

КРУПНОМАСШТАБНЫЙ ФОНОВЫЙ ПЕРЕНОС МИНЕРАЛЬНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ТРОПОСФЕРЕ АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА

ЛИТЕРАТУРА

1. Белан Б.Д., Ковалевский В.К. Изакинетический заборник аэрозоля для систем экологического мониторинга // Оптика атмосферы и океана. – 1997. – Т. 10, №9. – С. 1073-1079.
2. Козлов А.С., Пашенко С.Э., Еременко С.И., Бакланов А.М., Малышкин С.Б., Олехнович Э.С., Иващенко С.А. Исследование дисперсного состава аэрозоля и концентраций малых газовых примесей в умеренной и арктической воздушных массах // Оптика атмосферы и океана. – 1997. – Т.10, №6. – С. 673-680.
3. Hayasaka T., Nakajima T., and Tanaka M. The coarse particle aerosols in the free troposphere around Japan // J. Geoph. Res. – 1990. – V. 95. – P. 14039-14047.
4. Ishizaka Y. and Ono A. Mass size distribution of the principal minerals of yellow sand dust in the air over Japan // Idojaras. – 1982. – V. 86. – P. 249-253.
5. Iwasaka Y., Minoura H., and Nagaya K. The transport and special scale of Asian dust-storm event of April 1979 // Tellus, 1983. – V.35B. – P. 189-196
6. Iwasaka Y., Yamato M., Imasu R., and Ono A. Transport of Asian dust (KOSA) particles; importance of weak KOSA events on the geochemical cycle of soil particles // Tellus. – 1988. – V.40B. – P. 494-503
7. Matsuki A., Iwasaka Y., Trochkin D., Zhang D., Osada K., and Sakai T. Horizontal mass flux of mineral dust over East Asia in the spring: Aircraft-borne measurements over Japan // J. Arid Land Studies. – 2002. – V.11-4. – P. 337-345.
8. Merrill J.T., Uematsu M., and Bleck R. Meteorological analysis of long-range transport of mineral aerosol over the North Pacific // J. Geoph. Res. – 1989. – V. 94. – P. 8584-8598.
9. Mori I., Iwasaka Y., Matsunaga K., Hayashi M., and Nishikawa M. Chemical characteristics of free tropospheric aerosols over the Japan Sea coast: aircraft-borne measurements // Atmos. Environ. – 1999. – V.33. – P. 601-609.
10. Sakai T., Shibata T., Kwon S.-A., Kim Y.-S., Tamura K., and Iwasaka Y. Free tropospheric backscatter, depolarization ratio, and relative humidity measured with the Raman lidar at Nagoya in 1994-1997: contributions of aerosols from the Asian Continent and the Pacific Ocean // Atmos. Environ. – 2000. – V.34. – P. 431-442.

АЭРОГЕННАЯ И ВОДНАЯ МИГРАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

С.В. Бабошкина, И.В. Горбачев, А.В. Пузанов, Т.А. Рождественская

Исследовано регионально загрязнение токсичными поллютантами степных экосистем Северо-Западного Алтая в результате эрозии и дефляции хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината. Выявлены некоторые закономерности пространственной миграции микроэлементов в составе пыли и в форме растворимых соединений.

Алтай – один из богатейших регионов России по запасам полезных ископаемых. В переходной зоне горных сооружений северо-западного Алтая – в Локтевском, Рубцовском, Третьяковском и Змейногорском районах сосредоточены основные запасы полиметаллических руд [1, 2].

Разработка месторождений неизбежно связана с загрязнением окружающей среды и образованием техногенных ландшафтов. Огромное количество поднятой и переработанной Алтайским горно-обогатительным комбинатом руды год за годом складировалось в специальные хранилища – «хвосты». В настоящее время их общая площадь составляет ~1 км² и объем ~11 млн. м³ [3].

Одной из главных экологических проблем территории г. Горняка является распространение пыли с поверхности высыхающих хвостохранилищ, что способствует насыщению компонентов окружающей среды: почв, растений, поверхностных вод, воздуха тяжелыми металлами и другими токсичными веществами. Кроме того, существует реальная угроза подтопления прилегающих жилых массивов токсично загрязненными шахтными водами.

