

На правах рукописи

САКЛАДОВ АМАДУ СЕРГЕЕВИЧ

**ХАРАКТЕР И МАСШТАБЫ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ**

Специальность 25.00.36

Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск, 2008

Работа выполнена в Институте водных и экологических проблем СО РАН

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук
Робертус Юрий Владимирович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Рассказов Николай Михайлович

доктор геолого-минералогических наук
профессор Гусев Анатолий Иванович

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Алтайский государственный университет"

Защита состоится 18 ноября 2008 г. в 15 часов на заседании совета по защите кандидатских и докторских диссертаций Д 212.269.07 при Томском политехническом университете по адресу: г. Томск, ул. Советская, 73, 1-й корпус ТПУ, ауд. 111.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета

Автореферат разослан 16 октября 2008 г.

Ученый секретарь совета по защите
кандидатских и докторских диссертаций _____ С.И. Арбузов

Введение

Актуальность работы. Известно, что горнодобывающие предприятия (ГДП) являются одним из наиболее значимых источников загрязнения объектов окружающей среды (ОС), особенно при применении реагентных технологий извлечения полезных компонентов из минерального сырья (флотация, выщелачивание и пр.). Основным фактором их воздействия на экологическое состояние ОС служат промышленные отходы (Глазовский, 1982; Геохимия..., 1990; Россман и др., 2000).

За время интенсивного развития горнодобывающей промышленности в ряде регионов России накопились гигантские объемы отходов (пустые породы, некондиционное сырье, шламы и хвосты обогащения), в районах нахождения которых образовались масштабные техногенные биогеохимические провинции, негативно влияющие на ОС и здоровье населения (Востоков, 1995).

Не исключением является и Республика Алтай (РА), на территории которой за последние полвека накопились значительные объемы отходов разведки, добычи и переработки разнообразных полезных ископаемых – черных, цветных, благородных и редких металлов, бурого угля и строительных материалов.

К потенциально опасным для ОС относятся хвосты золотоизвлекательной фабрики ОАО "Рудник "Веселый" (2.8 млн. т), металлургические шлаки – огарки (1.8 млн. т.) бывшего Акташского рудоуправления (в настоящее время – ООО "Акташское ГМП"), в меньшей степени, хвосты обогащения ООО "Калгутинское" редкометалльных руд одноименного месторождения. Кроме того, в отвалах горных выработок этих предприятий находится по 10-20 млн. т забалансовых руд, вскрышных и рудовмещающих пород (Сакладов и др., 2006).

Установлено, что сложившаяся ситуация в сфере обращения с вышеотмеченными отходами, в частности, низкая степень технического обустройства объектов их размещения, негативно влияет на ОС (Робертус и др., 2006).

Следует отметить, что до настоящего времени не проводилось специализированного изучения вещественного состава сырья и отходов горнодобывающих предприятий РА, а также их влияния на окружающую природную среду.

Цель работы. Изучить характер и масштабы влияния на окружающую среду основных видов отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай. Для ее достижения решались следующие задачи:

1. Выявить и охарактеризовать главные факторы влияния горнодобывающих предприятий Республики Алтай на окружающую среду;
2. Изучить вещественный состав и опасность для окружающей среды исходного минерального сырья и основных видов отходов горнодобывающих предприятий;
3. Оценить экологическое состояние объектов окружающей среды в районах влияния горнодобывающих предприятий;
4. Изучить специфику, масштабы и пути снижения экологических последствий воздействия отходов ГДП РА на окружающую среду.

Фактическим материалом для написания диссертации послужили, в основном, результаты мониторинга окружающей среды в районах основных горнодобывающих предприятий Республики Алтай (рис. 1), выполненного в 2004-2007 гг. при работе автора в государственном научном учреждении "Алтайский региональный институт экологии".

В этот период было взято 574 пробы природных сред и 148 проб рудного сырья и отходов горнодобывающих предприятий, для которых в аккредитованных лабораториях Сибирского региона выполнено 17103 элементо-определения различных параметров, в том числе 4140 определений показателей общего химического состава, 1488 анализов тяжелых металлов и их подвижных форм атомно-абсорбционным методом, 11375 элементо-определений элементов полуколичественным и количественным эмиссионным спектральным анализом, 23 определения биотоксичности жидких и твердых отходов.

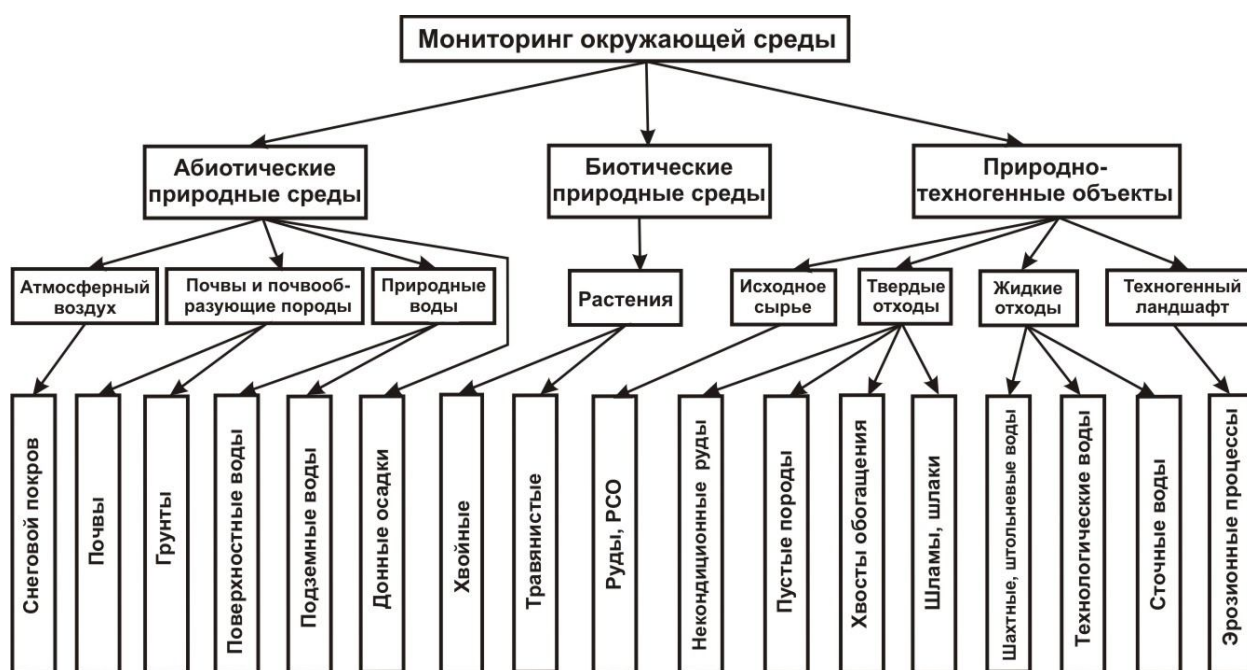


Рис. 1 Структура мониторинга ОС в районах горнодобывающих предприятий РА

Кроме этих данных, при подготовке работы были использованы фондовые научные и производственные отчеты, а также многочисленные публикации по теме исследования.

Научная новизна работы. Выявлены и оценены основные факторы влияния горнодобывающих предприятий Республики Алтай на окружающую среду. Получены новые данные по вещественному составу и экологической опасности исходного минерального сырья и отходов горнодобывающих предприятий. Установлены и детально изучены специфические ассоциации экотоксикантов, присутствующие в отходах ГДП. Оценены характер, масштабы и динамика последствий воздействия отходов на состояние природных сред в районах горнодобывающих предприятий. Разработаны рекомендации по минимизации воздействия отходов на окружающую среду.

Практическая ценность работы. Результаты, полученные в процессе исследования, послужили основой для оценки класса опасности отходов и разработки проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение изученных горнодобывающих предприятий. Содержащиеся в работе фактические данные были использованы

для: оценки эффективности используемых технологий переработки руд и применения отходов в качестве вторичного сырья; ведения локальных и региональной систем комплексного экологического мониторинга; подготовки ежегодных докладов о состоянии окружающей среды Республики Алтай. Передаваемая в оперативном режиме природоохранным органам и предприятиям информация о состоянии природных сред в районах ГДП республики способствовала внедрению организационно-технических мероприятий, позволивших заметно снизить негативные экологические последствия их деятельности.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации отражены в восьми, составленных с участием автора, научно-технических отчетах, рассмотренных на техсоветах горнодобывающих предприятий и на НТС Министерства природных ресурсов Республики Алтай. Результаты работы по теме докладывались на научно-практических конференциях "Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде" (Семипалатинск, 2006), "Геология, география биология и природные ресурсы Алтая" (Бийск, 2006), "Геологические и геоэкологические проблемы эксплуатации минерально-сырьевых ресурсов Алтайского региона (Барнаул, 2008), а также на научных семинарах Института водных и экологических проблем СО РАН. Кроме того, автором опубликовано 12 статей по теме диссертации, в том числе одна статья в журнале, рекомендованном ВАК РФ.

Основные защищаемые положения:

1. Для горнодобывающих предприятий Республики Алтай характерны малоопасные твердые отходы и повышенно опасные технологические воды и растворы (жидкие отходы). Преобладающие процессы пылеаэрозольного и водного механического переноса содержащихся в отходах экотоксикантов и менее проявленной их миграции в растворенном состоянии формируют зоны влияния предприятий на окружающую среду, которые уверенно фиксируются комплексными эколого-геохимическими исследованиями.

