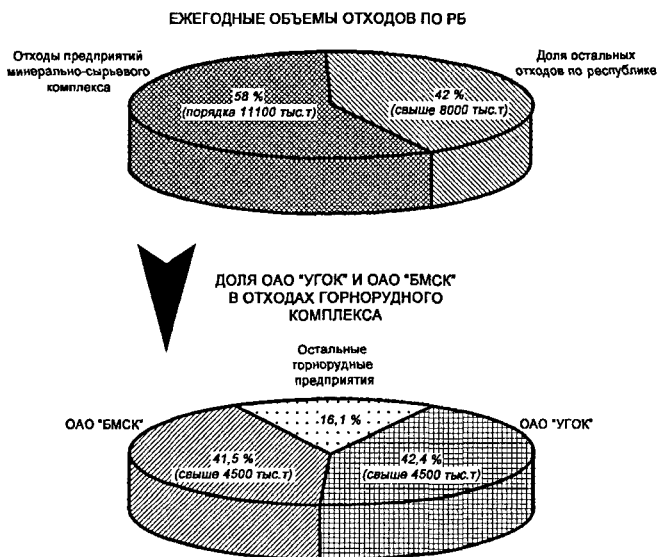


Рис. 3. Образование отходов горнорудными предприятиями Республики Башкортостан

Твердые отходы представляют собой техногенные минеральные образования, в которых количество меди, цинка и других элементов вполне сопоставимо с количеством в рудных залежах. На территории исследуемого района отходы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий являются основными источниками загрязнения водоемов, воздушного бассейна и прилегающих земель.

Результатом стока жидких отходов из отвалов и пр. является повсеместное загрязнение прилегающего к предприятиям и их производственным объектам ландшафта: почв, подземных и поверхностных вод. Особенно сильное воздействие испытывают поверхностные водотоки, которые являются основным источником водообеспечения предприятий и населения. В 2008 году общий объем водоотведения составил 11,57 млн м³ (2,1 % от общего объема по республике). Весь объем стоков относится к категории «загрязненные», в том числе без очистки сброшено 6,31 млн м³ сточных вод (49,7 % неочищенных стоков по республике). Сброс загрязняющих веществ составил 21,08 тыс. т/год.

Подземные воды также испытывают мощную техногенную нагрузку. В районе СЗИФ в подземных водах обнаружены превышающие ПДК для питьевых вод концентрации марганца (до 21), кадмия (до 2), железа (до 500), ртути (до 14, а в северном колодце до 59), цианида (до 32), в отдельных скважинах отмечены высокие концентрации хлоридов. Подобная ситуация наблюдается и в пределах зон влияния других горнопромышленных предприятий (Бурибаевский ГОК и др.).

Очевиден вывод о том, что поверхностные и подземные воды региона нуждаются в защите, которая предполагает создание современной системы мониторинга, разработки высокопроизводительных и эффективных технологий очистки.

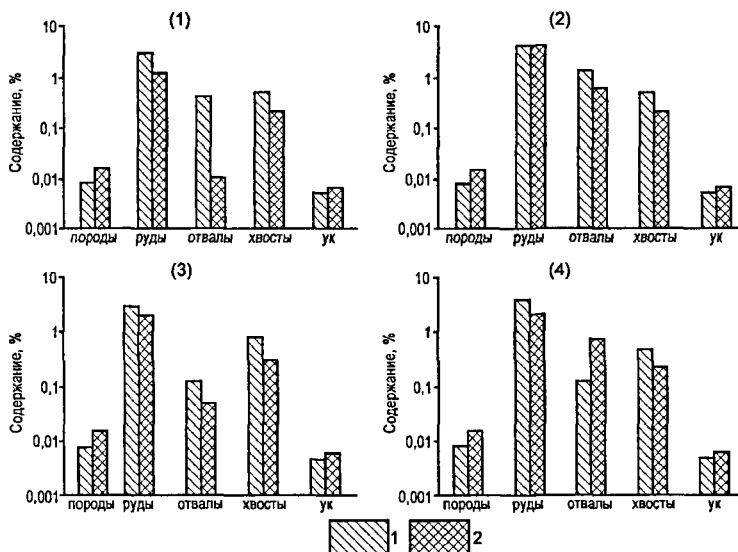


Рис. 4. Сравнительная характеристика содержаний меди и цинка в различных природных и техногенных образованиях месторождений БМСК (1) и (2), УГОК (3), БГОК (4):
1 — цинк, 2 — медь