Целью исследования являлось изучить влияние хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината на окружающую среду. Объектами исследования являлись техноземы, почвы, снежный покров, поверх-

ностные и подземные воды хвостохранилищ и сопряженных природных ландшафтов.

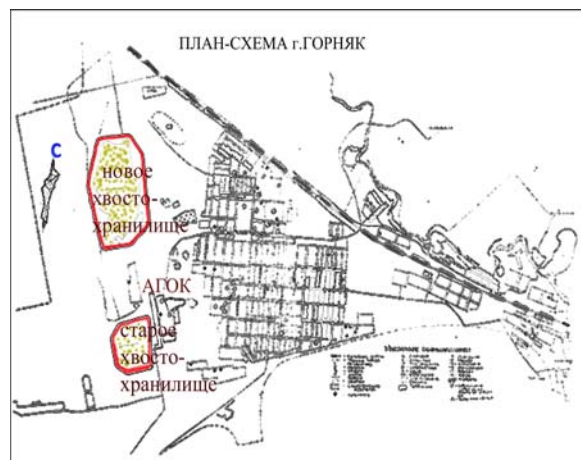


Рисунок 1 – Схема размещения хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината

Тяжелые металлы, барий и мышьяк в воде определяли методом атомной адсорбции в ОИГГиМ, в образцах верхних горизон-

тов техноземов и почв фоновых территорий – плазменно-спектрометрическим количественным методом в ИПА СО РАН.

На основе полученных данных нами были рассчитаны средние содержания As, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn в образцах отвалов и коэффициенты опасности, отражающие увеличение содержания этих элементов в верхнем слое технозема хвостохранилищ в сравнении с ПДК [5, 6] (таблица 1).

В среднем, содержание мышьяка в образцах отложений превышает допустимые концентрации в почвах в 8,5 (до 22) раз, кадмия – в 16,5 (до 42) раз, цинка – в 18 (48) раз, меди – в 52 (до 270) раз, свинца – в 83 (до 290) раз. Содержание бария превышает ПДК для почв в 1600 раз.

По результатам нашего исследования материал, слагающий новое (большое) хвостохранилище более насыщен тяжелыми металлами. Так, свинца и меди в нем содержится в 2,8 раза больше, чем в старом, бария – в 2,5 раза, кадмия и цинка в 1,5 раза больше.

Таблица 1

Средняя концентрация элементов в техноземах хвостохранилищ, мг/кг

	As	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
Хвостохр.: старое	207±30,6	91596±21344	7,1±2,1	2773±536,7	1669±178,0	4269±1041
новое	135±23,5	230025±54560	9,5±1,8	7794±2308	4476±1066	6703±1634
ПДК	20	100	0,5	100	37	300
К опасности	8,5 (6-22)	1608 (31-6280)	16,5 (2-42)	52 (5,5-270)	83 (4-290)	18 (2-48)
Кларк [4]	5	500	0,5	20	100	50

Постепенное размывание тела хвостохранилища обуславливает пространственную миграцию тяжелых металлов, бария и мышьяка. Включения желтого материала техногенного происхождения обнаруживаются в почвах на расстоянии до 300 метров от самого хвостохранилища.

Наряду с эрозионными процессами разрушения хвостохранилищ, с их поверхности постоянно происходит золотый перенос тонкодисперсной фракции технозема. Для исследования процесса аэрогенной миграции поллютантов нами было проанализировано загрязнение снежного покрова в районе АГОКа (таблица 2).

Определялась пылевая нагрузка по формуле

$$P_n = P_o / (S \cdot t)$$

где P – масса пыли (твёрдого остатка) в пробе, S – площадь шурфа, t – время от начала снегостава [8], а так же содержание тяжелых

металлов в снеге: твёрдом остатке и водной его фазе.

