

О ВЛИЯНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ОАО «РУДНИК «ВЕСЕЛЫЙ» НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ю.В. Робертус, Р.В. Любимов, А.С. Сакладов¹

ГНУ РА «Алтайский региональный институт экологии», с. Майма

¹ Территориальный фонд информации МПР России по Республике Алтай, г. Горно-Алтайск

В последние годы Алтайским региональным институтом экологии в процессе мониторинга экологической обстановки в районе основного горнодобывающего предприятия республики – рудника «Веселый» - были предварительно изучены специфика и масштабы его влияния на окружающую среду. Выяснено, что основная роль в формировании экологической ситуации в пределах промзоны рудника принадлежит его твердым и жидким производственным отходам, влияние которых проявляется при сбросе, испарении и фильтрации сточных вод, а также при пылеуносе и смыве твердых отходов – хвостов золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ) и отвальных вскрышных (вмещающих) пород [2].

Установлено, что среди загрязняющих веществ, присутствующих в отходах рудника, основную опасность для природных сред представляют тяжелые металлы (ТМ) 1-3 класса опасности и применяемые флотореагенты – ксантогенат натрия, полиакриламид, сосновое масло, сода (3-4 класс). Так, в твердых и жидких отходах золотоизвлекательной фабрики уровень присутствия ряда рудных и сопутствующих им ТМ (Cu, Hg, As и др.) заметно выше экологически-гигиенических нормативов (табл. 1).

1. Среднее содержание ТМ (мг/кг) в твердых и жидких отходах ЗИФ рудника «Веселый»

Отходы ЗИФ	Fe	Hg	As	Cd	Pb	Sb	Mo	Cr	Cu	Co	Bi	Zn	Ni
Хвосты, мг/кг	5.5 %	0.98	24	0.14	7	12	14	60	530	15	5	65	19
Стоки, мкг/дм ³	752	0.20	н.о.	<0.05	1.2	н.о.	н.о.	н.о.	66	н.о.	н.о.	7.2	н.о.

Примечание. Курсивом выделены концентрации более 1 ПДК для почв и вод рыбохозяйственных, н.о. – не определено.

Согласно нашим данным, все виды твердых (минерально-сырьевых) отходов рудника «Веселый» относятся к четвертому классу малоопасных отходов, а жидкие отходы (сточные воды ЗИФ) – к малотоксичному типу (IV класс биотоксичности) [4].

Влияние производственных отходов рудника на окружающую среду изучалось для основных объектов их размещения – на участках хвостохранилища ЗИФ и отвалов Западного и Фаифановского карьеров. Для этого оценивалось эколого-геохимическое состояние почвенного и растительного покрова, поверхностных вод, донных отложений и, частично, атмосферного воздуха.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха на участках влияния отходов изучался в основном по твердому остатку и талой воде снеговых проб и, в меньшей степени, по газообразным загрязнителям, в том числе по парам ртути. Установлено, что хвосты ЗИФ, рудные кучи и отвалы пустых пород создают разноинтенсивные атмосферические ореолы ртути, концентрации которой достигают в почвенном воздухе сухих хвостов 10-30 мкг/м³ (для руд и пород на 1-2 порядка ниже). В приземной атмосфере содержание ртути на порядок ниже, чем в почвенном воздухе. Газортутные аномалии имеют локальный характер, ограниченный контурами объектов размещения отходов – источников эмиссии ртути (рис. 1).

По данным [1, 4], промзону рудника окружает субширотный ореол слабо- и умеренно повышенной запыленности приземной атмосферы и, как следствие, снегового покрова (среднесуточная пылевая нагрузка до 112 кг/км²)

