

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА УЧАСТКЕ УСТАНОВКИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Ю. В. Робертус, А. В. Кивацкая

Алтайский региональный институт экологии и рационального природопользования, с. Майма

Общие сведения. В 2001 г. ОАО «Рудник «Веселый» впервые на территории Горного Алтая начата опытно-промышленная переработка методом кучного выщелачивания бедных золотосодержащих руд Синюхинского месторождения. Установка кучного выщелачивания (УКВ) находится в таежной среднегорной расчлененной (отметки 600-680 м, превышения 100-300 м) местности на уплощенном водоразделе рек Сейка, Ынырга (система р. Бия). Наклоненная на юго-запад под углами 5-10° площадка УКВ сложена слабо обводненными современными рыхлыми отложениями общей мощностью 5-30 м. С нее берут истоки несколько небольших ручьев с расходом до 3 тыс. м³/сут., донные осадки которых представлены глинисто-песчаным материалом. На участке развиты бурые лесные, слабо кислые (рН 5.9-6.7 ед.), умеренно гумусированные (4.0-11.2%) почвы с «тяжелым» физико-механическим составом.

Начиная со времени строительства УКВ (1999-2001 гг.), авторами проводятся мониторинговые наблюдения окружающей среды в районе ее нахождения, включающие оценку экологического состояния атмосферного воздуха, снегового покрова, природных и сточных вод, донных отложений, почв и растительности.

Следует отметить, что в специальной литературе небольшой отечественный опыт изучения влияния установок кучного выщелачивания металлов на почвы и донные отложения практически не освещен. Решение задачи по установлению такого влияния сопряжено с рядом трудностей, в основном, методического и аналитического порядка, поскольку загрязнение почв формируется в течение длительного периода и имеет, как правило, локальный слабоинтенсивный характер.

Наблюдательная сеть мониторинга за состоянием почв состоит из 4-х контрольных площадок (К-1-4), расположенных по периферии УКВ, а также 20 временных пунктов по сети 250 x 250 м в пределах ее санитарно-защитной зоны. Донные отложения водотоков в районе УКВ контролируются на 7 постах, основные из которых (Д-3-6) расположены по направлению транзита поверхностного стока с площадки УКВ (рис. 1). Опробование почв (горизонт А в интервале 2-7 см) и донных осадков (глубина 0-5 см) в период эксплуатации УКВ проводилось по общепринятой методике один раз в год, как правило, поздней осенью. Аналитические исследования проб выполнены атомно-эмиссионным количественным методом на 28 элементов, в основном, на тяжелые металлы (ТМ), в Испытательной лаборатории НПЦ «Мелитей» при Институте почвоведения и агрохимии СО РАН (аналитик А. С. Червко).

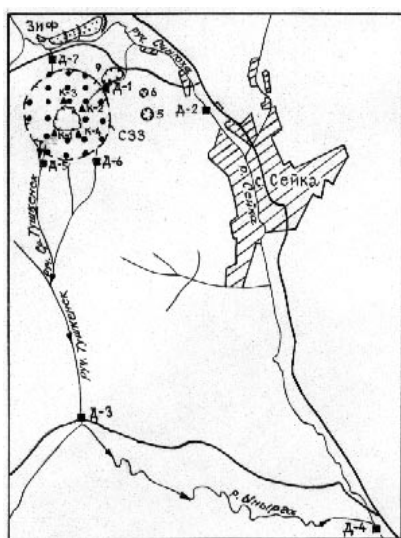


Рис. 1 Схема опробования почвенного покрова и донных отложений в районе УКВ ОАО «Рудник «Веселый»

1-2 — пункты (площадки, посты) опробования почв (1) и донных осадков (2); 3-6 — контуры площадки УКВ (3), расчетной санитарно-защитной зоны УКВ (4), хвостохранилища золотоизвлекательной фабрики (5), селитебных зон пос. Сейка (6); 7 — рудные карьеры и их номера; 8 — место сброса и пути транзита стоков УКВ

Почвенный покров. Данные, полученные на допусковом этапе мониторинга, свидетельствуют о преобладающем в почвах участка УКВ низком содержании большинства изученных элементов. Установлено, что их спектр, уровень концентрации и слабоконтрастный ($V = 10-30\%$) логнормальный характер распределения в целом сопоставим с геохимической специализацией материнских почвообразующих пород — среднекембрийских базальто-андезитовых порфириров и развитых по ним автохтонных глинистых продуктов выветривания. При статобработке этих материалов вкупе с ранее полученной по району информацией был рассчитан местный геохимический фон почв (табл. 1) — исходный уровень для изучения воздействия на них УКВ в период ее эксплуатации в 2001-2003 гг.