Таблица 2

Характеристика внешних отвалов и хвостов флотации основных месторождений района исследований

Параметры	Сибай	Бурибай	Учалы
Характеристика отвалов			
Объемы, млн т	517	4,9	280
Cu, %	0,1	0,7	0,05
Zn, %	0,4	0,12	0,12
Запасы (тыс. т): Cu	170	> 24	254
Zn	680	> 4	565
Характеристика хвостов флотации			
Объем, млн т	27,66	6,9	40,8
Cu, %	0,20	0,47	0,30
Zn, %	0,5	0,23	0,61
Cd, %	0,02	0,0045	0,003
Запасы, т: Cu	56072,5	32394	120396
Zn	135348,8	15632,9	247389
Cd	2435,5	17,9	1163,73

При открытой добыче в загрязнении окружающей среды большую роль играют выбросы в атмосферу пылегазовых продуктов отбойки. При массовых взрывах концентрация пыли в воздухе на расстоянии 1,5 км в течение часа составляет 6–10 мг/м³. Из такого облака в радиусе 2–4 км рассеивается от 200 до 500 т мелкодисперсной пыли, содержащей 93–99 % частиц размером менее 5 мкм. Интенсивность выпадения пыли достигает фоновых величин на расстоянии до 10 и более км. Сильные и частые ветры, весьма характерные для территории Зауралья, являются причиной мощной дефляции выветрелой части материала с поверхности отвалов. В результате происходит загрязнение площадей, прилегающих к предприятию сельскохозяйственных угодий минеральной пылью. Пыль обогащена цинком и кадмием и другими токсикантами.

Твердые и жидкие отходы, газопылевые выбросы являются звеньями единой природно-техногенной системы (геологическая среда – горная промышленность – биосфера (человек)), существующей в регионе. Металлы и другие загрязнители, перераспределяясь в пределах данной системы, в конце концов, попадают в организм человека и тем самым ухудшают состояние здоровья населения. Необходимы принципы и методы решения данной проблемы, которая с каждым годом становится все острее.

Третье защищаемое положение. *Процессы техногенеза приводят к формированию агрессивных сернистых растворов с аномальными концентрациями типоморфных компонентов (Cu, Zn, Pb, As, Hg и др.), значимый вклад в минерализацию техногенных вод вносят редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы (Be, Li, Y, Ce, La, U, Th и др.).*

Положение раскрывается в четвертой главе.

Одной из форм миграции токсикантов из техногенно-минеральных образований являются, как указывалось выше, гидрогенные потоки (до 4,5 млн. м³/год) в виде жидких производственных отходов (карьерные и шахтные воды, подотвальныс воды, жидкая фаза материала хвостохранилищ). Гипергенные изменения рудных минералов месторождений колчеданной формации приводят к увеличению концентраций сульфат-иона, трехвалентного железа, что определяет снижение pH этих вод (рис. 5) и, соответственно, резкое увеличение их окислительно-восстановительного потенциала (Eh до +800 мВ) и формирует четвертый тип вод (по О.А. Алехину) в которых [HCO₃]=0. В результате в зоне влияния горных выработок и техногенных образований формируются обширные гидрогеохимические поля аномально кислых сульфатных вод, характеризующихся увеличением концентраций тяжелых металлов и других элементов.

Самыми специфичными среди стоков горно-перерабатывающего комплекса являются подотвальныс воды: минерализация их нередко превышает минерализацию рудничных вод, высоки коэффициенты водной миграции типоморфных элементов (табл. 3). Огромные объемы отвалов обеспечивают столь же большие массы подотвальных вод. В подотвальных водах БМСК содержится: более 0,2 мг/дм³ меди, до 0,04 мг/дм³ цинка, более 10 мг марганца, до 0,2 мг/дм³ никеля.