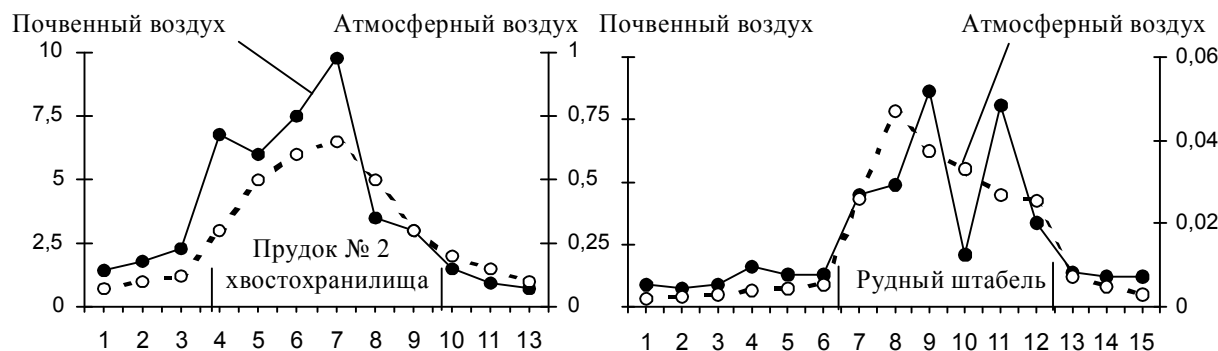


Рис. 1. Содержание ртути (мкг/м³) в почвенном и атмосферном воздухе над хвостами ЗИФ (слева) и над отработанным рудным штабелем УКВ (справа).

площадью до 1-1.5 км², образованный путем ветрового переноса рудной и породной пыли, а также аэрозолей твердой и жидкой фазы хвостов обогащения руд. В пользу этого предположения говорит преобладание пылеватых частиц хвостов в твердом остатке снега, повышенное содержание (в 1.5-12.5 раз) рудных и сопутствующих ТМ – Cu, Zn, Hg и др., а также существенно хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-натриевый «техногенный» гидрохимический тип снеговых вод на участке ЗИФ, близкий к составу сточных вод фабрики.

На хвостохранилище ЗИФ как основной источник поступления загрязняющих природные среды веществ указывает четко выраженная зональность распределения химических элементов в ТОСП. На примере прудка 5 видно заметное увеличение (градиент 30-220 %/100 м) концентраций большинства рудных ТМ и породообразующих элементов по мере приближения к источнику их поступления (табл. 2).

2. Содержание элементов (мг/кг) в твердом остатке снеговых проб вблизи хвостохранилища ЗИФ

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	3	0.4	0.5	1	0.01	20	10	2	100	60	200	0.1
Отношение А/Б, ед.	4.2	1.7	12.5	3.0	3.0	8.0	2.5	10.0	5.0	1.5	2.5	5.0	6.0

Другим важным показателем загрязненности атмосферного воздуха на участке хвостохранилища ЗИФ является химический состав снеговой воды, характеризующийся повышенным присутствием щелочей, сульфатов, нитритов, нитратов, а также применяемых флотореагентов и ртути. Как и для ТОСП, концентрации вышеотмеченных загрязнителей в снеговой воде вблизи хвостохранилища в 1.2-3.4 раза выше, чем на его периферии, что свидетельствует об аэрозольном переносе жидкой фазы хвостов, дальность которого, по оценкам авторов, не превышает 0.3-0.7 км.

Пылеаэрозольный перенос аномально повышенных концентраций ТМ и других экотоксикантов приводит к хроническому загрязнению депонирующих почв и, частично, растений, а при дальнейшей их миграции – донных отложений поверхностных водотоков. На примере промзоны рудника «Веселый» видно, что существует четко выраженная тенденция постепенного нарастания концентрации большинства рудных и сопутствующих им ТМ в ряду ТОСП – почвы – донные осадки, кроме свинца, основным источником поступления которого является автотранспорт (табл. 3).

3. Средние концентрации ТМ (мг/кг) в ТОСП, почвах и донных осадках в промзоне рудника «Веселый»

Среда	Al,%	Fe,%	Cr	V	Co	Ni	Ba	Cu	Pb	Zn	Be	Sn	Hg
ТОСП	4	2	35	55	6	5.5	400	125	130	100	1.5	4	н.д.
Почва	5.7	3	50	133	13	40	400	129	18	103	1.5	9	0.32
Донка	8	4.5	80	300	25	45	550	140	15	105	1.8	25	0.20

Примечание. Курсивом выделены концентрации более 1 ПДК для почв, н.д. – нет данных.