Обнаружено, что в водной фазе снегового покрова площадок, значительно удаленных от отвалов к северо-востоку, содержание свинца, меди и бария заметно выше, чем в талом снеге поверхности самого хвостохранилища. Причина этого может быть в том, что мелкая фракция технозема выдувается ветром на более значительные расстояния, чем крупная, остающаяся в пределах тела хвостохранилища. Из тонкодисперсной фракции, часть которой представлена собственно кристаллами солей тяжелых металлов, элементы высвобождаются в раствор гораздо легче, чем из крупных частиц. Поэтому содержание некоторых микроэлементов в водной фазе снега удаленных участков наиболее высокое. Кроме того, снег над хвостохранилищем характеризуется щелочной реакцией среды с pH от 8 до 9, а снег на удаленных участках

АЭРОГЕННАЯ И ВОДНАЯ МИГРАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

природных ландшафтов отличается более кислой рН-средой, что благоприятствует переходу в раствор катионогенных элементов и обуславливает их сравнительно высокие концентрации в водной фазе снежного покрова.

Поскольку результатом отработки рудников также может быть подтопление приле-

гающих жилых массивов токсично загрязненными шахтными водами, нами были проведены исследования элементного состава поверхностных вод изучаемых техногенных ландшафтов.

Таблица 2

Среднесуточная пылевая нагрузка и концентрация химических элементов в водной и твердой фазе снежного покрова территории хвостохранилищ

№	Место отбора	Пылевая нагрузка, г/(м ² *сут)	Концентрация элементов: $\frac{\text{твердая фаза, мг / кг}}{\text{водная фаза, мкг / л}}$					
			As	Cd	Pb	Cu	Zn	Ba
1	Новое хвостохранилище, юго-западный угол	1,62	125,0 <3	8,6 2,8	1500,0 2,7	1370,0 18,0	2500,0 657,0	46,0 70,0
2	Подножье нового хвостохранилища юго-западного угла	0,62	163,0 <3	3,5 1,0	1470,0 1,8	775,0 5,7	1400,0 312,0	85,0 100,0
3	Новое хвостохранилище, середина	6,62	189,0 <3	21,0 44,0	3180,0 4,5	2420,0 22,0	6600,0 1580,0	67,0 71,0
4	Новое хвостохранилище, северо-восточный угол	1,89	193,0 <3	13,0 12,0	2470,0 1,7	1450,0 31,0	3800,0 1000,0	67,0 65,0
5	250м на восток от нового хвостохранилища	5,56	227,0 <3	11,0 3,0	3170,0 17,0	1330,0 53,0	2800,0 914,0	80,0 112,0
6	200м на запад от нового хвостохранилища	0,22	152,0 <3	5,6 0,3	947,0 8,7	910,0 39,0	2000,0 76,0	80,0 497,0
7	250м на запад от с-з угла старого «хвостохранилища»	0,14	84,0 <3	4,6 0,5	565,0 5,0	320,0 31,0	660,0 68,0	1300,0 100,0
8	600м на восток от нового хвостохранилища	0,34	28,0 <3	4,5 <0,05	603,0 10,0	452,0 50,0	1300,0 68,0	1750,0 118,0
9	Центр г. Горняка	2,32	31,0 8	0,58 <0,05	45,0 <1	65,0 5,5	146,0 13,0	1160,0 59,0
10	с. Николаевка, 10 км к северо-западу от нового хвостохранилища	0,16	20,0 8	6,5 <0,05	258,0 <1	324,0 10,0	1460,0 11,0	280,0 53,0
11	2 км от отвалов на северо-восток	1,24	144,0 <3	13,0 0,8	2800,0 70,0	1875,0 253,0	4600,0 344,0	80,0 243,0
12	20 км от отвалов по направлению на с. Староалейское (фон)	0,17	14,0 <3	1,0 <0,05	129,0 2,0	76,0 7,2	187,0 9,3	- 54,0
Фоновое содержание в почве (чернозем южный)			9,58	0,15	22,0	26,0	74,0	-
ПДК в почве, мг/кг [5, 6]			20	0,5	37	100	300	100
ПДК в воде, мкг/л [6, 7]			50	1,0	30	1000	1000	100

Снеговой покров на хвостохранилищах АГОКа фрагментарен. Снег плохо удерживается на их поверхности из-за почти полного отсутствия растительности, постоянные ветра перемешивают его с техноземом в пределах отстойника. Смесь снега и частиц технозема выдувается и на соседние территории. Таким образом, в составе водной и твердой фаз снега происходит аэрогенная миграция люцитов.