2. Отходы горнодобывающих предприятий Республики Алтай оказывают разноплановое по характеру, интенсивности и экологическим последствиям воздействие на природные среды в зонах их влияния, площади которых в целом совпадают с наложенными техногенными ореолами и потоками рассеяния содержащихся в отходах экотоксикантов.

3. Спектр и масштабы проявления негативных последствий размещения отходов горнодобывающих предприятий, для которых характерно поликомпонентное загрязнение природных сред, в меньшей степени нарушения природных ландшафтов, зависят, главным образом, от продолжительности и интенсивности воздействия, применяемых технологических и технических решений.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 155 страниц состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы из 125 наименований. Работа содержит 83 таблицы и 52 рисунка.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю директору АРИ "Экология" к.г.-м.н. Ю.В. Робертусу за научное руководство и методическую помощь на всех этапах подготовки работы.

При подготовке работы автор пользовался полезными консультациями ученых ИВЭП СО РАН д.б.н. Мальгина М.А. и д.б.н. профессора Пузанова А.В., которым выражает свою признательность. Автор также благодарит сотрудника ИВЭП СО РАН к.г.н.

Архипова И.А., аналитиков Н.В. Андросову (ОИГТиМ СО РАН), И.Г. Филипчук (СФ БПГО), к.х.н. Н.А. Цехановскую (ЦЛАТИ по Томской области). Особая благодарность к.г.-м.н. Р.В.Любимову, В.П. Ивановой и всему коллективу Алтайского регионального института экологии за помощь в выполнении полевых работ и при оформлении диссертации.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы и проведенного исследования. Определены цели и задачи диссертационной работы, изложены основные результаты, обозначен вклад автора в исследования по данной теме, отражена научная новизна работы и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе "**Состояние проблемы**" дана характеристика отходов горнодобывающих предприятий и раскрыты основные экологические проблемы их воздействия на окружающую среду и человека.

Во второй главе "**Объекты и методы исследования**" приведено краткое описание геоэкологической изученности районов горнодобывающих предприятий Республики Алтай и их основных результатов. Дана характеристика видов, объемов, методов и методик полевых и лабораторных работ, а также использованных методов обработки и интерпретации полученных данных.

В третьей главе "**Природные условия объектов исследования. Характеристика горнодобывающих предприятий Республики Алтай**" дана характеристика природных условий районов изученных ГДП и геолого-геохимических особенностей обрабатываемых ими месторождений, а также приведены основные сведения о техническом исполнении и применяемых предприятиями технологиях обогащения (пердела) руд (отходов).

Четвертая глава "**Основные виды производственных отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай**" посвящена развернутой характеристике всех видов отходов изученных ГДП, экологической опасности отходов и объектов их размещения, а также природных факторов, способствующих их воздействию на объекты окружающей среды.

В пятой главе "**Экологическое состояние природных сред в районах влияния отходов горнодобывающих предприятий**" приведено детальное описание эколого-геохимического состояния основных компонентов окружающей среды в районах влияния отходов изученных горнодобывающих предприятий Республики Алтай.

В шестой главе "**Экологические последствия размещения отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай**" дана характеристика экологических последствий воздействия отходов изученных ГДП на объекты окружающей среды, выполнена эколого-гигиеническая оценка депонирующих загрязнение природных сред и тенденций их изменения, приведены рекомендации по снижению воздействия отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай на окружающую среду.

В **заключении** подведены итоги и сформулированы основные выводы проведенного исследования.

Обоснование защищаемых положений

Первое защищаемое положение: *Для горнодобывающих предприятий Республики Алтай характерны малоопасные твердые отходы и повышено опасные технологические воды и растворы (жидкие отходы). Преобладающие процессы пылеаэрозольного и водно-го механического переноса содержащихся в отходах экотоксикантов и менее проявленной их миграции в растворенном состоянии формируют зоны влияния предприятий на окружающую среду, которые уверенно фиксируются комплексными эколого-геохимическими исследованиями.*

Установлено, что основным фактором влияния изученных ГДП Республики Алтай на экологическое состояние ОС служат отходы добычи и переработки полезных ископаемых, среди которых ведущая роль принадлежит твердым минерально-сырьевым отходам, относящимся к неиспользуемым вторичным материальным ресурсам, для которых в настоящее время отсутствуют технологические или экономические условия утилизации.

На изученных ГДП к этому типу отходов относятся: хвосты обогащения руд на рудниках "Веселый" и "Калгуты" (2.8 и 0.1 млн. т соответственно); металлургические шлаки – огарки и рудные шламы (1.8 и 0.005 млн. т.) бывшего Акташского рудоуправления (ныне Акташское ГМП), а также руды, отработанные УКВ рудника "Веселый" (0.1 млн. т). Главными источниками образования минерально-сырьевых отходов ГДП являются участки добычных работ и обогатительные фабрики (на АГМП – металлостав).

Основная группа опасных для ОС веществ, содержащихся в твердых отходах ГДП, представлена токсичными рудными и сопутствующими элементами, уровни присутствия которых варьируются в больших пределах и зависят, главным образом, от их содержания в перерабатываемых рудах, а также от эффективности применяемых технологий обогащения и передела. В меньшей степени в них присутствуют химические реагенты, применяемые при обогащении и переделе руд. Концентрации многих тяжелых металлов (ТМ) в отходах изученных ГДП, особенно в хвостах рудника "Калгуты", огарках и шламах Акташского ГМП, зачастую многократно превышают ПДК для почв (табл. 1).

Таблица 1

Средний микроэлементный состав (мг/кг) основных видов твердых отходов ГДП

Предприятия, (вид отходов)	Hg	Be	As	Cd	Pb	Li	Sb	Mo	W	Cr	Cu	Bi	Zn	Ni
Р-к "Веселый" (хвосты ЗИФ)	0.98	–	24	0.14	7	–	12	14	–	60	530	5	65	19
Акташское ГМП (шлаки-огарки) (рудные шламы)	161 >1 %	– 1	300 100	0.55 30	39 550	76 175	34 80	– 3	– < 30	22 50	42 170	– 4	67 2900	139 900
Р-к "Калгуты" (хвосты УПО)	6	119	50	0.27	45	200	47	8000	1300	–	2450	363	59	1.3

Жирным курсивом выделены концентрации, превышающие 1 ПДК для почв; прочерк – нет данных

Другим значимым фактором негативного воздействия ГДП на ОС являются жидкие отходы производства – технологические воды (растворы) и наследующие их химизм сбросные воды. Для них характерно высокое содержание широкого спектра загрязняю-

щих веществ 1-4 классов опасности, продуцирование токсичных газов, высокая миграционная способность, способствующая испарению, фильтрации, утечке и уносу отходов.

К числу компонентов технологических и сбросных вод, содержание которых превышает эколого-гигиенические нормативы, относятся тяжелые металлы, азотистые соединения, в меньшей степени, сульфаты, хлориды, а также значения общей минерализации, ХПК, БПК и рН вод. Данные по уровням присутствия ТМ в технологических и сточных водах изученных ГДП свидетельствуют как об их прямой связи с исходным содержанием в перерабатываемых рудах, так и об их значительном превышении (в десятки-тысячи раз) содержания в используемых водах и действующих ПДК. Особенно высокие концентрации ассоциации присутствующих в перерабатываемых рудах халько- и литофильных ТМ проявлены в технологических водах установки обогащения (УПО) рудника Калгуты (табл. 2).

Таблица 2

Средние уровни присутствия ТМ (мкг/дм³) в сточных и технологических водах

Предприятия, объекты, воды		Fe	Cu	Zn	Hg	Pb	Li	As	Sb	W	Mo	Be
Рудник "Веселый"	Сбросная вода ЗИФ	752	66	7.2	0.20	1.2	–	–	–	–	–	–
	Сбросная вода УКВ	488	1968	199.4	0.33	4.7	–	–	–	–	–	–
Рудник "Калгуты"	Технологическая вода	12000	3785	227.3	0.26	25.0	11.5	<0.5	7.9	110	3263	3.4
	То же оборотная	6613	3805	165.2	36.24	16.8	66.0	<0.5	15	81.5	12488	2.8
АГМП	Технологическая вода	–	30	84.0	7078	10.0	–	12	24	–	–	–

Курсивом выделено содержание более 1 ПДК, жирным курсивом более 10 ПДК, прочерк – нет

Концентрации рудных ТМ в большой степени зависят от используемых процессов обогащения руд, что отчетливо видно по динамике их содержания в технологической воде УПО рудника, рН которой с начала применения в 2005 г. способа флотации увеличился на 2 ед. Это привело к устойчивому увеличению уровней присутствия молибдена, вольфрама, лития на фоне уменьшения содержания меди, цинка, бериллия и других ТМ (рис. 2).

