

# ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ В ГРАНИЦАХ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)

И.В. Горбачев, А.В. Пузанов, Ю.В. Бурлингас

*Разработана оптимальная схема мониторинга окружающей природной среды с учетом конкретной технологии производства, ландшафтно-геохимических, природно-климатических и социальных условий. Изучен уровень загрязнения цианидами, Hg, Cd, Pb, Sb, As, Ni, Co, Cr, Cu, V, Mn, Zn почве, вод (грунтовые, поверхностные) в пределах и за пределами промышленной площадки. Исследовано влияние объекта на элементный химический состав растений. Изучена динамика поведения тяжелых металлов и мышьяка в водах наблюдательных скважин. Рассчитан уровень запыленности территории.*

## ВВЕДЕНИЕ

Функционирование предприятий горно-добывающей и горно-перерабатывающей промышленности является одним из важных факторов техногенного загрязнения степных ландшафтов Северо-Западного Алтая.

Комплекс кучного выщелачивания золота находится в Краснощековском районе Алтайского края, в 2 км на ю-в от с. Акимовка, и функционирует с 1999 г.

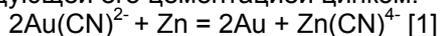
Рельеф района исследования предгорный с абсолютными отметками высот 244-477,5 м, климат резко континентальный, среднегодовое количество осадков 300-400 мм, с летним максимумом. Средняя мощность снегового покрова 100 мм.

Среднегодовая температура +2-3°C. Средняя летняя температура +22°C. Средняя зимняя температура -16°C. Глубина промерзания почв 130-150 см.

В гидрогеологическом отношении промышленная площадка расположена на местной водораздельной поверхности правого берега р. Важенка, в 1,8 км к северо-востоку от ее русла и в 2 км выше устья. Такое удаление водотоков от площадки кучного выщелачивания в экологическом плане носит явно положительный характер.

Метод кучного выщелачивания используется за рубежом с конца 19 века.

Золото, с содержанием не <0,5 мг/кг, выщелачивается из рудных штабелей раствором NaCN с уровнем pH 10-11 ед., с последующей его цементацией цинком:



Полученный осадок Zn/Au плавят с целью извлечения драгоценных металлов.

На процесс цинковой цементации наибольшее влияние оказывает присутствие ионов сурьмы и мышьяка. Концентрации этих ионов всего лишь в количестве 1 ppm способны снизить скорость реакции цементации на 20% [1].

Разработана оптимальная схема мониторинга окружающей среды, определены приоритетные токсиканты: цианиды, нитраты, нитриты, Hg, Cd, Pb, Sb, As, Ni, Co, Cr, Cu, V, Mn, Zn. Выбраны наиболее репрезентативные точки отбора проб природных и технологических объектов: четыре наблюдательных скважины по периметру промышленной площадки и два технологических прудка (аварийный и пожарный). За пределами промышленной площадки определены две фоновые точки для наблюдения за поверхностными (р. Важенка) и грунтовыми (Лисицинский ключ, с. Акимовка) водами, одна точка для мониторинга системы почва – растения и снежного покрова.

Исследования проводили в период с 13.03.2003 по 27.12.2003 с ежемесячным отбором проб с учетом сезонной динамики и технологических циклов комплекса.

Тяжелые металлы и мышьяк в поверхностных и грунтовых водах, в руде, почвах и растениях определяли методом атомной адсорбции (Аналитический центр ОИГГиМ СО РАН), цианиды – колориметрическим методом [2]. Физико-химические свойства почв и вод определяли общепринятыми методами.

Цель исследований – комплексная эколого-биогеохимическая оценка воздействия комплекса кучного выщелачивания золота на компоненты окружающей среды.

Задачи исследований:

1) оценить пылевую нагрузку в пределах промплощадки и сопредельной территории;

2) изучить в динамике уровень содержания тяжелых металлов, мышьяка и цианидов в поверхностных, грунтовых и технологических водах;

3) изучить уровень содержания тяжелых металлов, мышьяка и цианидов в почвах и растениях;

4) оценить санитарно-гигиеническую ситуацию.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пылевую нагрузку определяли по массе сухого остатка после таяния снега по формуле:

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

где P – масса пыли в пробе, S – площадь шурфа, t – время от начала снегоостава [3].

