

## ВЛИЯНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

И.В. Горбачев, С.В. Бабошкина

*Исследован уровень содержания тяжелых металлов, мышьяка и бария в техноземах хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината (АГОКа). Изучено загрязнение снежного покрова в районе АГОКа и сопредельных территорий. Оценена пылевая нагрузка территории. Изучен состав поверхностных и шахтных вод.*

В юго-западной части Алтайского края сосредоточены месторождения черных и цветных металлов, драгоценных металлов, а так же поделочных камней (Рубцовское, Зототушинское, Змеиногорское, Степное, Харловское, Инское, Белорецкое, Ревневское, Коргонское месторождения).

Возникновение горного и металлургического производств на Алтае связано с глубокой древностью – медно-каменным веком (энеолитом). Более масштабное развитие горнорудного дела на Алтае началось в XVII веке [1].

Разработка месторождений полезных ископаемых и функционирование обогатительных производств неизбежно связаны с загрязнением окружающей среды и образованием техногенных ландшафтов.

При работе горнодобывающих предприятий из недр поднимается огромное количество руды, которая после обогащения складировается в специальные хранилища – хвостохранилища.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются техноземы, почвы, снежный покров, поверхностные (техногенные озера № 1 и № 2 разного генезиса, поверхность хвостохранилища №1) и грунтовые (шахтные) воды.

Образцы техноземов и почв отбирали на глубине 0-10см в полиэтиленовые мешочки, пробы воды – в полиэтиленовую посуду, пробы снега – в полиэтиленовые пакеты, пробы техноземов – по профилям через всю поверхность хвостохранилищ.

Тяжелые металлы, мышьяк и барий в поверхностных и грунтовых водах определяли методом атомной адсорбции в ОИГГиМ СО РАН, тяжелые металлы мышьяк и барий в техноземах – плазменно-спектральным количественным методом в ИПА СО РАН.

За время работы АГОКа у северо-западной окраины г. Горняка образовалось два больших хвостохранилища. Первое хвостохранилище формировалось до 1968 года. Оно имеет мощность от 7,5 до 19 м, в среднем 12,5м, площадь – 0,27 км<sup>2</sup>, объем – 3332025 м<sup>3</sup> [2]. Второе хвостохранилище формировалось с 1968 по 1995 гг. Оно имеет мощность от 5,4 до 13,2 м, в среднем 9,98 м, площадь – 0,8 км<sup>2</sup>, объем – 7935597 м<sup>3</sup> [2]. Оба хвостохранилища ограничены намывными дамбами высотой до 15 м.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под влиянием естественных факторов хвостохранилища подвергаются постоянному разрушению. Развитие эрозии на склонах хвостохранилищ обуславливает смыв с их поверхности тяжелых металлов, мышьяка и бария с дождевыми и талыми водами, а ярко выраженные дефляционные процессы приводят к региональному загрязнению токсичными поллютантами степных экосистем. Особенно эрозии подвержено первое хвостохранилище с северной и западной сторон, возможно, из-за несоблюдения технологии его отсыпки, либо из-за неустойчивости слагающей дамбу породы (рис. 1).



Рис. 1. Развитие эрозии на склонах старого хвостохранилища

Перенос материала технозема по эрозионным канавам происходит на 200-300 метров от хвостохранилища, загрязняя степные экосистемы опасными концентрациями тяжелых металлов бария и мышьяка. Содержание тяжелых металлов, бария и мышьяка во всех пробах техноземов превышает ПДК на порядок и более (табл. 1, 2).

Наряду с эрозионными процессами разрушения «хвостохранилищ», с их поверхности постоянно происходит золотый перенос тонкодисперсной фракции техноземов. Аэрогенное перемещение частиц «хвостов» представляет реальную опасность загрязнения не только степных экосистем, находящихся на большом расстоянии от источника загрязнения, но и урболандшафтов г. Горняка и ближайших населенных пунктов, что может неблагоприятно сказываться на здоровье местного населения.

В марте 2004 года нами были проведены исследования загрязнения снежного покрова в районе АГОКа. По массе твердого остатка в снежном покрове была оценена пылевая нагрузка на исследуемой территории. Пылевую нагрузку определяли по формуле:

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

где  $P$  – масса пыли в пробе,  $S$  – площадь шурфа,  $t$  – время от начала снегопада [4].