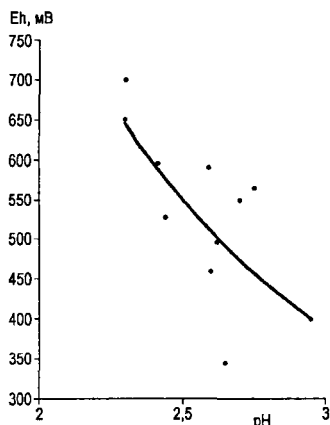


Рис. 5. Зависимость pH и Eh в подотвальных водах

Таблица 3

Основные показатели химического состава подотвальных вод

Компоненты и показатели	Бурбай, проба 23	Сибай, проба 30	Сибай, проба 31	Бакр-Тау, проба 36	Учалы, проба 40	Учалы, проба 41
Ca^{2+} , мг/дм ³	175,0	28,6	Следы	22,1	185,2	46,5
Mg^{2+} , мг/дм ³	304,8	1836	7975,9	698,8	180,7	5530
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/дм ³	51,6	202	34,32	21,0	11,3	13,2
Fe^{3+} , мг/дм ³	<0,5	693,2	18560	308,0	220	909
Mn, мг/дм ³	176,0	1,2	314,0	43,1	11,9	72,8
Cu, мг/дм ³	352,0	0,4	1884,0	129,3	14,9	72,8
Zn, мг/дм ³	220,0	15,8	9734,0	653,0	34,7	418,6
SO_4^{2-} , мг/дм ³	237,3	2023,0	Н.д.	10066,0	2514,0	Н.д.
HCO_3^- , мг/дм ³	0	61,0	Н.д.	0	0	Н.д.
Cl, мг/дм ³	1103,2	11,8	Н.д.	630,4	236,4	Н.д.
pH	2,95	6,60	2,65	2,70	2,75	2,60
Eh	+400,0	+425,0	+345,0	+550,0	+565,0	+460,0
Сухой остаток, г/дм ³	44,0	4,86	314,0	21,55	4,95	18,2

Кроме приоритетных металлов в подотвальных водах нами исследованы редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы (уран, торий). Несмотря на невысокие содержания этих элементов в литосубстрате, процессы техногенеза приводят к их накоплению в сточных водах, в том числе токсикантов первого класса опасности (мг/дм³): Cd до 31,4; Tl до 0,01; U – 1; Th – 0,8; Be до 0,13 [6, 12, 14].

Слабоизученной является проблема распространения в отходах радиоактивных элементов (РЭ). Несмотря на относительно невысокие содержания РЭ в породах, процессы техногенеза приводят к их накоплению в сточных водах. Радиоактивные элементы всегда ассоциируются с редкоземельными элементами (РЗЭ). Содержание урана почти во всех пробах имеет прямую корреляцию с содержанием иттрия (рис. 6).

Минералами-концентраторами иттрия и лантаноидов являются: флюорит, апатит, сфен, эпидот, магнетит, барит, гипс, ярозит, лимонит, кальцит, циркон, полевые шпаты, гидрослюда, галенит и пирит.

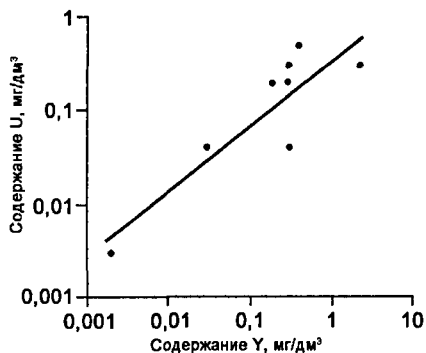


Рис. 6. Корреляция содержаний иттрия и урана в подотвальных водах

Данных по содержанию редкоземельных элементов в подземных водах данного региона нет. В стоках содержится (мг/дм³): 0,12 – 6,3 Y; 0,0004 – 2,2 Ce; 0,0016 – 0,94 La; 0,0001 – 0,3 Pr; 0,0002 – 0,6 Nd; 0,0001 – 0,2 Sm; 0,0001 – 0,25 Eu; 0,0002 – 0,4 Gd; 0,00012 – 0,25 Tb; 0,0008 – 1,6 Dy; 0,0002 – 0,28 Ho; 0,0001 – 0,94 Er; 0,00012 – 0,1 Tm; 0,00024 – 0,6 Yb; 0,0001 – 0,09 Lu.