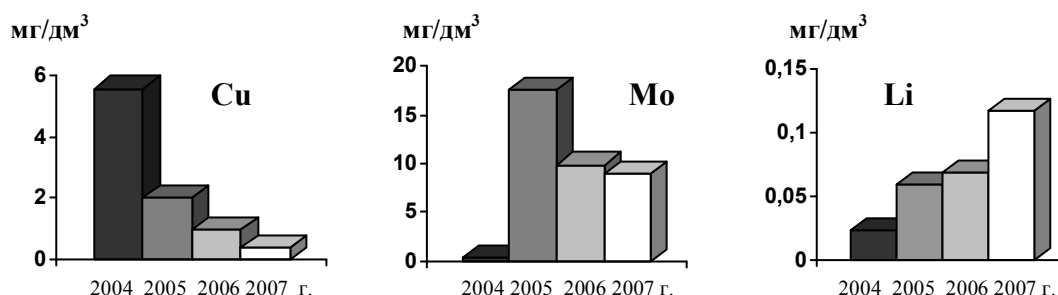


Рис. 2 Содержание ТМ в технологических водах УПО Калгутинского рудника

Путем сравнения химического состава природных вод, используемых для технических целей, и состава размещенных в отстойниках технологических вод, рассчитаны показатели техногенной добавки отдельных компонентов (элементов) в исходные воды. Ее величина варьируется в больших пределах – от первых единиц до первых тысяч (табл. 3).

Таблица 3

Природная и техногенная составляющие загрязнения технологических вод ГДП

Предприятия	Величина техногенной добавки в загрязнение ТВ (в ед. фона используемых вод)
Рудник "Веселый"	NO ₂ (24) – Fe (4.3) – Hg (3.5) – Cl, NO ₃ (2.8) – Cu (1.6)
Рудник "Калгуты"	Mo (4620) – NO ₂ (780) – W (>200) – Cu (100) – SO ₄ (43) – Fe (8) – Cl (6) – NH ₄ (3)
Акташское ГМП	Hg (2320) – NO ₂ , Zn (>50) – Cu, As, Sb (>30) – Cl (12) – SO ₄ (6.5) – NH ₄ (5)

Полученные результаты указывают, что наиболее "техногенными" являются воды металлзавода АГМП. Немного уступают им технологические воды УПО рудника Калгуты. Наименее загрязненными являются сбросы ЗИФ рудника "Веселый".

Эти данные подтверждаются расчетными значениями показателя степени опасности для окружающей среды отходов изученных ГДП и результатами их биотестирования. Установлено, что твердые отходы обогащения руд ЗИФ рудника "Веселый" относятся к пятому (практически неопасному) классу опасности, хвосты обогатительной фабрики рудника "Калгуты" и огарки Акташского ГМП – к четвертому (малоопасному), а рудные шламы АГМП – ко второму (опасному) классу опасности (Робертус и др., 2005).

Жидкие отходы ГДП, в основном, технологические воды обогатительных фабрик и металлзавода АГМП в целом значительно более токсичны (на 1-2 класса), чем твердые минерально-сырьевые отходы. Экспериментальные данные тестирования технологических и сточных вод ГДП говорят о значительной вариабельности значений интегрального показателя их биотоксичности – коэффициента безвредного разбавления ($K_p=1.5-501187$).

Установлено, что технологические воды ЗИФ рудника "Веселый" являются мало-токсичными отходами ($K_t=IV$), УПО рудника "Калгуты" – мало-гипертоксичными ($K_t=IV-I$), металлзавода АГМП – также гипертоксичными отходами (табл. 4).

Таблица 4

Биотоксичность жидких и твердых отходов ГДП Республики Алтай

Предприятия	Объекты изучения	Технологические воды			Хвосты обогащения и пердела		
		n	Kp	Kt	n	Kp	Kt
ОАО "Рудник "Веселый"	ЗИФ	4	1.5-4	IV	4	6.8-18.9	IV
	УКВ	11	4-16130	IV-I	2	1	0
ООО "Калгутинское"	УПО	4	35-501187	IV-I	1	72-100	IV
ООО "Акташское ГМП"	Металлозавод	1	20280	I	1	60*	IV

Kp – безвредная кратность разбавления, Kt – класс токсичности, * – металлургические шлаки

Основной вклад в токсичность отходов изученных ГДП вносят рудные ТМ и их элементы-спутники. В частности, в токсичность хвостов обогащения ЗИФ рудника "Веселый" вклад меди составляет более 40 %, хвостов обогащения редкометалльных руд Калгутинского месторождения – молибден (64 %), бериллий (12 %), медь (8 %), металлургических шлаков (огарков) АГМП – ртуть (67 %), мышьяк (16 %), свинец (6 %), сурьма (4 %).

Изучение поведения загрязнителей ОС на участках размещения отходов ГДП показало преобладание их пылеаэрозольного ветрового и механического водного переноса при подчиненной роли химической миграции в виде водорастворимых форм. Рассчитанные объемы поступления экотоксикантов в депонирующие загрязнение природные среды позволяют считать, что основными факторами влияния отходов изученных ГДП на окружающую среду являются (в порядке значимости): сбросы, утечки, испарение и фильтрация технологических вод (растворов), плоскостной смыв, водный и ветровой перенос хвостов обогащения и переработки руд, пустых пород, выбросы токсичных газов (рис. 3).

Предварительно определенная площадь обобщенной зоны влияния изученных ГДП и их производственных отходов составляет для рудника "Веселый" – 15 км², для Калгутинского рудника и Акташского ГМП – по 5 км², а протяженность водных и транспортных линеаментных зон загрязнения этих ГДП достигает 5-20 км (Робертус и др., 2008).

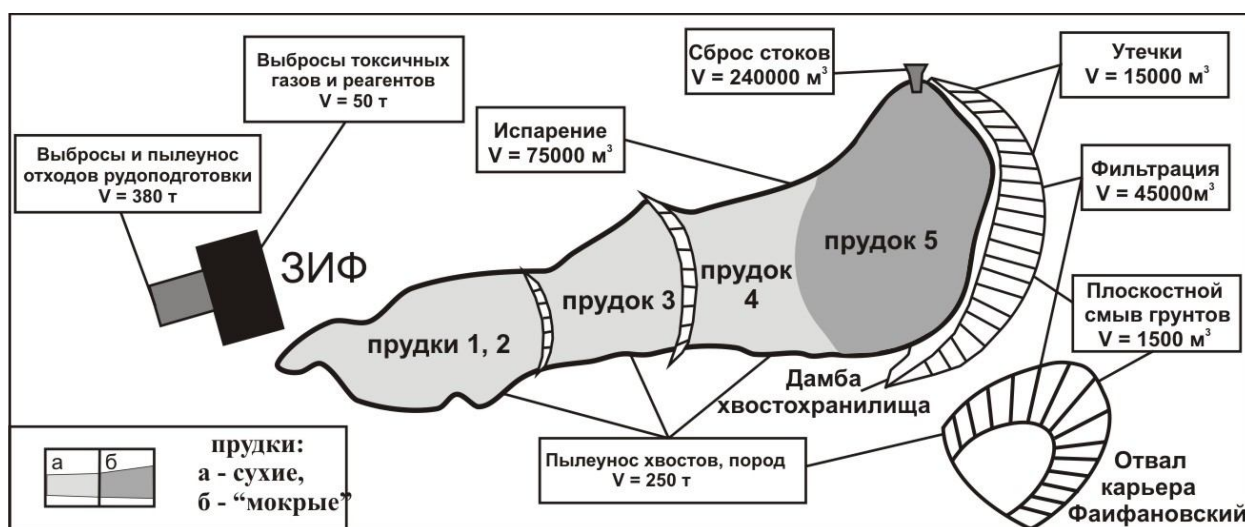


Рис. 3 Факторы влияния промзоны рудника "Веселый" на окружающую среду

Большинство природных факторов имеют негативную направленность, поскольку усиливают и/или расширяют воздействие отходов ГДП на компоненты ОС. В то же время ряд других природных эколого-геохимических факторов способствует деструкции многих загрязнителей и тем самым снижают их влияние отходов на природные среды.

Пыление для щебнисто-глыбовых отходов ГДП проявлено слабо. Сухие хвосты в зависимости от рельефа местности переносятся на расстояние 0.1-0.5 км. Водный перенос как основной вид миграции жидких отходов происходит в двух режимах – поверхностного стока сбросов и утечек технологических вод, и их внутрипоровой фильтрации через стенки и днища ГТС. Перенос транзитными водотоками тонкой фракции хвостов обогащения руд весьма значителен и достигает 15 км в районе рудника "Веселый" и 20 км в районе АГМП. По мере продвижения транзитные водотоки, загрязненные отходами ГДП, самоочищаются путем разбавления, реже за счет выпадения химических осадков. Вовлекаемый в транзит твердый сток мелкой фракции отходов выпадает в виде донных осадков.

Изученные особенности переноса основных видов отходов ГДП позволили наметить следующую модель их миграции в природных средах (рис. 4), из которой следует, что хранение твердых и жидких токсичных отходов добычи и обогащения руд приводит к формированию зон наложенных атмо-, сноу-, лито-, гидро- и биогеохимических аномалий (потоков), которые в сочетании с природными ореолами разрабатываемых месторождений создают сложную экогеохимическую обстановку в зонах влияния ГДП.