Следует отметить, что в центре г. Горняка пылевая нагрузка хоть и повышена (табл. 3), но содержание тяжелых металлов в твердом остатке ниже, чем в основной выборке проб (табл. 4). В то время как при относительно низкой пылевой нагрузке в районе хвостохранилищ, концентрация некоторых тяжелых металлов превышает фоновое содержание элементов в почве и ПДК в несколько раз (табл. 4).

Таблица 1

Концентрация элементов в техноземах старого хвостохранилища, мг/кг

№ пробы	As	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
1	114	24507	2,0	976	1503	350
2	155	48866	9,5	2593	2007	4821
3	170	69002	5,3	2767	2007	3300
4	230	79215	12	7346	1788	12173
5	175	69002	9,1	2767	2840	6282
6	140	39728	8,1	2593	2007	4042
7	170	34606	8,8	1872	1503	3541
9	330	208161	5,8	1872	1003	1500
10	150	119848	1,0	1352	1193	669
11	440	223034	9,1	3590	843	6011
ПДК	20	100	0,5	100	37	300
Кларк [3]	5	500	0,5	20	100	50

Таблица 2

Концентрация элементов в техноземах нового хвостохранилища, мг/кг

№ пробы	As	Ba	Cd	Cu	Pb	Zn
1н	99	137586	4,4	2276	1788	1402
2н	15	3092	2,7	544	149	697
3н	300	238969	10,0	14085	10745	6861
4н	87	387382	21,0	4971	3793	9342
5н	158	627968	16,0	7840	3580	14521
6н	139	137586	13,0	27005	10745	16575
7н	143	314939	13,0	6043	4258	7170
8н	115	84874	6,0	6043	4258	4414
9н	80	111856	2,9	3831	3188	2006
10н	210	256003	6,2	5305	2253	4042
ПДК	20	100	0,5	100	37	300
Кларк [3]	5	500	0,5	20	10	50

Таблица 3

Среднесуточная пылевая нагрузка на территорию

№ пробы	Место отбора	Пылевая нагрузка, г/(м <sup>2</sup> *сут)
1	Новое хвостохранилище	1,62
2	Подножье хвостохранилища	0,62
3	Новое хвостохранилище	6,62
4	Новое хвостохранилище	1,89
5	250м на восток от хвостохранилища	5,56
6	200м на запад от хвостохранилища	0,22
7	250м на запад от с-з угла старого хвостохранилища	0,14
8	600м на восток от хвостохранилища	0,34
9	Центр г. Горняка	2,32
10	с. Николаевка	0,16
11	2 км от хвостов на северо-восток	1,24
12	20 км от хвостохранилища по направлению на с. Стараолейское (фон)	0,17

*Поверхностные и шахтные воды.*

Подземные воды повсеместно имеют безнапорный характер. Уровень воды на разных участках города колеблется от 0,5 до 2,5 м. В отдельных понижениях рельефа уровень подступает к земной поверхности [5].

## ВЛИЯНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

После закрытия АГОКа в 1995 году была остановлена откачка воды из шахты, вследствие этого началось затопление горных выработок. После затопления горных выработок шахты произошла просадка грунта на глубину более чем 12 м. В результате выклинивания

шахтных вод образовались небольшие озера. Эти озера находятся на расстоянии 250 метров друг от друга, но характеризуются абсолютно разным элементным составом (табл. 5).

Таблица 4

Концентрация химических элементов в водной и твердой фазах снежного покрова,  $\frac{мг}{кг}$   
 $\frac{мг}{л}$