Содержание урана в подотвальных водах составляет от 0,006 до 1 мг/л (при норме для питьевых вод до 0,05 мг/дм³). В обстановке низких значений pH уран (преимущественно в виде комплексов уранил-иона – UO_2^{2+}) начинает мигрировать и по мере снижения кислотности обстановки может накапливаться в подсистемах природной среды (почве, донных отложениях и др.). в зоне влияния горнорудных предприятий содержание урана в почвах достигает 11 мг/кг, тория – 10,5 мг/кг. На рис. 7 показаны средние содержания урана и тория в почвах Учалинского горнорудного района.

Подотвальные воды представляют собой минеральное сырье, в котором по уровню концентраций содержание главных элементов соизмеримо со средними содержаниями в рудах, в то же время высокие концентрации металлов определяют высокую токсичность подотвальных вод. По комплексу и концентрациям многих элементов отвалы даже более активны, чем многие рудные месторождения [13, 14, 23, 24, 26].

Проблемы снижения техногенной нагрузки на геологическую среду рассмотрены в главе 5.

При разработке месторождений цветных и черных металлов (Учалинское, Сибайское, Бурибайское, Миндякское, Туканское, и др.) и других полезных ископаемых образуются, с одной стороны, карьеры диаметром от 20 – 150 до 1000 – 1400 м, глубиной до 200 – 470 м, с другой – отвалы (искусственные холмы, горы) высотой до 50 – 80 м, которые требуют рекультивации. Сотни гектаров сельскохозяйственных земель изымаются под горные отвалы

карьеров, отвалов, хвостохранилищ и промплощадок. В результате инфильтрационного стока, плоскостного смыва и газопылевых выбросов с карьеров, шахт и других техногенно-минеральных образований происходит загрязнение прилегающих территорий и поверхностных вод тяжелыми металлами и прочими токсикантами.

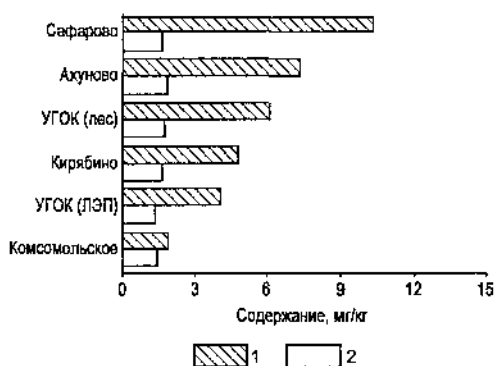


Рис. 7. Содержание тория (1) и урана (2) в почвах Учалинского района [26]

Эффективным методом очистки стоков является сорбционный, однако применение этого метода сдерживается дороговизной сорбентов. Нами были проведены исследования по очистке стоков мраморной крошкой. В табл. 4 показаны результаты этих исследований.

Таблица 4

Данные по очистке подотвальных вод карбонатом кальция

Элемент	Содержание в неочнп. воде, мг/дм ³	Содержание в очнп. воде, мг/дм ³	Степень очистки, %
Cr	0,12	0,0076	94
Co	12,0	0,048	99,6
Cd	0,06	0,0033	94,5
Cu	27,0	0,04	99,8
Zn	12,51	5,03	59,8
Mn	30,0	7,5	74,43
Fe	10000,0	0,3	99,9
V	1,22	0,04	96,72

Наиболее эффективным способом защиты окружающей среды и улучшения ландшафта, по нашему мнению, является комплексный метод рекультивации, который включает в себя химическую и биологическую рекультивацию. Химическую рекультивацию можно провести на основе технологий бактериального и кучного выщелачивания. Эти технологии позволят снизить уровень содержания загрязнителей в материале отвалов и хвостохранилищ, а также извлечь из них ценные компоненты. Основным приемом биологической рекультивации является консервация техногенных

объектов лесокультурными насаждениями, поскольку лесные насаждения могут создаваться с минимальными затратами на культивируемые объекты, обеспечивая защиту от водной и ветровой эрозии, загрязнения окружающей среды и становясь объектом хозяйственного и рекреационного назначения.