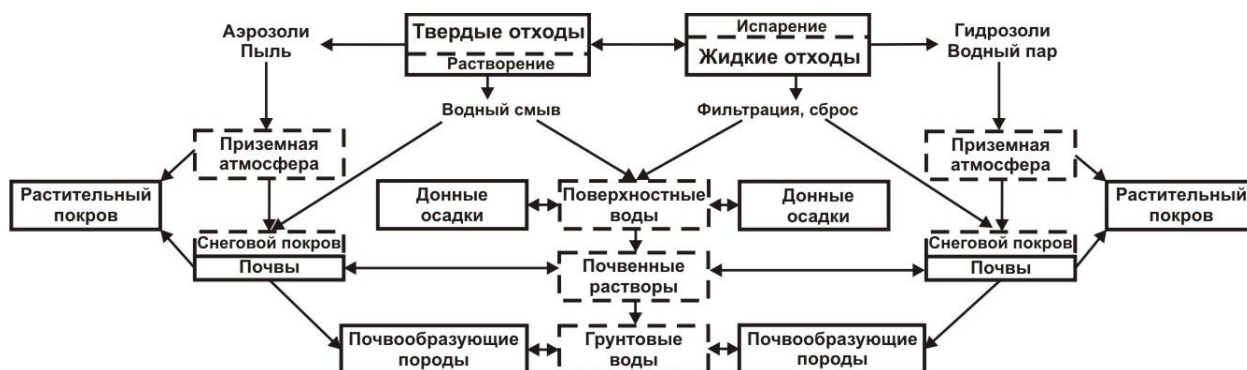


Рис. 4 Принципиальная схема формирования наложенных геохимических ореолов на участках размещения отходов ГДП (пунктиром показаны нестабильные ореолы)

Второе защищаемое положение: *Отходы горнодобывающих предприятий Республики Алтай оказывают разноплановое по характеру, интенсивности и экологическим последствиям воздействие на природные среды в зонах их влияния, площади которых в целом совпадают с наложенными техногенными ореолами и потоками рассеяния содержащихся в отходах экотоксикантов.*

Влияние отходов изученных ГДП на компоненты окружающей среды оценивалось по эколого-геохимическому состоянию атмосферного воздуха (в том числе по снеговому покрову), поверхностных вод, донных отложений, почвенного покрова, растительности. Параллельно изучался вещественный состав твердых, жидких и газообразных отходов предприятий, оказывающих негативное воздействие на состояние этих природных сред.

Выявленные ореолы запыленности (загрязненности) атмосферного воздуха (по снеговому покрову) на участках размещения отходов характеризуются повышенным присутствием специфических загрязнителей изученных ГДП – ТМ, флотореагентов, азотистых соединений и др., в распределении которых проявлена зональность. В частности, в твердом остатке снеговых проб на периферии хвостохранилища ЗИФ проявлено заметное увеличение содержания рудных и порообразующих элементов по мере приближения к источнику их поступления (табл. 5).

Таблица 5

Состав ТОСП (мг/кг) на периферии хвостохранилища ЗИФ рудника "Веселый"

Точки отбора проб	Si, %	Al, %	Ca, %	Na, %	Fe, %	P, %	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Ba	Ag
А (50 м от прудка 5)	25	5	5	1.5	3	0.08	50	100	10	150	150	1000	0.6
Б (500 м от прудка 5)	6	2	0.4	0.5	1	0.01	20	10	2	75	60	200	0.1
Отношение А/Б, ед.	4.2	2.5	12.5	3.0	3.0	8.0	2.5	10.0	5.0	2.0	2.5	5.0	6.0

Аналогичное зональное распределение комплекса экотоксикантов ЗИФ проявлено и в других сопряженных с ТОСП природных средах – почвах и растениях. Так, анализ связей основных ТМ – меди и ртути выявил их статистически значимую прямую зависимость между собой, что указывает на единый источник их поступления в объекты ОС и на сохранение взаимосвязи этих ТМ при транслокации загрязнения в ряду: атмосферные выпадения – почвы – растительный покров, а также о формировании на участке хвостохранилища аэрогенного очага загрязнения объектов ОС ассоциацией специфических загрязнителей ЗИФ (рис. 5).

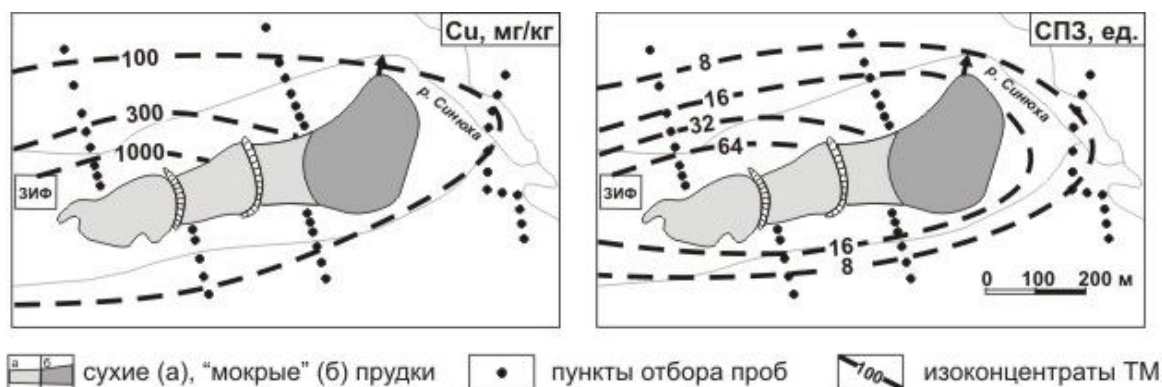


Рис. 5 Зональный характер загрязнения почв на периферии хвостохранилища ЗИФ

Уровень загрязнения атмосферного воздуха на участках влияния отходов ГДП изучен также по газообразным загрязнителям, в том числе по парам ртути. Было установлено, что хвосты ЗИФ рудника "Веселый" и терриконы огарков и участки захоронения РСО на Акташском ГМП создают интенсивные до 70 мкг/м³ атмохимические ореолы ртути, при этом в приземной атмосфере содержание ртути на порядок ниже, чем в почвенном воздухе (рис. 6). Газортутные аномалии имеют локальный характер – в контурах объектов размещения отходов – источников эмиссии ртути.

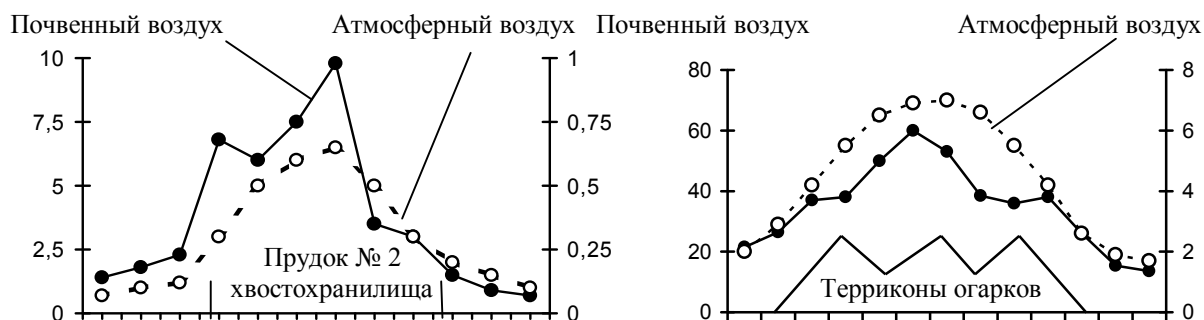


Рис. 6 Содержание ртути (мкг/м³) в почвенном и атмосферном воздухе над отходами рудника "Веселый" (слева) и Акташского ГМП (справа)

В почвенном покрове, являющимся чутким индикатором специфики и интенсивности воздействия отходов на окружающую среду, проявлено не только различное по спектру, интенсивности и масштабам загрязнение экотоксикантами изученных ГДП, но и комплексное изменение физико-химических свойств, заключающееся в увеличении значений рН, карбонатности, магнитной восприимчивости почв и доли в них физического песка с одновременным уменьшением содержания гумуса и емкости поглощения при нарастании уровня техногенной нагрузки (Любимов, 2005).

Изучение особенностей распределения экотоксикантов отходов ГДП в почвах показало наличие, по меньшей мере, их двух основных групп. Микроэлементы преобладающей группы, представленные, в основном, сопутствующими элементами руд, слабо накапливаются в почвах участков размещения отходов, в то время как главные элементы руд накапливаются более интенсивно – до 3.1-9.2 ед. фона. Нередко содержание отдельных элементов руд в почвах промзон изученных ГДП превышает ПДК. Если на участках размещения отходов рудников "Веселый" и "Калгуты" их превышение незначительно (1.1-2.2 ПДК), то в почвах промзоны Акташского ГМП концентрации ртути составляют 31.1 ПДК, мышьяка – 46, сурьмы – 6.7 ПДК (табл. 6).