В целом можно отметить, что пространственная аэрогенная миграция твердых частиц технозема хвостохранилищ, обогащенных тяжелыми металлами, барием и мышьяком в зимний период более интенсивно происходит в северо-восточном направлении, под влия-

нием преобладающих юго-западных ветров. Наибольшей суточной пылевой нагрузкой и содержанием тяжелых металлов в твердой фазе снежного покрова, превышающим в несколько раз ПДК для почв и концентрации в остальных пробах, характеризуется центральная часть большого хвостохранилища и участок в 250 м на востоке от него.

После закрытия АГОКа в 1995 году была остановлена откачка воды из шахты. Вследствие этого начались затопление горных выработок, просадки грунта, выклинивания шахтных вод [9]. В результате на поверхности отстойника и в его окрестностях образовались небольшие озера.

По результатам наших исследований, вода поверхности самого хвостохранилища характеризуется наиболее агрессивной средой и неблагоприятным для жизнедеятельности химическим составом (таблица 3). В воде этого озера не наблюдается превышения ПДК [6, 7] только по содержанию ртути, бария,

хрома и мышьяка. Содержание свинца в озере поверхности отстойника превышает ПДК для вод объектов хозяйственного использования в 2,5 раза, никеля – в 6 раз, кобальта – в 10 раз, меди и марганца – более чем в 50 раз, цинка – в 250 раз, кадмия – в 940 раз и железа – в 1000 раз.

Таблица 3

Элементный состав воды техногенных ландшафтов Северо-Западного Алтая (мкг/л)

Элементы	Место отбора					ПДК
	Ствол шахты	Поверхность старого хвостохранилища	Озеро 1	Озеро 2	р. Важенка, Северо-западный Алтай (фон)	
Hg	<0,02	0,14	<0,02	<0,05	<0,02	0,5
Cd	0,13	940,0	1570,0	0,17	<0,05	1,0
Pb	<1	79,0	14,0	9,6	<1	30,0
Ni	<1	620,0	900,0	<1	<1	100,0
Co	5,9	1000,0	1330,0	3,0	<1	100,0
Cu	2,8	52300,0	81200,0	4,9	5,3	1000,0
Cr	1,7	7,0	11,0	1,0	<1	500,0
Zn	46,0	254000,0	438000,0	77,0	6,1	1000,0
Mn	2690,0	28100,0	43700,0	54,0	30,0	500,0
Fe	22000,0	304200,0	42700,0	93,0	188,0	300,0
As	<1	<1	<1	<1	<1	50,0
Ba	70,0	94,0	83,0	124,0	-	100,0
Уровень pH	7,10	2,55	3,0	6,8	8,0	

В одном из исследованных озер окрестностей (№2) химические показатели вполне благоприятны даже для жизнедеятельности раков, которые, как известно, реагируют на малейшее загрязнение своей среды обитания и потому являются индикаторами экологической чистоты и безопасности водных экосистем. Возможно, это озеро образовалось в результате разгрузки не шахтных, а почвенно-грунтовых вод.

Обращает на себя внимание более высокое содержание растворимых форм бария в водах естественного происхождения: в обитаемом озере, в водной фазе снега с наиболее удаленного от хвостохранилища участка. При этом снег и вода самой поверхности отстойника характеризуются относительно низкими концентрациями этого элемента, хотя в самом техноземе, как и исходно в руде, содержание валового бария высокое. Предположительно, «естественные» условия природных вод способствуют увеличению скорости перехода бария в раствор, а в техногенных водах, насыщенных другими элементами, барий медленнее переходит в подвижное состояние.

Воды ствола шахты собственно не соприкасаются с рудой, поэтому содержание тяжелых металлов в них невысокое, за исключением железа, содержание которого превышает ПДК здесь в 70 раз. Возможно,

железо поступает в воды ствола из конструкции.