Монолиты снега отбирали на всю мощность в период максимального снегозапаса в соответствии с правилами снегомерной съемки.

Пылевая нагрузка на территорию комплекса кучного выщелачивания золота и площадку карьера в ряде случаев отличается от фоновых участков (табл. 1), но в целом характеризуется как незначительная. Основным источником поступления твердых частиц на территорию промплощадки является рудный штабель, а на территории карьера – разубоживание коры выветривания; на поверхность фоновых участков – близлежащие распаханые массивы черноземов из-за фрагментарного снежного покрова незначительной мощности – 5-10 см.

Таблица 1

Пылевая нагрузка на территорию промплощадки и фоновые участки

№ пробы	Место отбора	M осадка, г.	S шурфа, м <sup>2</sup>	Кол-во дней	Пылевая нагрузка, г/(м <sup>2</sup> *сут)
2	Фон	0,7689	0,09	120	0,0711
3	Фон	0,3125	0,09	120	0,0289
4	Промплощадка	5,7564	0,16	120	0,2998
5	Промплощадка	4,7151	0,12	120	0,3274
6	Промплощадка	2,4771	0,12	120	0,1720
7	Промплощадка	2,5091	0,12	120	0,1742
8	Промплощадка	4,2874	0,06	120	0,5954
9	Промплощадка	9,0561	0,06	120	1,2577
10	Промплощадка	44,8288	0,09	120	4,1508
11	Промплощадка	6,1624	0,09	120	0,5705
13	Промплощадка	3,1140	0,12	120	0,2162
19	Карьер	19,0048	0,12	120	1,3197

Уровень концентрации тяжелых металлов в грунтовых водах наблюдательных скважин в течение года существенно варьирует и определяется, прежде всего, гидрогеохимическими особенностями района исследования (табл. 2). Отмечены экологически опасные содержания Zn, Mn, Co, Hg, которые не связаны с функционированием комплекса кучного выщелачивания, а обусловлены аномальными концентрациями этих микроэлементов в золотоносных корах выветривания. Подтверждением тому является микроэлементный состав грунтовых вод скважин карьера, значительно удаленного от промплощадки (табл. 3).

Сезонная динамика гидрогеохимического поведения тяжелых металлов неоднозначна: для одних скважин максимум отмечен для весеннего и осеннего периодов, для других –

летнего и зимнего (см. табл. 2). Высокие концентрации ртути и кобальта свойственны для грунтовых вод только скважины №1, ближе всех расположенной к аварийному прудку. Содержание тяжелых металлов в грунтовых водах наблюдательных скважин хорошо коррелируется с уровнем концентрации этих металлов в руде (табл. 4).

Годовая и сезонная динамика микроэлементного состава поверхностных и грунтовых вод контрольных объектов (р. Важенка и Лисицинский ключ, с. Акимовка) выявила отсутствие воздействия комплекса кучного выщелачивания. Концентрация тяжелых металлов находится на уровне фона, свойственного предгорным ландшафтно-геохимическим условиям. При высоком содержании Ag и Au в водах Лисицинского

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ В ГРАНИЦАХ  
ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ  
ЛАНДШАФТОВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)**

Таблица 2

Динамика концентрации тяжелых металлов, мышьяка, цианидов, pH в водах наблюдательных скважин, поверхностных, грунтовых питьевых и технологических водах