Таблица 6
Средние концентрации элементов в почвах зон влияния отходов ГДП Республики Алтай

№	Парам.	Cr	Ni	Co	Li	Cu	Zn	Pb	Sb	As	Sn	Ag	Bi	W	Mo	Be	Hg
1	ед. фона	1.4	1.9	1.8	1.3	3.2	1.5	1.7	н.д.	н.д.	2.4	> 5	4.2	н.д.	н.д.	2.5	3.5
	ед. ПДК	0.5	0.8	0.4	–	1.3	0.3	0.6	–	–	2.0	–	–	–	–	0.2	0.2
2	ед. фона	2.5	1.6	3.0	3.1	7.5	1.0	1.2	н.д.	н.д.	1.1	> 3	> 6	> 5	6.0	1.4	н.д.
	ед. ПДК	0.3	0.4	0.5	–	0.4	0.2	0.6	–	–	1.1	–	–	–	2.2	0.4	–
3	ед. фона	3.0	2.6	1.1	2.6	4.2	1.9	1.9	1.7	9.2	3.8	2.5	3.0	н.д.	н.д.	1.7	6.5
	ед. ПДК	0.7	1.4	0.6	–	0.8	0.3	0.7	6.7	46	0.8	–	–	–	0.6	0.2	31.1

Рудники: 1 – "Веселый", 2 – "Калгуты", 3 – АГМП; выделено >3 фонов (курсив), > 1 ПДК (заливка)

Многолетнее накопление рудных ТМ и их элементов-спутников, главным источником которых являются отходы обогащения и передела руд, привело к полному изменению их пространственного распределения в почвах зон влияния изученных ГДП. В частности, в почвах промзоны Акташского ГМП сформировался интенсивный наложенный ореол ртути, вытянутый по долине р. Ярлыамры почти на 2 км при ширине 0.6 км (по изоконцентрате 10 ПДК или 21 мг/кг), основным источником которого являются ртутьсодержащие выбросы металлзавода.

Установлено, что на участках размещения отвалов пустых пород изученных ГДП образуются "языкоподобные" наложенные очаги загрязнения почв. Так, техногенные литохимические ореолы, созданные отвалами Западного, Фаифановского карьеров и основной дамбой хвостохранилища ЗИФ рудника "Веселый", имеют протяженность до 250-400 м и локализуются в пониженных участках рельефа (рис. 7).

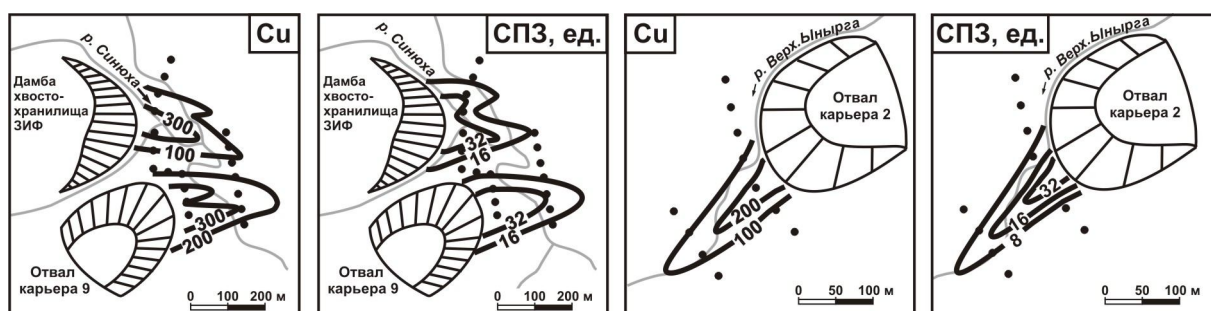


Рис. 7 Наложенные ореолы ТМ в почвах на участках размещения отвалов вскрышных пород из карьеров рудника "Веселый"

Морфология, размеры и пространственное положение составляющих эти ореолы аномалий рудных и сопутствующих элементов практически идентичны, а их содержание в почвах коррелирует с концентрациями в отвальных породах. Загрязнение почв ТМ в пределах таких ореолов невысокое – СПЗ отвечает, в основном, низкому и среднему уровню загрязнения – 16-32 ед. при максимальных значениях до 67 ед. (Сакладов, 2007).

Содержание наиболее экологически значимой подвижной формы ТМ (ацетатно-аммонийная вытяжка) в почвах промзон ГДП, как правило, повышенное и высокое, и тесно коррелируется с их валовой концентрацией ($r = 0.98-0.99$). Эта линейная зависимость описывается уравнением $C_{\text{подв.}} = k \times (C_{\text{вал.}} - C_0)$, где k – коэффициент перехода ТМ в вытяжку, а C_0 – постоянная величина, равная природному фону ТМ в почвах (рис. 8).

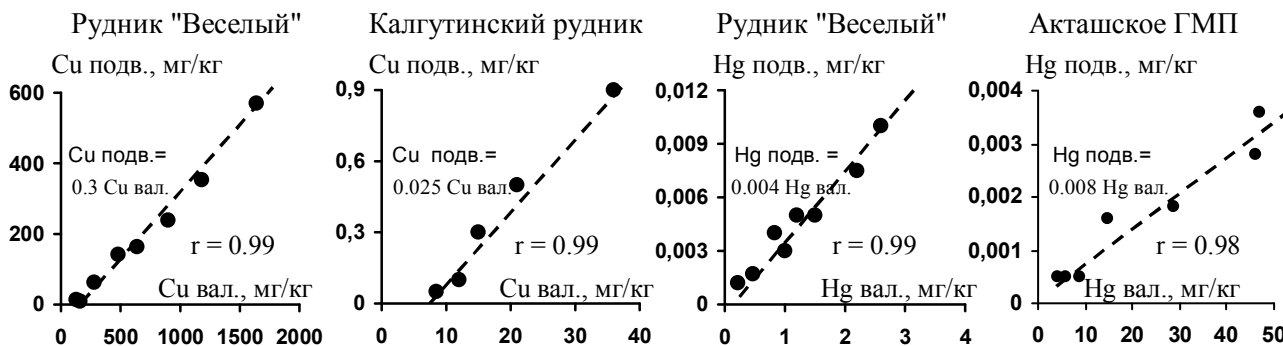


Рис. 8 Связь содержания валовой и подвижной форм меди и ртути в почвах ГДП

Данные по уровням присутствия и динамике рудных ТМ однозначно показывают, что уровень присутствия их подвижных форм напрямую зависит от длительности нахождения привнесенного материала отходов в почвах. Так, на примере УКВ рудника "Веселый" установлено (Кивацкая, 2006), что за 4 года влияния установки (2001-2005 гг.) содержание подвижной формы меди в почвах увеличилось относительно фона в 3.5-10 раза, цинка в 1.7-3 раза, что в 1.5-2 больше темпов прироста их валовых концентраций (табл. 7).

Таблица 7

Динамика подвижных форм* ТМ (мг/кг) в почвах участка УКВ рудника "Веселый"

Годы	Этапы УКВ	Cu вал.	Cu под.	Cu под./Cu вал.	Zn вал.	Zn под.	Zn под./Zn вал.
2001	Начало КВ	19.5	1.8	5.4 %	74.0	11.0	14.9 %
2005	Консервация	73.0	11.0	15.1 %	145.5	30.0	20.6 %

* – ацетатно-аммонийная вытяжка (рН = 4.8)

Другой характерной особенностью распределения наложенного тяжелометалльно-го загрязнения, привнесенного с материалом отходов, является его локализация в верхнем горизонте почвенного профиля. Установлено, что максимальные концентрации рудных и сопутствующих ТМ в почвенных разрезах на участках промзон изученных ГДП проявлены в интервале 0-10 см и заметно уменьшаются с глубиной (в 1.5-2 раза), что свидетельствует об их поверхностном поступлении в почвы (Робертус и др., 2007).

Данные по биогеохимии растительного покрова в районах изученных ГДП свидетельствуют об аномально повышенных концентрациях рудных ТМ и их элементов-спутников во всех видах древесных, кустарниковых и травянистых растений, произрастающих в пределах зон влияния отходов предприятий.

На примере промзоны рудника "Веселый" установлено, что в золе травянистых (осочка стоповидная) и древесных растений (пихта сибирская) содержание меди варьируется в пределах 11-71 мг/кг, ртути – 0.05-0.16 мг/кг. В пространственном распределении этих ТМ, как и в почвах, проявлено уменьшение их содержания в 2-3 раза при удалении на 200-250 м от прудков хвостохранилища ЗИФ (табл. 8). Это свидетельствует о преобладающей роли поступления ТМ в растения из почв, загрязненных при аэрогенном переносе пылевой фракции лежалых хвостов обогащения руд.

Таблица 8

Изменения концентраций меди и ртути (мг/кг) в почвах и сопряженных растениях на периферии хвостохранилища ЗИФ рудника "Веселый"

Расстояние от хвостохранилища	Почвы (n=9)		Хвоя пихты (n = 6)		Листья осочки (n = 9)	
	Cu	Hg	Cu	Hg	Cu	Hg
менее 50 м	175	0.43	47.0	0.18	49	0.13
100-150 м	140	0.30	23.6	0.16	32	0.10
200-250 м	74	0.22	8.6	0.14	15	0.07

Влияние на растительный покров отходов Калгутинского рудника, изученное на местном эдификаторе – овсянице овечьей, проявлено в аномально повышенных концентрациях и максимальных коэффициентах биологического поглощения (КБП) молибдена, меди, лития и других рудных и сопутствующих элементов в растениях вблизи основных источников ТМ – штольневого хозяйства предприятия и хвостохранилища обогатитель-

ной фабрики (табл. 9). При этом между содержанием этих металлов и КБП проявлена суб-линейная прямая зависимость, характер которой меняется в области высоких концентраций ТМ, что предположительно указывает на "перенасыщение" ими растений.