1. Параметры распределения элементов в почвах участка до эксплуатации УКВ

Элементы	Lim, мг/кг	M ± m, мг/кг	V, %	Элементы	Lim, мг/кг	M ± m, мг/кг	V, %
Мышьяк	9.6-22.5	15.7±1.85	28.8	Ниобий	15.0-130.0	41.7±11.42	67.2
Бор	58.0-91.0	71.3±3.20	11.0	Никель	37.0-50.0	42.6±1.14	6.6
Барий	465.0-975.0	664.3±51.95	19.2	Фосфор	422-1189	677.5±74.4	26.9
Бериллий	1.3-2.0	1.6±0.08	12.3	Свинец	16.0-34.0	21.5±1.78	20.3
Висмут	2.8-8.0	5.4±0.44	19.9	Скандий	7.8-19.0	12.5±1.40	27.4
Селен	66.0-141.0	95.4±7.41	18.6	Олово	4.3-7.0	5.5±0.25	11.3
Кобальт	16.0-31.0	21.1±1.34	15.6	Стронций	80-900	330±89.6	66.5
Хром	82.0-129.0	100.7±4.74	11.5	Титан, г/кг	0.36-1.03	0.70±0.073	25.7
Медь	16.0-42.0	19.9±2.18	26.8	Ванадий	115-158	133.7±4.5	8.2
Железо	1.7-3.1	2.3±0.16	17.8	Иттрий	22.0-44.0	32.8±2.1	15.8
Галлий	9.5-13.0	11.0±0.37	8.3	Иттербий	2.8-5.3	4.2±0.30	17.7
Лантан	25.0-48.0	33.5±2.23	16.3	Цинк	42.0-187.0	97.6±13.7	34.5
Марганец	546-2983	1432.2±233.3	39.9	Цирконий	188.0-415.0	313.5±22.7	17.8
Молибден	3.4-6.7	4.8±0.38	19.2	Ртуть	0.6-1.1	0.9±0.22	24.4

Одним из методических подходов по выявлению воздействия УКВ явилось сравнение концентраций элементов почв на контрольных площадках в 2003 г. с их допусковым фоном (2001 г.). При этом на отдельных площадках выявлено аномально повышенное в 1.6-5.8 раз содержание меди, цинка, свинца, мышьяка, бария, которые можно рассматривать как ТМ, отражающие специфику воздействия УКВ на почвы. Характерно, что максимальные концентрации этих ТМ проявились в почвах площадки К-1 вблизи сброса сточных вод УКВ и, в меньшей степени, на площадках К-3, 4, расположенных около рудного склада и рудного штабеля установки (табл. 2).

2. Динамика концентраций элементов в почвах участка УКВ в 2001-2003 гг.

Контрольные площадки	Отношение концентраций элементов почв относительно допускового фона, ед.													
	Fe	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Mo	Sn	As	Ba
К-1	1.0	0.9	0.3	0.4	0.8	0.4	0.6	15.0	2.4	0.5	0.8	0.9	2.6	3.1
К-2	0.8	0.9	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	1.0	1.2	0.7	0.8	0.9	1.2	1.2
К-3	0.8	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	3.2	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	2.4
К-4	0.8	0.4	0.6	0.8	0.6	0.9	0.7	4.1	0.8	1.2	0.7	0.7	1.6	2.0
Среднее	0.8	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	5.8	1.3	0.9	0.8	0.8	1.6	2.2

Выделены повышенные концентрации элементов, накапливающихся в почвах контрольных площадок в период эксплуатации УКВ

С целью выявления возможной зональности распределения изученных элементов были рассчитаны и сопоставлены средние содержания отдельных ТМ в почвах участка УКВ на удалении до 200 и 300-400 м от центра установки. Установлено преобладание вблизи УКВ вышеотмеченных специфических ТМ — аномально повышенное для меди и слабо повышенное для никеля, мышьяка, цинка (табл. 3).