Дата	pH	Hg	As	Cd	Ni	Co	Cu	Cr	Zn	Mn	CN <sup>-</sup> , мг/л
		мкг/л									
<b>Скважина № 1</b>											
13.03.2003	7,2	<0,03	<5	-	1,3	2,9	<1	<1	400,0	-	<0,01
27.04.2003	7,3	<0,05	<4	-	4,0	<1	3,0	2,0	860,0	599,0	0,02
20.05.2003	7,2	<0,02	<1	0,044	3,3	5,9	2,6	1,3	81,0	769,0	<0,01
23.06.2003	8,1	<0,02	<1	<0,01	<1	2,5	1,8	<1	13,0	284,0	<0,01
30.07.2003	6,65	<0,05	<1	0,038	2,8	<1	1,4	3,6	9,8	830,0	<0,01
20.08.2003	7,25	<0,05	<1	<0,05	<3	<1	1,7	<1	6,2	1106,0	<0,01
01.10.2003	7,20	8,2	<3	<0,05	<1	96,0	5,8	<1	4,1	317,0	<0,01
28.10.2003	7,30	10,0	<1	0,08	<2	14,0	15,0	2,6	18,0	193,0	<0,01
03.12.2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01
27.12.2003	6,55	5,50	<3	<0,05	2,20	208,0	<1	<1	<1	112,0	0,08
<b>Скважина № 2</b>											
13.03.2003	7,0	<0,03	<5	-	16,0	26,0	8,5	7,8	828,0	-	<0,01
27.04.2003	7,1	<0,05	<4	-	3,0	<1	5,0	2,0	550,0	900,0	<0,01
20.05.2003	6,9	0,095	<1	0,196	3,6	4,1	10,0	1,9	45,0	662,0	<0,01
23.06.2003	7,2	<0,02	17,0	<0,01	2,1	<1	7,8	3,8	12,0	388,0	<0,01
30.07.2003	6,95	<0,06 9	<1	0,077	4,2	<1	2,5	5,9	15,0	371,0	<0,01
20.08.2003	7,23	<0,05	7,6	<0,05	<3	<1	7,7	<1	13,0	376,0	<0,01
01.10.2003	7,50	<0,02	<3	0,15	8,5	7,4	5,2	1,7	29,0	524,0	<0,01
28.10.2003	6,90	0,080	<1	0,36	<2	7,0	8,3	2,3	48,0	1170,0	0,011
03.12.2003	7,65	<0,05	<3	0,32	<1	2,5	6,7	<1	<1	658,0	<0,01
27.12.2003	6,35	0,11	<3	0,12	<1	<1	13,0	4,0	24,0	250,0	<0,01
<b>Скважина № 3</b>											
13.03.2003	6,2	<0,03	<5	-	6,7	3,9	13	16	407	-	<0,01
27.04.2003	10,3	<0,05	<4	-	29	<1	11	2,5	350	286	0,02
20.05.2003	5,9	<0,02	<1	0,036	4,0	0,36	13	1,6	21	150	<0,01
23.06.2003	7,2	<0,02	<1	<0,01	2,0	<1	6,4	<1	13	302	<0,01
30.07.2003	5,75	<0,05	<1	0,049	2,6	<1	4,3	2,7	9,1	909	<0,01
20.08.2003	5,78	<0,05	<1	<0,05	<3	<1	4,4	2,1	13	1210	<0,01
01.10.2003	5,80	<0,02	<3	<0,05	<1	2,6	5,0	<1	11	657	<0,01
28.10.2003	6,2	<0,02	<1	0,10	<2	<2	8,3	2,0	30	687	<0,01
03.12.2003	7,75	<0,05	<3	<0,05	<1	<1	8,9	<1	7	684	<0,01
27.12.2003	5,85	<0,05	<3	0,10	<1	<1	6,50	5	20	613	<0,01
<b>Скважина № 4</b>											
13.03.2003	7,3	<0,03	<5	-	4,4	4,7	11,0	<1	910,0	-	<0,01
27.04.2003	7,2	<0,05	<4	-	4,0	<1	5,0	1,5	190,0	1470,0	<0,01
20.05.2003	7,2	<0,02	<1	0,05	2,1	1,6	5,2	1,6	37,0	1370,0	<0,01
23.06.2003	7,4	<0,02	<1	<0,01	<1	2,3	3,6	<1	10,0	1200,0	<0,01
30.07.2003	6,45	<0,05	<1	0,035	2,4	<1	2,0	3,2	13,0	856,0	<0,01
20.08.2003	6,70	<0,05	<1	<0,05	<3	<1	2,4	2,4	9,2	824,0	<0,01
01.10.2003	6,60	<0,02	<3	<0,05	<1	4,0	5,5	<1	26,0	809,0	<0,01
28.10.2003	6,2	<0,02	<1	0,08	<2	<2	4,3	2,6	13,0	800,0	<0,01
03.12.2003	8,03	<0,05	<3	<0,05	<1	<1	8,9	<1	8,0	816,0	<0,01
27.12.2003	6,4	0,10	<3	0,15	2,9	<1	11,0	4,0	27,0	1280,0	<0,01
<b>Лисицинский источник, с. Акимовка</b>											
13.03.2003	7,2	<0,03	<1	-	<1	<1	<1	<1	22,0	-	<0,01
27.04.2003	7,3	<0,05	6	-	2	<1	2	1	14	2	<0,01
20.05.2003	6,9	0,023	<1	0,001	<1	<0,02	<1	<1	<1	<1	<0,01
23.06.2003	7,2	0,7	<1	<0,01	1,3	<1	1,6	<1	4,0	6,8	<0,01
30.07.2003	6,75	<0,05	<1	0,032	<1	<1	<1	4,1	<1	<1	<0,01