Все это находит отражение в эколого-геохимических особенностях почв и донных осадков р. Синюха – основного водотока, находящегося в зоне влияния хвостохранилища ЗИФ и многочисленных породных отвалов. В частности, в них происходит заметное накопление специфической ассоциации ТМ, наиболее выраженное для рудных элементов – меди, ртути, серебра, висмута. При этом степень концентрации ТМ в донных осадках, как правило, выше, чем в почвах, что (табл. 4).

4. Коэффициенты соответствия фону ТМ в почвах и донных осадках на участке хвостохранилища ЗИФ

Природные среды	Hg	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Be	Sn	Ag	Bi	Mo
Почвы	3.5	1.8	1.9	3.2	1.7	1.5	2.5	2.4	> 5	4.2	1.4
Донные осадки	4.1	1.9	1.1	5.5	2.5	1.5	3.3	1.2	> 5	3.5	1.4

Масштабы влияния основного объекта размещения отходов рудника – хвостохранилища ЗИФ на экологическое состояние депонирующих и транслирующих загрязнение природных сред были оценены по распределению профилирующих ТМ – меди и ртути в снеговом покрове, почвах и травянистых растениях. Установлена идентичность их пространственного поведения в этих средах, заключающаяся в заметном уменьшении (для растений – увеличении) концентраций ТМ при удалении от хвостохранилища. Так, содержание меди и ртути в почвах при удалении от прудков на расстоянии 200-250 м уменьшается по сравнению с интервалом 50-100 м в среднем в 2 раза, при этом содержание меди в почвах северного и южного бортов хвостохранилища превышает ПДК до 2.4 раз (рис. 2).

Максимальное содержание меди в почвах вблизи прудков составляет 2000-10000 мг/кг (20-100 ПДК), ртути 0.7 мг/кг или 0.3 ПДК. Намечается приуроченность аномально повышенных концентраций меди и ртути к «сухим»

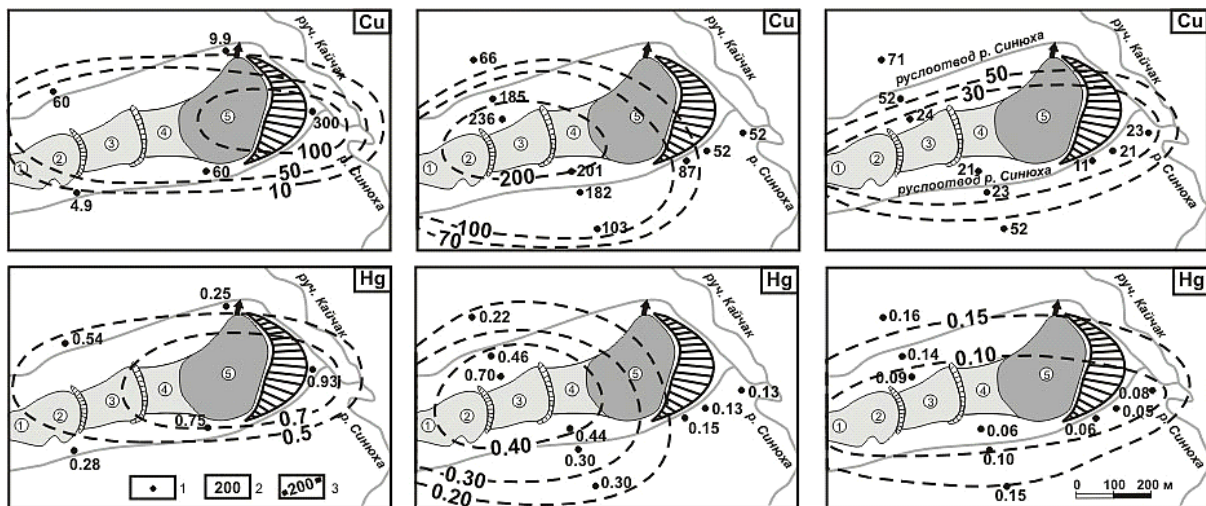


Рис. 2 Характер распределения меди и ртути в снеговой воде (слева), в почвах (в центре) и в растениях (справа) на участке хвостохранилища ЗИФ рудника «Веселый» в 2006 г.

1 – точки отбора проб; 2 – содержание и 3 – изоконцентраты ТМ в снеговой воде (мкг/дм³), почве и растениях (мг/кг).