№ пробы	Место отбора	As	Cd	Pb	Cu	Zn	Ba
1	Ю-з угол нового хвостохранилище	<u>125,0</u> <3	<u>8,6</u> 2,8	<u>1500,0</u> 2,7	<u>1370,0</u> 18,0	<u>2500,0</u> 657,0	<u>46,0</u> 70,0
2	Подножье хвостохранилища	<u>163,0</u> <3	<u>3,5</u> 1,0	<u>1470,0</u> 1,8	<u>775,0</u> 5,7	<u>1400,0</u> 312,0	<u>85,0</u> 100,0
3	Центр нового хвостохранилище	<u>189,0</u> <3	<u>21,0</u> 44,0	<u>3180,0</u> 4,5	<u>2420,0</u> 22,0	<u>6600,0</u> 1580,0	<u>67,0</u> 71,0
4	С-в угол нового хвостохранилище	<u>193,0</u> <3	<u>13,0</u> 12,0	<u>2470,0</u> 1,7	<u>1450,0</u> 31,0	<u>3800,0</u> 1000,0	<u>67,0</u> 65,0
5	250м на восток от хвостохранилища	<u>227,0</u> <3	<u>11,0</u> 3,0	<u>3170,0</u> 17,0	<u>1330,0</u> 53,0	<u>2800,0</u> 914,0	<u>80,0</u> 112,0
6	200м на запад от хвостохранилища	<u>152,0</u> <3	<u>5,6</u> 0,3	<u>947,0</u> 8,7	<u>910,0</u> 39,0	<u>2000,0</u> 76,0	<u>80,0</u> 497,0
7	250м на запад от с-з угла старого хвостохранилища	<u>84,0</u> <3	<u>4,6</u> 0,5	<u>565,0</u> 5,0	<u>320,0</u> 31,0	<u>660,0</u> 68,0	<u>1300,0</u> 100,0
8	600м на восток от хвостохранилища	<u>28,0</u> <3	<u>4,5</u> <0,05	<u>603,0</u> 10,0	<u>452,0</u> 50,0	<u>1300,0</u> 68,0	<u>1750,0</u> 118,0
9	Центр г. Горняка	<u>31,0</u> 8	<u>0,58</u> <0,05	<u>45,0</u> <1	<u>65,0</u> 5,5	<u>146,0</u> 13,0	<u>1160,0</u> 59,0
10	с. Николаевка	<u>20,0</u> 8	<u>6,5</u> <0,05	<u>258,0</u> <1	<u>324,0</u> 10,0	<u>1460,0</u> 11,0	<u>280,0</u> 53,0
11	2 км от «хвостов» на северо-восток	<u>144,0</u> <3	<u>13,0</u> 0,8	<u>2800,0</u> 70,0	<u>1875,0</u> 253,0	<u>4600,0</u> 344,0	<u>80,0</u> 243,0
12	20 км от хвостохранилища по направлению на с. Староалейское	<u>14,0</u> <3	<u>1,0</u> <0,05	<u>129,0</u> 2,0	<u>76,0</u> 7,2	<u>187,0</u> 9,3	<u>-</u> 54,0
Фоновое содержание в почве (чернозем южный)		9,58	0,15	22,0	26,0	74,0	

Примечание. В числителе – твердая фаза, мг/кг; в знаменателе – водная фаза, мкг/л

Таблица 5

Элементный состав воды, 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	100,0
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
pH	7,10	2,55	3,0	6,8	8,0	

Во втором озере содержание микроэлементов находится на уровне санитарно-гигиенических норм, только по Ва незначительно превышена ПДК.

Уровень концентрации Cd, Ni, Co, Cu, Zn, Mn и Fe в водах озера № 1 существенно превышает санитарно-гигиенические нормы. Воду из этого озера по составу можно сопоставить с водой из озера образовавшегося на поверхности хвостохранилища.

Содержание Mn и Fe в воде из ствола шахты значительно превышает ПДК.

### **ВЫВОДЫ**

1. Уровень содержания мышьяка, бария, кадмия, свинца, меди и цинка в техноземах существенно превышает санитарно-эпидемиологические нормы.

2. На хвостохранилищах ярко выражены дефляционные и эрозионные процессы.

3. Пылевая нагрузка на исследуемой территории существенно варьирует. Твердый остаток характеризуется довольно высоким содержанием тяжелых металлов, мышьяка и бария.

4. Выклинивающиеся шахтные воды существенно загрязнены тяжелыми металлами.

5. Хвостохранилища АГОКа являются опасным источником загрязнения степных экосистем.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФНФ 05-06-18001е, 05-06-18015е, РФФИ № 05-05-79180, интеграционных проектов СО РАН №167 и №65.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. География Алтайского края: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2004. – Ч.1. – 48 с., ил.

2. 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.

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

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

5. Техничко-экономическое обоснование защиты г. Горняка от подтопления подземными водами. – Белгород, 1997.