В настоящее время происходит техническая рекультивация нового хвостохранилища. Засыпка его грунтом происходит поэтапно, поэтому часть грунта развевается, но загрязненные участки активно зарастают пылью.

ВЫВОДЫ

1. Исследуемые хвостовые отходы можно и нужно рассматривать не только как источник загрязнения окружающей среды, но и как вторичные техногенные месторождения указанных элементов.

2. В условиях степных ландшафтов Северо-Западного Алтая дефляционные процессы хвостохранилищ АГОКа являются одним из главных факторов загрязнения компонентов экосистем тяжелыми металлами, барием, мышьяком.

3. Наиболее высокое содержание меди, свинца и бария в водной фазе снега удаленных участков определяется их более активным высвобождением в условиях природных ландшафтов из тонкодисперсной фракцией техноземов хвостохранилищ, переносимой ветром на более значительные расстояния от источника загрязнения.

4. Выклинивающиеся шахтные воды существенно загрязнены тяжелыми метал-

АЭРОГЕННАЯ И ВОДНАЯ МИГРАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

лами, биогеохимическая ситуация в них неблагоприятна для жизнедеятельности организмов.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 06-06-18007е и интеграционного проекта ОНЗ-3.1

ЛИТЕРАТУРА

1. Березиков Ю.К., Гусев Н.И. Минерально-сырьевая база Алтайского края и перспективы ее развития // Матер. регион. науч.-практич. конф. «300 лет горно-геологической службе России». Барнаул, 2000. – С. 243-248.
2. География Алтайского края: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2004. – Ч.1. – 48 с.
3. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на золото и серебро в пределах техногенных образований золотушинской обогатительной

фабрики и локтевского сереброплавильного завода за 1999-2001 гг. Книга 1.– Змеиногорск, 2001 г.

4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: АН СССР, 1957. – 238 с.

5. Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94. Издание официальное М., Госкомсанэпиднадзор России. 1995. – 6 с.

6. Иванов В.В.. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. / Под ред. Э. К. Буренкова. М.: Недра, 1996. Кн. 3: Редкие элементы. – 352 с.

7. Беспамятнов Г.Н., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л. Химия, 1985.

8. Геохимия окружающей среды / Ю.Е Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

9. Технико-экономическое обоснование защиты г. Горняк от подтопления подземными водами. – Белгород, 1997. – Белгород, 1997.

ДИНАМИКА ГАЗОВОГО СОСТАВА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МУТНОВСКОЙ ГЕОЭС В 2004 г.

П.П. Фирстов, А.П. Максимов, И.И. Чернев

Рассмотрена динамика газового состава теплоносителя Мутновской Геотермальной электростанции за период июнь – декабрь 2004 г. Выявлена тенденция снижения доли газа в теплоносителе и понижение в нем отношения CO_2/H_2S .

Введение

Мутновское месторождение парогидротерм расположено на северном склоне Мутновского вулкана в труднодоступной пересеченной местности с абсолютными отметками высот 700-1000 метров на водоразделе рек Фальшивая и Жировая у подножия вершин Скалистая и Двугорбая. Мутновская геотермальная электростанция (ГеоЭС) мощностью 50 МВт располагается в центре месторождения. Сбор теплоносителя для работы ГеоЭС осуществляется с центральной части участка «Дачного».

Мониторинг состава газов в пароводяной смеси скважин Мутновского месторождения проводился с целью изучения изменений состава газа во времени и исследования возможной связи газового режима с динамикой

параметров скважин. Отбор газа осуществлялся на 13 скважинах:

– 016, 24, 26, 5Э, 029W, А-2, 4Э, 037 – добычные скважины;

– 048, 049, 055, А4, 013 – режимные скважины.

Авторы полагают, что мониторинг газового состава теплоносителя скважин (анализ его вариаций во времени, взаимосвязь с другими термогидродинамическими параметрами скважин) может служить дополнительным источником информации об изменениях термогидродинамических параметров геотермального резервуара, за чем чрезвычайно важно наблюдать с целью контроля и прогноза отбора количества пара для Мутновской ГеоЭС.