В целях устранения негативного техногенного воздействия на окружающую среду рекомендуется:

- изучение на основе комплексных исследований техногенных объектов: изучение имеющихся сведений о ТМО, геолого-маркшейдерские работы и др.;
- отсыпка новых отвалов и хвостов на гидроизолирующее основание;
- сбор рассеянных стоков в единый водосборник;
- очистка сточных вод и химическая нейтрализация отвалов с использованием комплекса гидromеталлургических, химических, физических и биологических методов. Для этого необходимо исследовать возможность использования в процессах очистки местных дешевых материалов: цеолиты, известняк, доломиты, глины, торф и проч.;
- проведение биологической рекультивации на отвалах и хвостохранилищах с применением агротехнических приемов;
- инженерная защита карьеров от поверхностного и подземного стоков.

ВЫВОДЫ

1. Геоэкологические условия региона определяются техногенными преобразованиями природной среды, вызванными деятельностью горнорудных предприятий (добыча, транспортировка, переработка минерального сырья и проч.) и формированием антропогенных ландшафтов.

2. Геохимия и спектр токсикантов определяются макро- и микроэлементным составом рудовмещающих пород и руд месторождений. (Учалинское, Сибайское, Бурибаевское и т.д.). Учалинское и Сибайское месторождения характеризуются медно-цинковым составом руд с повышенными содержаниями свинца и бария, для руд Бурибаевского месторождения характерен медный состав с высокими содержаниями никеля, висмута и молибдена. Породы содержат высокие концентрации элементов-контaminантов (%), превышающих кларки в 3-5 раз: Cu – 0,015, Zn – 0,02, Pb – 0,005, Ni – 0,014. В рудах концентрация элементов достигает (%): Cu до 3,8, Zn – 4,2, Pb – 0,2, As – 0,3, Cd – 0,01, Ti – 0,014 и др.

3. Твердые отходы: внешние отвалы пустых пород и некондиционных руд, хвосты флотации руд, - являются техногенно-минеральными образованиями с высоким содержанием типоморфных элементов. В них содержится (%): Cu – до 0,7, Zn – до 0,6, Pb – до 0,01, As – до 0,02, Hg – до 0,0007, Cd – до 0,06 и т.д. По количеству основных компонентов отходы сравнимы с месторождениями: в отвалах Сибайского месторождения накоплено до 226 тыс. т Cu и до 815 тыс. т Zn, в отвалах Учалинского месторождения – до 374 тыс. т Cu и 812 тыс. т Zn, в отвалах Бурибаевского месторождения – до 56 тыс. т Cu и 22 тыс. т Zn.

4. Воды вулканогенно-осадочных образований характеризуются сложным химическим составом. В 70% случаев они пяти-, шестикомпонентные. В результате влияния техногенных стоков природные воды метаморфизуются и

формируются гидрогеохимические поля очень кислых (рН 2–5) сульфатных вод с минерализацией до 20 г/дм³ и высокими концентрациями (мг/дм³) Fe – до 375, Cu – до 140, Zn – до 110, Pb – до 1,12, As – до 53,3, Cd – до 0,6, Hg – до 0,02 и других токсикантов.

5. Специфичными среди стоков горнорудного комплекса являются подотвальные воды: минерализация их нередко превышает минерализацию рудничных вод (до 320 г/дм³). Кроме приоритетных металлов в подотвальных водах концентрируются редкие, рассеянные, редкоземельные и радиоактивные элементы (уран, торий). Несмотря на невысокие содержания этих элементов в литосубстрате, процессы техногенеза приводят к их накоплению в сточных водах, в том числе токсикантов первого и второго классов опасности. В подотвальных водах содержится (мг/дм³): Li – до 3,1; Be – до 0,13; Sc – 6,3; Ga – 0,1; Y – 6,3; Ce – 2,2; La – 0,9; Cd до 31,4; Tl до 0,01; U – 1; Th – 0,8 и др.