Таблица 9

Содержание рудных ТМ в овсянице овечьей в районе Калгутинского рудника

Место отбора	Содержание металлов*, мг/кг (в скобках указан коэффициент биологического поглощения металла растениями из почв, %)			
	Cu	Mo	Li	Hg
Условно фоновый участок	0.28 (0.9)	0.36 (12.0)	0.02 (0.02)	0.12
Участок штольневой хозяйства	3.40 (3.4)	6.10 (30.5)	0.13 (0.26)	0.18
Центр обогатительной фабрики (ОФ)	1.25 (4.2)	7.15 (35.8)	0.14 (0.13)	0.16
Периферия обогатительной фабрики	0.32 (1.1)	0.80 (10.6)	0.01 (0.02)	0.06

* – пересчет на сырую массу, выделены повышенные (курсивом) и аномальные (заливкой) значения

В зонах влияния изученных ГДП проявлена, как правило, прямая тесная ($r = 0.76-0.98$) зависимость между концентрациями рудных элементов в сопряженных пробах почв и растений, объясняемая преобладающим их поступлением в растения из загрязненных ТМ почв (рис. 9).

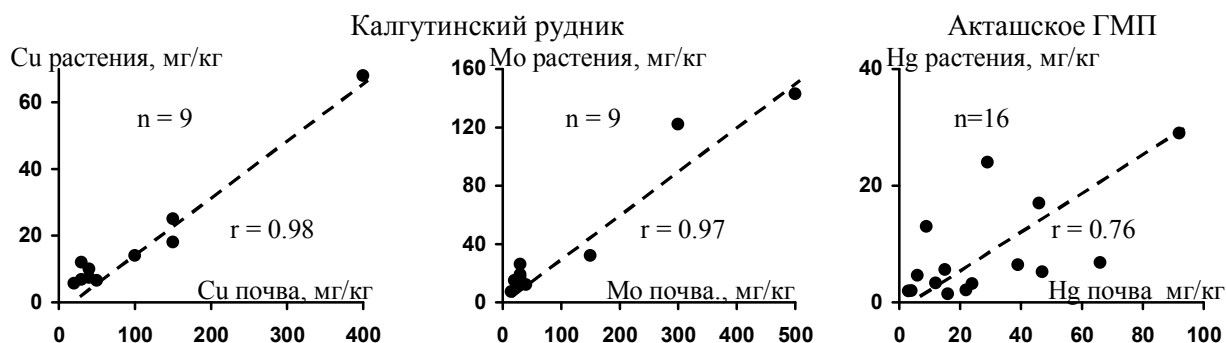


Рис. 9 Зависимость содержания ТМ в сопряженных пробах почв и растений

Следует отметить, что кроме загрязнения экотоксикантами ГДП, на внешнее воздействие отходов предприятий также "реагируют" морфометрические особенности побегов растений, произрастающих в зонах их влияния, что весьма характерно при химической природе воздействующего фактора (Собчак и др., 2005). В частности, на изученных образцах хвойных (хвои и стебля) с периферии хвостохранилища ЗИФ рудника "Веселый" установлено, что средняя длина однолетней хвои пихты сибирской заметно уменьшается при приближении к лежалым хвостам и в целом меньше, чем на контрольной площадке. Обратная картина проявлена для числа хвоинок на 1 см однолетнего побега, которое увеличивается вблизи прудков-отстойников (табл. 10). Характер реакции побегов указывает на выраженное в "мягкой форме", но заметное угнетение роста растений вблизи ЗИФ.

Таблица 10

Морфометрические показатели пихты сибирской вблизи хвостохранилища ЗИФ

Показатели	Расстояние от хвостов-СЗ фланг			Расстояние от хвостов-ЮВ фланг			Контрольный пункт (перевал Синюха)
	20 м	120 м	270 м	20 м	120 м	270 м	
Длина хвои 1 года, мм	13-24 17.7	15-26 20.7	16-30 22.6	12-25 18.8	12-26 19.4	12-31 23.1	14-34 24.7
Число хвоинок на 1 см, штук	20-24 22.0	17-22 19.4	17-21 19.0	19-25 21.5	15-22 18.3	17-19 18.0	12-21 17.4

Для каждого образца выполнено 30 измерений; в числителе – пределы, в знаменателе – среднее

Влияние отходов изученных предприятий на подземные воды практически отсутствует для подземных трещинных, жильно-трещинных, карстовых вод и проявляется, в основном, в форме слабоинтенсивного загрязнения специфическими токсикантами ГДП незащищенных водоносных горизонтов зоны аэрации (верховодка, грунтовые воды).

Более проявлено воздействие отходов на эколого-геохимическом состоянии поверхностных водотоков, особенно в случае сброса в них технологических вод и растворов, имеющим место на ЗИФ рудника "Веселый". В связи с непрерывным сбросом механически отстоявшихся в хвостохранилище ЗИФ сточных вод в р. Синюха, уровни присутствия большинства загрязняющих веществ в речной воде (ТМ, флотореагенты, азотистые соединения и пр.) "копируют" их концентрации в стоках и почти не отличаются от них (рис. 10).

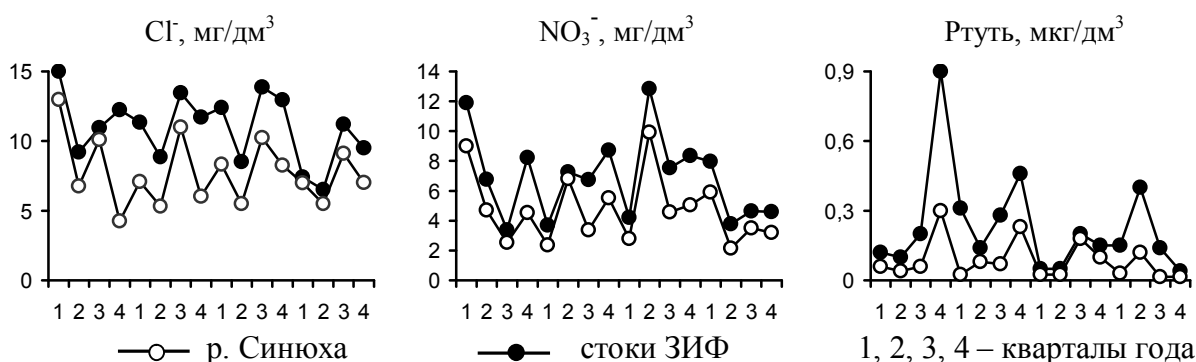


Рис. 10 Связь химического состава стоков ЗИФ и воды р. Синюха в 2004-2007 гг.

В более "мягкой" форме проявлено загрязнение поверхностных водотоков при фильтрации технологических вод из ГТС, распространенной на руднике "Калгуты" и Акташском ГМП. Водные и транспортные линейные элементы загрязнения, имеющие место на всех изученных ГДП, проявлены соответственно в поверхностных водотоках и вдоль технологических автодорог, по которым осуществляется транспортировка руды, пустых пород, концентратов, реагентов, ВМ, ГСМ и пр. Первые из них представлены техногенными потоками загрязняющих веществ в транзитных водотоках, основными источниками которых являются отходы обогащения и передела руд, реже участки добычных работ (рис. 11).

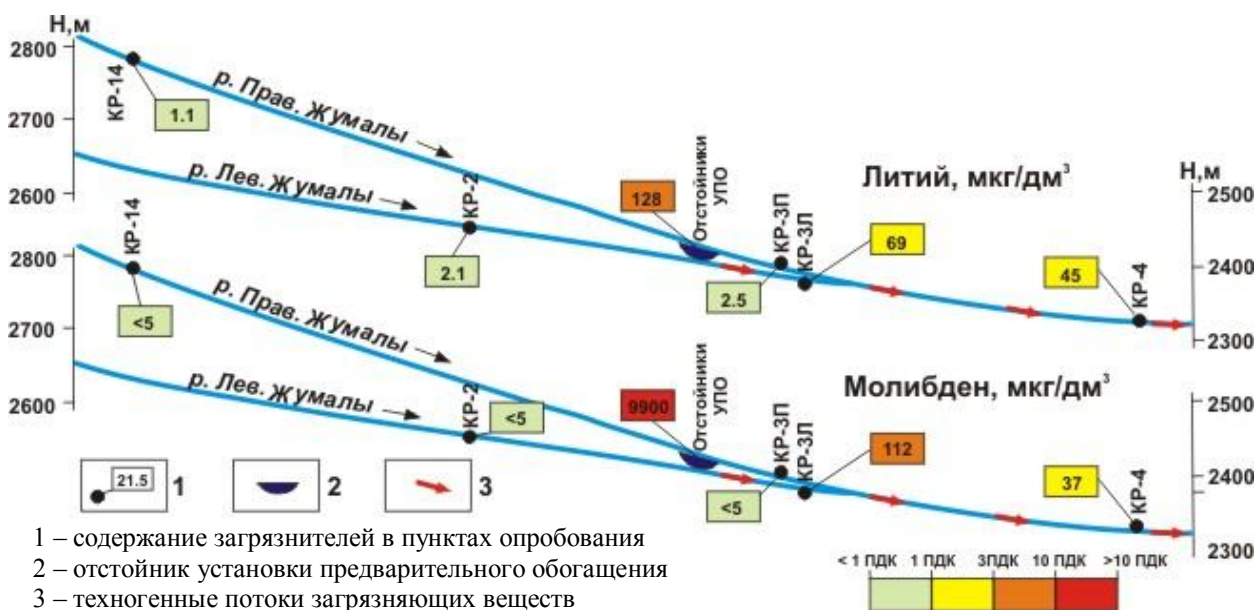


Рис. 11 Техногенные потоки загрязняющих веществ в районе Калгутинского рудника

Интенсивность загрязнения донных осадков поверхностных водотоков в районах ГДП является интегральной функцией уровня содержания загрязнителей в сбросных водах, их объема, длительности функционирования предприятий и пр. Для изученных предприятий средний уровень присутствия загрязнителей в донных осадках составляет 1.5-6 единиц местного фона. Наибольшее превышение эколого-гигиенических нормативов отмечено в осадках р. Ярлыамры в зоне влияния Акташского ГМП: ртуть до 176.7 ПДК (для почв), мышьяк – 50 ПДК, сурьма 10.4 ПДК. В частности, в образованном АГМП геохимическом потоке рассеяния длиной более 20 км (до устья р. Чибитка) концентрации ртути в донных осадках нарастают вниз по течению и максимальны в пос. Акташ – 532-683 мг/кг.