прудам хвостохранилища (№ 1-4), в то время как вблизи заполняемого в настоящее время прудка 5 проявлены их минимальные значения. Это говорит о преобладающем поступлении ТМ в почвы путем переноса в сухой период пылевой фракции хвостов обогащения руд.

Напротив, для снегового покрова проявлена приуроченность максимальных концентраций профилирующих ТМ, а также флотореагентов, к прудку 5 на восточном фланге хвостохранилища, что указывает на их основное поступление в зимнее время за счет испарения, переноса и осаждения жидкой фазы хвостов (сточных вод).

В золе травянистых растений содержание меди варьируется в пределах 11-71 мг/кг; ртути – 0.05-0.16 мг/кг. В их пространственном распределении, в отличие от почв, отчетливо проявлено увеличение содержания в 2-3 раза при удалении до 200 м от прудков. Такое поведение ТМ в растениях предположительно объясняется снижением способности к их накоплению или так называемым биологическим перенасыщением вблизи хвостохранилища ЗИФ.

Анализ взаимосвязи профилирующих ТМ – меди и ртути в депонирующих загрязнение сопряженных природных средах на участке хвостохранилища ЗИФ (снеговой покров, почвы, растения) выявил их статистически значимую прямую зависимость между собой (рис. 3). Это свидетельствует как об едином источнике их поступления в объекты окружающей среды с пылевой фракцией и жидкой фазой хвостов, так и о сохранении взаимосвязи этих ТМ при трансляции загрязнения в ряду: атмосферные выпадения – почвы – растительный покров.

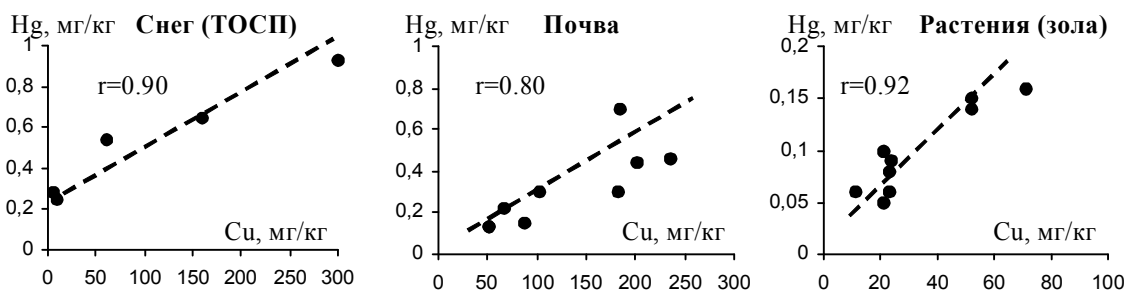


Рис. 3 Связь меди и ртути в природных средах на участке хвостохранилища ЗИФ.

Противоположное по отношению к распределению в почвах поведение меди и ртути в растениях, по-видимому, объясняется вышеотмеченным снижением их «толерантности» к накоплению тяжелых металлов вблизи хвостохранилища, которая постепенно восстанавливается по мере удаления от него. Это наглядно видно при анализе связи этих ТМ в почвах и в сопряженных с ними растениях (рис. 4). В частности, для них характерна обратная связь, что подтверждает предположение о биологическом перенасыщении растений вблизи хвостохранилища тяжелыми металлами, присутствующими в отходах добычи и переработки руд.

Установлено, что в отличие от хвостохранилища ЗИФ, отвалы пустых пород образуют, как правило, «языкоподобные» литохимические ореолы загрязнения почвогрунтов [4]. Их формирование происходит механически за счет гравитационных и эрозионных процессов переноса мелкообломочных фракций пород (руд), а также химическим путем в виде водорастворимых соединений, образующихся за счет растворения неустойчивых на поверхности мине-

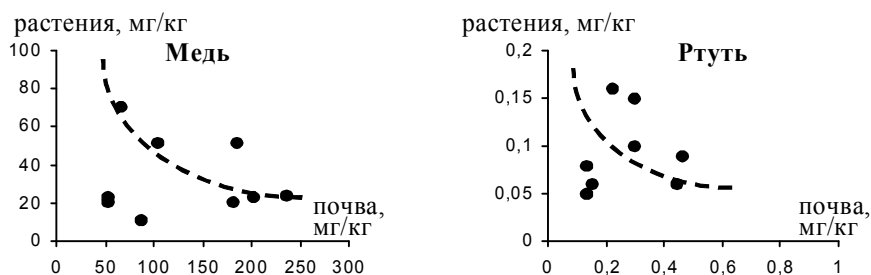


Рис. 4 Характер поведения меди и ртути в сопряженных пробах почв и растений.