Продолжение таблицы 2

Дата	рН	Hg	As	Cd	Ni	Co	Cu	Cr	Zn	Mn	СН <sup>-</sup> , мг/л
		мкг/л									
20.08.2003	7,15	<0,05	<1	<0,05	<3	<1	<1	<1	<1	<1	<0,01
01.10.2003	7,20	<0,02	4,5	0,09	1,8	<1	9,8	<1	22	2,2	<0,01
28.10.2003	6,60	<0,02	<1	0,09	<2	<2	<1	<1	1,3	<1	<0,01
03.12.2003	8,00	<0,05	<3	<0,05	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,01
27.12.2003	7,00	<0,05	<3	<0,05	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,01
р. Важенка											
13.03.2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.04.2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.05.2003	7,1	0,037	<1	0,016	0,9	0,44	2,0	0,6	<1	64,0	<0,01
23.06.2003	7,4	0,06	<1	<0,01	3,8	<1	<1	<1	2,4	31,0	<0,01
30.07.2003	7,75	<0,05	<1	0,045	2,8	<1	2,1	2,7	4,0	46,0	<0,01
20.08.2003	7,25	<0,05	<1	<0,05	<3	<1	<1	<1	<1	30,0	<0,01
01.10.2003	8,20	<0,02	<3	<0,05	<1	<1	4,1	<1	6,1	87,0	<0,01
28.10.2003	6,90	<0,02	<1	<0,05	<2	<2	5,3	<1	15,0	160,0	<0,01
03.12.2003	5,5	<0,05	<3	<0,05	<1	<1	<1	<1	<1	5,4	<0,01
27.12.2003	6,85	<0,05	<3	0,15	<1	<1	4,7	<1	13,0	81,0	<0,01
Аварийный прудок											
13.03.2003	8,8	<0,03	<5	-	94,0	125,0	3400,0	<1	1600	-	5,49
27.04.2003	8,7	0,50	20,0	-	250,0	894,0	15900,0	3,0	10000,0	71,0	21,12
20.05.2003	8,2	0,17	<1	0,04	314,0	1200,0	8850,0	0,6	216,0	126,0	13,27
23.06.2003	8,6	0,06	9,4	<0,01	75,0	163,0	606,0	<1	52,0	150,0	0,46
30.07.2003	6,65	<0,05	<1	0,049	79,0	305,0	500,0	1,4	19,0	33,0	0,274
20.08.2003	7,15	<0,05	<1	<0,05	73,0	407,0	460,0	2,1	83,0	34,0	0,577
01.10.2003	11,00	0,82	<3	1,3	24,0	1040,0	2956,0	<1	12600,0	4,1	50,19
28.10.2003	10,2	0,79	<1	1,6	31,0	1100,0	2950,0	<1	10600,0	62,0	38,19
03.12.2003	7,2	<0,05	<3	0,51	10,0	38,0	383,0	<1	517,0	33,0	0,377
27.12.2003	9,1	0,71	<3	4,0	225,0	610,0	3600,0	3,70	10000,0	218,0	17,18
Пожарный прудок											
13.03.2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.04.2003	6,6	<0,05	5,0	-	33,0	74,0	112,0	1,5	440,0	357,0	0,04
20.05.2003	9,2	0,035	<1	0,062	22,0	108,0	68,0	1,0	299,0	348,0	<0,01
23.06.2003	7,3	<0,02	6,5	<0,01	7,4	49,0	47,0	<1	55,0	215,0	0,02
30.07.2003	8,5	<0,05	<1	0,68	6,1	25,0	33,0	<1	23,0	136,0	0,031
20.08.2003	10,8	<0,05	<1	<0,05	11,0	45,0	40,0	1,5	15,0	247,0	0,058
01.10.2003	6,2	<0,02	5,6	<0,05	12,0	40,0	41,0	<1	55,0	590,0	0,047
28.10.2003	15,5	0,042	<1	0,12	13,0	30,0	43,0	2,9	81,0	890,0	<0,01
03.12.2003	3,2	<0,05	<3	0,22	2,0	4,1	5,2	<1	11,0	77,0	<0,01
27.12.2003	1,9	<0,05	4,00	0,19	<1	<1	21,0	11,0	77,0	200,0	<0,01
ПДК по [4]		0,5	50,0	1,0	100,0	100,0	1000,0	500,0	1000,0	100,0	0,1