7. В результате инфильтрационного стока, плоскостного смыва и газопылевых выбросов с карьеров, шахт и техногенно-минеральных образований происходит загрязнение прилегающих территорий (в результате дефляции отвалов Сибайского месторождения сдувается около 1000 т/год пыли). В подземных водах отмечаются высокие содержания тяжелых металлов, превышающих ПДК питьевых вод на 1 – 1,5 порядка. На месторождении Куль-Юрт-Тау они содержат (мг/дм³): Cu – 6,9; Be – 0,03; Cd – 0,05; Tl – 0,0004; Th – 0,1; U – 0,5. В районе СЗИФ в подземных водах обнаружены превышающие ПДК концентрации марганца (до 21), железа (до 500), ртути (до 59), цианида (до 32). В бассейн р. Урал (р. Таналык, р. Узельга, р. Худолоз, р. Карагайлы и др.) сбрасывается до 20000 т/год загрязняющих веществ. Реки по индексу загрязненности воды относятся к IV (загрязненная) – VII (чрезвычайно грязная) классам.

8. Эффективным способом охраны окружающей среды и улучшения ландшафта является комплексный метод рекультивации, который включает в себя горнотехническую, химическую и биологическую рекультивацию. Разработан метод безреагентной комплексной очистки сточных вод месторождения Куль-Юрт-Тау с применением карбонатного геохимического барьера. Рекомендуется рекультивация на основе технологий бактериального и кучного выщелачивания. Эти методы позволят снизить уровень содержания загрязнителей в материале отвалов, хвостохранилищ и в стоках, а также извлечь из них ценные компоненты. Основным приемом биологической рекультивации является консервация техногенных объектов лесокультурными насаждениями. Исследования используются в Государственной программе Академии наук РБ «Разработка научно-технических основ комплексных экологических производств на базе отходов, вредных стоков горнорудных предприятий РБ (месторождения Куль-Юрт-Тау, Бурибаевского ГОКа) с организацией горно-экологического полигона».

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных ВАК:

1. Сульфидсодержащие отвалы и хвостохранилища – опасные техногенные загрязнители окружающей среды горнорудных районов Башкортостана / В.Н. Пучков, Д.Н. Салихов, Р.Ф. Абдрахманов, Г.И. Беликова, **Р.М. Ахметов**, О.А. Захаров, С.В. Ковтуненко // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. №2. С. 238–247.

2. **Ахметов Р.М.** Геозкологические проблемы района месторождения Куль-Юрт-Тау // Известия вузов. Горный журнал. 2010. № 3. С. 47–51

Работы, опубликованные в других изданиях:

3. **Ахметов Р.М.** Самородные медь и золото зоны окисления медно-колчеданного месторождения Бакр-Узяк (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2001: мат-лы Всерос. научной школы. Миасс: Имин УрО РАН, 2001. С. 168–171.

4. Мустафин С.К., Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.** Геозкология районов горнодобывающих и золотоизвлекающих предприятий Южного Урала // Техногенная трансформация геологической среды: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2002. С. 153-156.

5. **Ахметов Р.М.** Влияние горнорудных предприятий Башкортостана на поверхностные и подземные воды // Геология, полезные ископаемые и проблемы экологии Башкортостана: мат-лы V Респуб. геол. конф. Уфа, 2003. С. 207-208.

6. **Ахметов Р.М.** Техногенное воздействие золотоизвлекающих фабрик на окружающую среду // Строение литосферы и геодинамика: мат-лы молодежной конф. Иркутск, 2005. С. 212-214.

7. Абдрахманов Р.Ф., Салихов Д.Н., **Ахметов Р.М.** Рудничные и подотвальные воды Южного Урала // Новые идеи в науках о Земле: мат-лы Междунар. конф. М., 2005. С. 3-4.

8. **Ахметов Р.М.** Геозкология горнорудных районов Южного Урала // Проблемы геологии и освоения недр: мат-лы Междунар. симп. Томск, 2003. С. 583-584

9. Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.** Гидрогеозкология горнорудных районов // Гидрогеозкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. С. 255-284

10. Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.** Проблемы недропользования в районах интенсивной деятельности горнорудной промышленности Республики Башкортостан // Проблемы геозкологии Южного Урала: мат-лы II Всерос. науч.-практ. конф. Оренбург, 2005. Ч. 1. С. 14-19.