ралов. Пыление для отвальных пород проявлено слабо, поскольку в них преобладает щебнисто-глыбовый материал.

Техногенные литохимические ореолы, созданные отвалами Западного, Фаифановского карьеров и смежной с последним основной дамбой хвостохранилища ЗИФ, имеют протяженность до 250-400 м и локализуются в пониженных участках рельефа. Характерно, что морфология, размеры и положение составляющих ореолы аномалий рудных и сопутствующих элементов (Cu, Zn, Bi, Ag, Mo, Be и др.) практически идентичны, а их содержание в почвах коррелирует с концентрациями в отвальных породах. Тяжелометалльное загрязнение почв в пределах наложенных ореолов в целом невысокое (Кс для меди до 10, серебра 30, цинка 2). СПЗ почв отвечает, в основном, низкому и среднему уровню загрязнения – 16-32 ед. (рис. 5). Максимальные значения СПЗ в отдельных пробах составляют 67 ед.

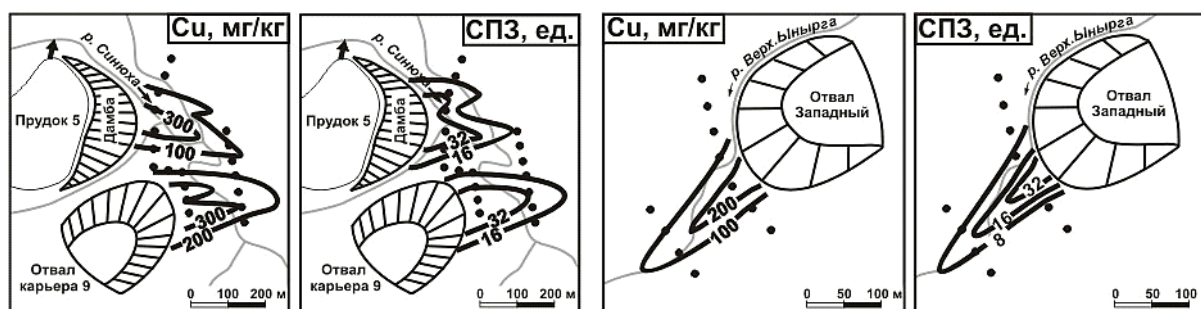


Рис. 5 Наложённые ореолы меди и других ТМ в почвах на участках размещения отвалов пустых пород.

Вышеизложенные данные позволяют сделать следующие предварительные выводы.

1. Отходы горной добычи и обогащения руд ОАО «Рудник «Веселый» оказывают негативное воздействие на объекты окружающей среды, главным образом на почвы, водотоки и их донные осадки.
2. Основными загрязнителями отходов являются тяжелые металлы и применяемые флотореагенты, их уровень присутствия в природных средах зачастую выше эколого-гигиенических нормативов.
3. Масштабы и интенсивность загрязнения природных сред на участках размещения отходов предприятия в целом незначительные, за исключением части почв, вод и донных осадков р. Синюха.

Литература

1. Кац В.Е. Экологическое состояние района рудника «Веселый» в Республике Алтай // Проблемы геологии и геохимии юга Сибири. – Томск: 2000. – С. 145-148.
2. Кивацкая А.В. Эколого-геохимические последствия кучного выщелачивания золота (на примере ОАО «Рудник «Веселый», Республика Алтай): Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. – Томск: 2006. – 22 с.
3. Робертус Ю.В., Кивацкая А.В., Любимов Р.В. О влиянии хвостохранилища ЗИФ рудника «Веселый» на экологическое состояние природных вод района // Бюллетень «Природные ресурсы Горного Алтая». – 2004. – № 2. – С. 76-79.
4. Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Сакладов А.С. Техногенные ореолы рассеяния химических элементов 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.