-- нет данных

Таблица 3

Концентрации тяжелых металлов и мышьяка в природных и технологических водах

Место отбора (23.06.03)	Hg	As	Cd	Ni	Co	Cu	Cr	Zn	Mn
мкг/л									
Лисицинский ключ, с. Акимовка	0,7	<1	<0,01	1,3	<1	1,6	<1	4,0	6,8
Скважина 1	<0,02	<1	<0,01	<1	2,5	1,8	<1	13,0	284,0
Скважина 2	<0,02	17	<0,01	2,1	<1	7,8	3,8	12,0	388,0
Скважина 3	<0,02	<1	<0,01	2,0	<1	6,4	<1	13,0	302,0

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ В ГРАНИЦАХ  
ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ  
ЛАНДШАФТОВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)**

Продолжение таблицы 3

Место отбора (23.06.03)	Hg	As	Cd	Ni	Co	Cu	Cr	Zn	Mn
мкг/л									
Скважина 4	<0,02	<1	<0,01	<1	2,3	3,6	<1	10,0	1200,0
Аварийный пруд	0,06	9,4	<0,01	75	163,0	606,0	<1	52,0	150,0
Пожарный пруд	<0,02	6,5	<0,01	7,4	49,0	47,0	<1	55,0	215,0
Скважина 228 (карьер)	0,06	<1	0,38	9,2	8,6	44,0	<1	155,0	2380,0
Скважина 227 (карьер)	0,18	<1	0,16	24,0	4,7	30,0	4,5	424,0	2100,0
Скважина 225 (карьер)	2,2	12	0,33	26,0	12,0	172,0	11,0	956,0	776,0
ПДК по [4]	0,5	50,0	1,0	100,0	100,0	1000,0	500,0	1000,0	100,0

Таблица 4

Тяжелые металлы и мышьяк в объектах окружающей среды

Место отбора (23.06.03)	Среда	Hg	As	Cd	Pb	Sb	Ni
		мг/кг					
Аварийный пруд	Донные отложения	0,11	124,0	0,44	61,0	10,0	67,0
Склон штабеля	Руда	0,093	128,0	0,27	48,0	10,0	43,0
Склон штабеля	Донник (надземная часть)	0,020	8,8	0,036	2,6	0,55	2,3
Склон штабеля	Донник (корни)	0,016	27,0	0,049	1,7	0,61	4,3
Поверхность штабеля	Руда	0,070	152,0	0,44	77,0	12,0	58,0
Контрольная площадка	Лугово-черноземная почва	0,049	19,0	0,057	28,0	2,7	38,0
Контрольная площадка	Донник (надземная часть)	0,022	6,8	0,012	0,018	0,10	1,7
Контрольная площадка	Донник (корни)	0,036	5,7	0,028	0,032	0,31	2,9
ПДК в почвах по [2]		2,1	2,0-80,0	0,5-2,0	100,0	4,5	80,0
Среднее содержание в почвах по [3]		0,17	13,0	0,3	29,5	1,2-2,0	40,0-90,0

Продолжение табл. 4

Место отбора (23.06.03)	Среда	Co	Cu	Cr	Zn	Mn	V
		мг/кг					
Аварийный пруд	Донные отложения	58,0	310,0	89,0	940,0	1160,0	119,0
Склон штабеля	Руда	23,0	438,0	130,0	311,0	450,0	111,0
Склон штабеля	Донник (надземная часть)	1,1	22,0	10,0	60,0	31,0	5,3
Склон штабеля	Донник (корни)	1,7	23,0	13,0	50,0	30,0	4,3
Поверхность штабеля	Руда	51,0	248,0	84,0	520,0	1100,0	112,0
Контрольная площадка	Лугово-чернозем	15,0	46,0	95,0	102,0	100,0	116,0
Контрольная площадка	Донник (надземная часть)	0,1	9,5	5,9	35,0	4,6	1,8