В донных осадках р. Синюха, находящихся в зоне влияния хвостохранилища ЗИФ рудника "Веселый", происходит заметное накопление специфической ассоциации рудных ТМ (Cu, Hg, Pb, Ag, Bi). Максимум их накопления проявлен в устье реки ниже сброса стоков фабрики, причем практически для всех элементов, что говорит о нахождении ТМ в иловатом материале хвостов ЗИФ. При дальнейшем транзите хвостов валовые концентрации ТМ постепенно снижаются из-за увеличения доли терригенной составляющей осадков. Одновременно с этим уменьшается содержание их водорастворимых форм – от 4.2 до 0.5 % для меди, от 1.6 до 0.2 % для цинка, от 3.2 до 1.1 % для ртути. Для максимальных содержаний водорастворимых форм этих профилирующих металлов характерна приуроченность к верхней части разреза донных отложений, указывающая на их поступление из загрязненной поверхностной воды.

Содержание и доля биологически активной подвижной формы (ацетатно-аммонийная вытяжка) вышеотмеченных ТМ в донных осадках увеличивается на всем отрезке транзита сбросных вод ЗИФ рудника "Веселый" (табл. 11), что предположительно объясняется пролонгированным воздействием (растворением) химически агрессивной водной среды р. Синюха на материал перенесенных хвостов обогатительной фабрики.

Таблица 11

Уровни присутствия и доля подвижных форм ТМ в донных осадках транзитных водотоков в районе рудника "Веселый"

Изученный участок	Cu _п , мг/кг	Cu _п /Cu _в , %	Zn _п , мг/кг	Zn _п /Zn _в , %	Pb _п , мг/кг	Pb _п /Pb _в , %
Промзона рудника	15	7.5	11	12.2	8	16.0
Селитебная зона с. Сейка	18	9.0	13	13.0	15	20.3
В 1-5 км ниже с. Сейка	28	18.7	17	24.3	5.5	36.7

В настоящее время донные осадки в районах изученных ГДП относятся к категории умеренно загрязненных (16<СПЗ<32), а в районе АГМП – к сильно загрязненным (СПЗ > 64). Основными источниками загрязнения донных осадков в зонах влияния ГДП являются плановые и аварийные сбросы на рельеф и утечки технологических вод. Менее значимы их фильтрация в грунты; плоскостной смыл с промзон ГДП, а также ветровой перенос жидких и твердых отходов производства.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что зоны влияния изученных горнодобывающих предприятий обусловлены, главным образом, наложенными геохимическими аномалиями, в меньшей степени, потоками рассеяния загрязнителей, содержащимися в их производственных отходах.

Третье защищаемое положение: *Спектр и масштабы проявления негативных последствий размещения отходов горнодобывающих предприятий, для которых характерно поликомпонентное загрязнение природных сред, в меньшей степени нарушения природных ландшафтов, зависят, главным образом, от продолжительности и интенсивности воздействия, применяемых технологических и технических решений.*

Проведенным исследованием установлено, что воздействию отходов изученных ГДП республики подвержены все компоненты окружающей среды (в порядке убывания воздействия): поверхностные воды и донные осадки, почвенный и растительный покров, приземная атмосфера, подземные (грунтовые) воды. Экологические последствия хранения отходов ГДП не ограничиваются поликомпонентным загрязнением депонирующих природных сред на участках их размещения. Другими значимыми ее последствиями являются: нарушения природных ландшафтов, развитие эрозионных процессов, угнетение и поражение растений, негативное воздействие на представителей животного мира.

Основные визуально проявленные в пределах промзон изученных ГДП и на участках размещения их отходов изменения природных ландшафтов выражаются в образовании их существенно техногенных эквивалентов со значительными нарушениями почвенного и растительного покрова на периферии. Сами техногенные ландшафты характеризуются отсутствием почвенно-растительного слоя, полной перепланировкой исходного рельефа, созданием новых положительных и отрицательных форм мезо- и микрорельефа.

Образование техногенных ландшафтов способствует интенсивному развитию экзогенных геологических процессов (ЭГП), образующих многочисленные эрозионные и связанные с ними аккумулятивные микроформы рельефа. Активизация ЭГП в расчлененных горных условиях приводит к плоскостному смыву большого объема грунтов (первые сотни-тысячи тонн ежегодно), слагающих техногенные ландшафты, что увеличивает содержание взвешенных частиц в водных объектах.

Основные нарушения растительного покрова, обусловленные размещением отходов ГДП, заключаются в имеющих место тератогенных признаках (засыхание, некротизация, дефолиация, явления гигантизма, уродливые формы и пр.), особенно вблизи емкостей токсичных технологических вод (растворов) и на участках их сброса на рельеф местности.

Участки нарушений природных ландшафтов, как и ореолы загрязнения и изменения свойств природных сред, имеют относительно небольшие размеры ($n \times 0.1-1$ км) и субизометричную морфологию, свидетельствующие о локальности проявления этих основных экологических последствий воздействия ГДП и их отходов на окружающую среду. Предположено, что в общем случае площадь зоны повышенного негативного влияния отходов ГДП на ОС прямо пропорциональна квадрату удвоенного размера площадок их хранения, а слабого влияния – квадрату четырехкратного размера поперечника площадок.

Для изученных предприятий характерно сложное строение площади их влияния, состоящей, как правило, из серии локальных (объектных) зон загрязнения (изменения) и аналогичных транспортных и водных линеаментов, выходящих за пределы обобщенной зоны влияния, сформированной, главным образом, при воздействии отходов ГДП.

Значимым природно-техногенным фактором воздействия на ОС являются отходы геологоразведочных работ, представленные породными и рудными отвалами горных вы-

работок. Выявленные на участках их размещения наложенные литохимические ореолы рассеяния ТМ имеют локальный характер, относительно невысокую степень накопления (разубоживания) рудных и литогенных элементов (до 3-6 фонов), зависящую от ряда факторов – времени, размерности и вещественного состава дефлируемого материала отходов, геоморфологических особенностей и т. д.

Другим нетрадиционным источником воздействия отходов, не связанных с разведкой и разработкой месторождений, но размещенных на их площади, являются участки отсыпки отходами технологических дорог, а также несанкционированного захоронения РСО, общий объем которых составляет около 900 т, а содержащейся в них ртути – 17.1 т (Сакладов и др., 2006). Содержание ртути в наложенных в почвогрунтах литохимических ореолах и потоках на участках захоронений отходов варьируется, как и в РСО, в очень больших пределах – от десятков до первых тысяч мг/кг и составляет для почв 5-1143 ПДК, для грунтов 27-4523 ПДК (табл. 12).

Таблица 12

Среднее содержание ТМ (мг/кг) в почвогрунтах на участках захоронения РСО

Природные среды	n	Hg	Zn	Cu	Pb	Sb	As	Ni	Li	Ag
Почвы	18	209	213	64	23	20	45	51	42	0.2
Грунты	23	2942	280	155	900	116	280	142	324	2.7

Ориентировочные запасы ртути в очагах наложенного загрязнения составляют порядка 5.6 т, т.е. треть объема ртути уже мигрировала из РСО во вмещающие их почвогрунты. Активной миграции ртути способствует ее "свободная" форма нахождения в РСО, мелкодисперсный состав преобладающих отходов (шламов), а также крутизна склонов, высокие фильтрационные свойства грунтов, небольшая глубина захоронения отходов (0.3-1 м). Для выявленных вторичных литохимических ореолов ртути на участках захоронения РСО весьма характерна вытянутость (сползание) вниз по склону.

Полученные данные позволяют предполагать, что ртуть, присутствующая в захороненных РСО и огарках технологических дорог, в ближайшее 15-20 лет поступит в депонирующие загрязнение природные среды экосистемы рек Ярлыамры-Чибитка-Чуя-Катунь, т. е. эти объекты будут являться дополнительным долговременным фактором ухудшения негативной экологической ситуации, сложившейся в районе Акташского ГМП.

Анализ степени транслируемости тяжелометалльного загрязнения (по СПЗ) "твердых" природных сред на участках промзон изученных ГДП показал соответствие загрязнения атмосферного воздуха (ТОСП) с почвами и, частично, с загрязненностью донных осадков транзитных водотоков. Установлено, что промзоны всех предприятий характеризуются умеренной и сильной степенью загрязнения почв и донных осадков (табл. 13).