11. Абдрахманов Р.Ф. **Ахметов Р.М.**, Батанов Б.Н. Геозкологические проблемы горнорудных районов Южного Урала и пути их решения // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и

развития экосистем: труды Междунар. научн.-практ. конф. М.: МГУИ, 2006. С. 3-8.

12. Главные источники техногенных геохимических аномалий Башкирского Зауралья / В.И. Пучков, Р.Ф. Абдрахманов, Д.Н. Салихов, Г.И. Беликова., **Р.М. Ахметов** // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана: мат-лы VI Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. С. 189-190.

13. **Ахметов Р.М.**, Абдрахманов Р.Ф., Салихов Д.Н. Микроэлементы в техногенных образованиях горнорудной промышленности Южного Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана: матер. VI Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. С. 192-194.

14. **Ахметов Р.М.**, Батанов Б.И. Подотвальные воды горнорудных предприятий Южного Урала – источник тяжелых металлов // Экватек-2006: сборник докладов 7-го Международного конгресса "Вода: экология и технология". М., 2006. Ч. 2. С. 705-706.

15. **Ахметов Р.М.**, Батанов Б.И. Редкоземельные и радиоактивные элементы в подотвальных водах медноколчеданных месторождений Южного Урала // Проблемы ресурсов и геоэкология: мат-лы Междуна. науч.-практ. симп. "Проблемы водных и других ресурсов и геоэкология. Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. С. 47-50.

16. Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.** Радиоактивные элементы в нефтедобывающих и горнопромышленных системах Южного Урала // Новые идеи в науках о Земле: докл. VIII Междунар. конф. М., 2007. С. 187-189.

17. Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.** Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды Башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Ежегодный геологический сборник. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2007. № 6. С. 266-269.

18. Абдрахманов Р.Ф., **Ахметов Р.М.**, Ковтуненко С.В. Гидрогеоэкологическая обстановка в зоне влияния серноколчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау // Ежегодный геологический сборник. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2007. № 6. С. 270-272.

19. **Ахметов Р.М.**, Ковтуненко С.В. Способы снижения техногенной нагрузки на окружающую среду горнорудных районов Южного Урала // Геология и полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: мат-лы VII Межрегион. научн.-практ. конф. Уфа, 2008. С. 296-298.

20. **Ахметов Р.М.** Железо и марганец в гидросфере горнорудных районов Южного Урала // Чистая вода Башкортостана-2008: мат-лы Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа, 2008. С. 31-35.

21. **Ахметов Р.М.** Проблемы рекультивации техногенно нарушенных земель горнорудных районов южного Урала // Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии: мат-лы Десятих Сергеевских чтений. М., 2008. С. 192-195.

22. **Ахметов Р.М.** Молибден в геотехногенной системе горнорудных районов Башкортостана // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Оренбург-Пермь, 2008. С. 5-8.

23. **Ахметов Р.М.** Литий в геотехносфере Южного Урала: Ежегодный геологический сборник. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2009. № 8. С. 248-252.

24. **Ахметов Р.М.,** Абдрахманов Р.Ф. Тяжелые металлы и радиоактивные элементы в горнопромышленных отходах Южного Урала и Предуралья // Ежегодный геологический сборник. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2009. № 8. С. 253-257

25. **Ахметов Р.М.** Редкие микроэлементы в подотвальных водах медноколчеданных месторождений Южного Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы Регион. научн.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2009. С. 343-345.

26. **Ахметов Р.М.** Проблемы рекультивации техногенно-нарушенных земель горнорудных районов Южного Урала // Вода для жизни-2009: мат-лы Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа, 2009. С. 160-164.

27. **Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М.** Микроэлементный состав техногенных вод горнорудной промышленности Южного Урала // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах: мат-лы Всерос. конф., посвященной 40-летию Башкирского отделения РМО. Уфа, 2009. С. 6-8.

Подписано в печать 12.05.10 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать ризографическая. Тираж 110 экз. Заказ 375.
Гарнитура «TimesNewRoman». Отпечатано в типографии
«ПЕЧАТНЫЙ ДОМЪ» ИП ВЕРКО.

Объем 1 п.л. Уфа, Карла Маркса 12 корп. 4,
т/ф: 27-27-600, 27-29-123