Продолжение таблицы 4

Место отбора (23.06.03)	Среда	Co	Cu	Cr	Zn	Mn	V
		мг/кг					
Контрольная площадка	Донник (корни)	0,95	11,0	11,0	18,0	6,7	4,3
ПДК в почвах по [5]		50,0	100,0	100,0	300,0	1500,0	150,0
Среднее содержа- ние в почвах по [6]		14,0- 20,0	9,0-46,0	80,0- 120,0	80,0- 120,0	400,0- 800,0	80,0- 130,0

источника концентрации других тяжелых металлов находятся на уровне предела обнаружения (см. табл. 2), что свидетельствует об уникальной геохимии этих вод.

В экологически опасных концентрациях содержатся Hg, Cd, Ni, Co, Cu, Zn, Mn в технологических водах аварийного прудка (см. табл. 2), куда поступают отработанные растворы после выщелачивания золота из рудного штабеля. В аварийном прудке осуществляется осаждение тяжелых металлов известковым молоком, что приводит к их аккумуляции в донных отложениях прудка в значительных количествах (табл. 4).

И только высокая степень изоляции прудка многослойной специальной пленкой и наличие мощного природного экрана из практически водонепроницаемых глин предотвращают загрязнение тяжелыми металлами, мышьяком и цианидами почвенно-грунтовых и грунтовых вод и латеральную миграцию в сопряженные аккумулятивные ландшафты.

При невысоких концентрациях ртути в руде и коре выветривания в некоторых случаях обнаруживаются аномальные ее содержания в водах аварийного прудка, что, возможно, связано с загрязнением в процессе технологического цикла.

Концентрация цианидов в водах аварийного прудка в течение года существенно колеблется (табл. 2) и определяется, как динамикой технологического цикла, так и процессом их распада в конкретных климатических условиях. Максимальные содержания цианидов выявлены в весенне-осенний период.

Загрязнения цианидами компонентов экосистем, сопредельных с комплексом кучного выщелачивания, не выявлено. Следы цианидов обнаружены в водах пожарного прудка, что, вероятно, связано с их поступлением с талыми и дождевыми водами с рудного штабеля. В воде пожарного прудка отмечены повышенные концентрации ряда тяжелых металлов, что обусловлено как результатом миграции их с рудного штабеля, так и с исходным поступлением при заполнении прудка водой из наблюдательных скважин.

Изучено поведение тяжелых металлов и мышьяка в системе: субстрат рудного штабеля – пионерные растения (донник см. табл. 4). Наблюдается тенденция накопления исследуемых микроэлементов как в надземной части, так и в корнях, по сравнению аналогичным видом донника, произрастающего на лугово-черноземной почве контрольной фоновой площадки. При проведении биологической рекультивации отработанных рудных штабелей донник можно будет широко использовать.

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в лугово-черноземной почве контрольной площадки находится в пределах, свойственных незагрязненным почвам (см. табл. 4).

## ВЫВОДЫ

1. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в грунтовых водах наблюдательных скважин характеризуется в ряде случаев экологически опасным уровнем, но не связано с воздействием объекта кучного выщелачивания, а обусловлено естественными процессами.
2. Загрязнение поверхностных и грунтовых вод контрольных объектов тяжелыми металлами, мышьяком и цианидами не выявлено.
3. Отмечено загрязнение цианидами и тяжелыми металлами некоторых объектов внутренней инфраструктуры – пожарного прудка.
4. Аномальные концентрации цианидов и тяжелых металлов в аварийном прудке подвержены сезонной динамике и связаны с технологическим циклом производства.
5. Выявлена тенденция загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком пионерных растений на рудном штабеле.
6. Строгое соблюдение природоохранных мероприятий предотвращает загрязнение цианидами, тяжелыми металлами и мышьяком степные экосистемы, сопредельные с комплексом кучного выщелачивания золота.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ В ГРАНИЦАХ  
ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ  
ЛАНДШАФТОВ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кучное выщелачивание золота – зарубежный опыт и перспективы развития: Справочник / Под ред. В.В. Караганова и Б.С. Ужкенова. – Москва-Алматы, 2002. – 283 с.
2. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов / Под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы. – М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996. – 13 с.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. – М.: Экология, 1994-1998.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.