Таблица 13

Значения показателя СПЗ (ед.) природных сред в зонах влияния ГДП Республики Алтай

Объекты ГДП	ТОСП		Почвы		Донные осадки	
	lim	$\bar{X}$	lim	$\bar{X}$	lim	$\bar{X}$
Промзона рудника "Веселый"	10.2-26.5	18.3	11-239	39.9	10.2-88	38.6
УКВ рудника "Веселый"	6.2-15.7	12.8	12-34.2	19.8	16.8-48.4	30.5
УПО рудника "Калгуты"	нет данных		33.1-42.4	36.6	13.0-30.7	20.7
Промзона Акташского ГМП	20.3-87.7	68.8	8-178	64.5	13.1-124	101.2

Полученные данные позволили оценить в общих чертах уровни накопления рудных и сопутствующих ТМ в объектах окружающей среды зон влияния ГДП, а также в перерабатываемых рудах, получаемых концентратах и хвостах обогащения руд. Характерно, что степень концентрации ТМ в минеральном сырье на 1-2 порядка выше, чем в природных средах. При этом ассоциации элементов, в различной степени накапливающихся в этих объектах, довольно выдержаны, что свидетельствует об их устойчивости при транслокации в окружающей среде.

Для выявления тенденций развития экологической ситуации в зонах влияния отходов изученных ГДП проведен комплексный анализ пространственно-временной динамики изменения состояния изученных природных сред за последние 3-5 лет. Установлено, что для них проявлено, в основном, прогрессирующее увеличение степени загрязнения всех депонирующих природных сред, примером чего является динамика содержания ТМ в почвах промзоны Калгутинского рудника, ежегодные темпы прироста которых составляют 30-90 % (табл. 15).

Таблица 15

Динамика содержания ТМ (мг/кг) в почвах зоны влияния Калгутинского рудника

Параметры	Fe, %	Cr	V	Ni	Co	Li	Cu	Zn	Pb	Be	Sn	Bi	W	Mo	СПЗ
фон	0.8	10	30	10	2	20	6	40	15	3	4	< 1	15	2.0	–
сред. 2004	2.4	24	71	16	7	35	20	45	16	2.5	4	3	20	2.5	16
сред. 2007	3	38	85	30	10	68	45	94	25	5.7	5.2	4.5	95	15	42
Кс (2007), ед.	3.8	3.8	2.8	3.0	5.0	3.4	7.5	2.4	1.7	1.9	1.3	> 5	6.3	7.5	–
2007/2004, ед.	1.2	1.6	1.2	1.9	1.4	2	2.2	2.1	1.5	2.3	1.3	1.5	4.8	6	2.6

Выделены рудные ТМ, наиболее интенсивно накапливающиеся в почвенном покрове

Загрязняющие вещества, поступающие из отходов изученных ГДП, в той или иной степени участвуют в трофических цепях питания человека и животных. Особенно это касается загрязненного отходами ЗИФ растительного покрова и поверхностных вод в промзоне рудника "Веселый" и примыкающей к ней селитебной территории пос. Сейка, где производится выпас домашних животных, ужение рыбы и пр. В частности, в отстойниках ЗИФ и р. Сейке установлены повышенные концентрации в рыбе таких ТМ перерабатываемых руд, как цинк (1.6-2.8 ПДК) и медь (1.1 ПДК) (табл. 14).

Таблица 14

Среднее содержание ТМ в ихтиофауне водоемов района рудника "Веселый" (Шурова, 2006)

Место обитания	Вид рыбы	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Pb, мг/кг	Hg, мг/кг
Отстойники ЗИФ	Пескарь, линь, карась	110	11	< 1	0.01
р. Сейка ниже села	Пескарь, плотва	63	11	< 1	0.001
ПДК, мг/кг для свежей пресноводной рыбы		40	10	1	0.5

Известно, что основными критериями экологической безопасности населения в зонах влияния ГДП являются санитарно-гигиенические условия, отвечающие нормативным требованиям. В свете вышеизложенного, можно считать, что в зонах влияния Калгутинского рудника и рудника "Веселый" имеют место малоблагоприятные экологогигиенические условия для проживания человека, а в районе Акташского ГМП – неблагоприятные условия.

Заключение

Основным результатом настоящей работы является выявление и детальная характеристика особенностей и экологических последствий воздействия отходов изученных горнодобывающих предприятий Республики Алтай на окружающую среду региона. В частности, выяснено, что основными факторами влияния ГДП на объекты окружающей среды являются сбросы, фильтрация и испарение жидких отходов, ветровой и водной перенос твердых отходов разведки, добычи и переработки руд. К выводам, отражающим научно-практическую значимость выполненной работы, следует отнести следующие моменты.

Проведенное изучение поведения элементов в объектах окружающей среды на участках размещения отходов изученных ГДП показало преобладание их пылеаэрозольного ветрового и механического водного переноса при подчиненной роли химической миграции элементов и их соединений в виде водорастворимых форм. Предложена модель миграции основных видов отходов в природных средах, объясняющая формирование зон наложенных атмо-, сноу-, лито-, гидро- и биогеохимических аномалий (поток), которые в сочетании с природными ореолами разрабатываемых месторождений создают сложную экогеохимическую обстановку в зонах влияния ГДП.

Получены новые данные по вещественному составу и экологической опасности исходного минерального сырья и отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай, указывающие на превалирующую невысокую степень опасности их твердых отходов и повышенную – жидких (технологических вод и растворов, сбросных вод) и газообразных отходов (выбросы металлзавода АГМП, газовыделение на УКВ рудника "Веселый").

Выяснено, что основное негативное воздействие отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай проявлено в виде загрязнения депонирующих природных сред специфическими комплексами токсичных элементов (веществ), содержащихся в рудах, отходах их переработки, пустых породах, технологических и сточных водах, используемых химических реагентах.

В результате исследования установлено, что отходы изученных ГДП оказали разноплановое по масштабам, интенсивности и экологическим последствиям негативное воздействие на эколого-геохимическое состояние всех компонентов окружающей среды в зонах влияния предприятий. Площади этого воздействия в целом совпадают с наложенными ореолами поликомпонентного аэрогенного загрязнения снегового, почвенного и растительного покрова на участках размещения отходов предприятий, а загрязнение поверхностных вод и донных осадков водотоков – с отрезком транзита жидких отходов ГДП.

В заключение следует отметить, что приведенные в настоящей работе данные отражают сегодняшнее состояние изученности характера и масштаба влияния отходов основных ГДП Республики Алтай на окружающую среду. Эта проблема требует дополнительного углубленного изучения, прежде всего на участках интенсивного загрязнения природных сред токсичными веществами отходов.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Пузанов А.В., Архипов И.А., Робертус Ю.В., Сакладов А.С. Акташское ртутное месторождение и промзона АГМП (Юго-Восточный Алтай) как источник поступления ртути и сопутствующих элементов в объекты окружающей природной среды // IV Междунар. научн.-практ. конф. "Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде". Том I. – Семипалатинск: 2006. – С. 122-128.
2. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Предварительная оценка опасности отходов горнодобывающих предприятий и объектов их размещения на территории Республики Алтай // Бюлл. "Природные ресурсы Горного Алтая". – 2005. – № 2. – С. 135-138.
3. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Новые данные о вещественном составе сырья и отходов Акташского ГМП // Бюлл. "Природные ресурсы Горного Алтая". – 2006. – № 1. – С. 83-85.
4. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Природно-техногенные литохимические аномалии в почвах на объектах геологоразведочных работ в Горном Алтае. – Ползуновский вестник. – 2006. – № 2-1. – С. 319-323.
5. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Химический состав и токсичность отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай // Изв. Бийского отделения Русского географического общества. – Вып. 26. – 2006. – С. 108-112.
6. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Основные результаты работ по НИП "Изучение воздействия объектов размещения токсичных отходов на экологическое состояние окружающей среды Республики Алтай // Научный вестник Республики Алтай. – № 1. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2007. – С. 86-92.
7. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. О влиянии производственных отходов ОАО "Рудник "Веселый" на состояние окружающей среды // Бюлл. "Природные ресурсы Горного Алтая". – 2007. – № 1. – С. 79-82.
8. Робертус Ю.В., Сакладов А.С., Любимов Р.В. Экологические аспекты размещения отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай // Регион. науч-практ. конф. "Геологические и экологические проблемы эксплуатации минерально-сырьевых ресурсов Алтайского региона". – Барнаул: 2008. – С. 211-219.
9. Сакладов А.С., Робертус Ю.В., Любимов Р.В. Особенности загрязнения тяжелыми металлами природных сред на участках захоронения РСО в районе Акташского ГМП // Бюлл. "Природные ресурсы Горного Алтая". – 2006. – № 2. – С. 71-73.
10. Сакладов А.С., Робертус Ю.В., Любимов Р.В. Методические подходы к ведению мониторинга ОПС в районах горнодобывающих предприятий РА // Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии. Материалы Международной конференции. – Томск: изд-во ТГУ, 2007. – С. 164-165.
11. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Изучение влияния объектов размещения токсичных отходов ГДП на экологическое состояние окружающей среды Республики Алтай // Научный вестник Республики Алтай. – № 2. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008. – С. 92-98.
12. Сакладов А.С., Робертус Ю.В., Любимов Р.В. О влиянии Калгутинского рудника на экологическое состояние окружающей среды // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны. – 2007. – Вып. 5. – С. 112-115.