3. Зональность распределения элементов в почвах участка УКВ в 2003 г.

Расстояние от УКВ	Среднее содержание элементов в почвах, мг/кг												
	Fe,%	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Mo	Sn	As	Y
Менее 200 м	2.26	65.4	64.9	991	12.6	30.1	112.0	83.3	22.8	4.4	4.5	23.6	47.6
300-400 м	2.35	69.3	68.0	1196	13.8	28.0	69.8	80.0	24.5	5.8	5.1	21.0	59.8
$C_{200/400}$	0.96	0.94	0.95	0.83	0.91	1.08	1.60	1.04	0.93	0.75	0.87	1.13	0.80

Выделены элементы, накапливающиеся в почвах вблизи площадки УКВ

Наиболее контрастно воздействие установки на почвенный покров выражено на участке сброса стоков КВ. Так, при интервальном опробовании почв в русле временного водосброса установлено их заметное (до 0.3 ПДК) загрязнение медью, цинком, ртутью, а также цианидами (до 45 ПДК). При этом максимальные концентрации всех загрязнителей проявлены в горизонте почв 0-10 см и закономерно убывают в 2-3 раза с глубиной (табл. 4). Подобная вертикальная зональность распределения предположительно проявлена и для других экотоксикантов сточных вод УКВ.

4. Характер распределения токсикантов по профилю почв на участке сброса стоков КВ

Место и время опробования	Интервал опробования	Концентрации загрязнителей, мг/кг			
		медь	цинк	ртуть	цианиды
Русле временного водосброса (16.10.2003г.)	0 – 10 см	240	219	0.130	4.51
	10 – 20 см	168	106	0.077	2.26
	20 – 30 см	140	81	0.059	1.37

Донные отложения водотоков, как известно, являются чутким индикатором экологического состояния поверхностных вод и почвенного покрова. Для изучения влияния УКВ на загрязнение донных осадков также было проведено сравнение концентраций ТМ на контрольных постах в 2003 г. с их допусковым фоном (2001 г.). При этом выявлена устойчивая динамика заметного (в 1.5-5.3 раза) накопления вышеперечисленных ТМ, а также марганца, железа, кобальта и пр., относительно их допускового фона (табл. 5).

Особенно интенсивно накопление вышеотмеченных ТМ и других элементов в донных осадках проявилось на начальном отрезке транзита загрязненных сточных вод УКВ (посты Д-5, Д-3). Следует отметить, что последовательное уменьшение концентраций при удалении от УКВ отмечается практически для всех изученных элементов. По уровню концентрации в нерастворимом химическом осадке, образующемся при обезвреживании растворов КВ, все элементы разделяются на три группы — накапливающиеся в осадке, выносимые из него и индифферентные (табл. 6).

5. Концентрации элементов в донных отложениях района УКВ в 2003 г.

Посты	Концентрации элементов в донных осадках относительно допускового геохимического фона, ед.															
	Ti	V	Cr	Fe	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	As	Mo	Sn	Be	Ba	Сред.
Д-1	0.4	0.8	0.8	1.8	0.5	0.7	1.1	5.1	0.8	1.1	2.0	1.9	1.3	2.0	1.8	1.4
<i>Д-5</i>	0.7	1.4	1.0	3.6	3.0	2.9	1.2	2.3	1.3	2.2	2.7	4.2	1.8	2.2	1.7	2.2
Д-3	0.4	1.1	0.9	3.2	1.7	2.1	1.3	5.3	1.1	2.3	3.3	1.5	1.0	2.4	2.6	2.0
Д-4	0.2	0.4	0.3	1.5	0.5	0.8	0.7	1.1	0.5	0.6	1.6	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8
Средн.	0.4	0.9	0.8	2.5	1.4	1.6	1.1	3.4	0.9	1.3	2.4	2.1	1.2	1.8	1.7	1.6

Выделены: повышенные концентрации (жирным шрифтом) элементов; интенсивно (темная заливка) и умеренно (светлая заливка) накапливающихся в донных осадках в период работы УКВ 2001-2003 гг.

6. Концентрации элементов (мг/кг, %*) в донных осадках рек Тушкенек-Ынырга в 2003 г.

Врем. посты	Ti*	V	Cr	Fe*	Mn*	Co	Cu	Zn	Pb	As	Mo	Sn	Be	Ba	Ce	Ga	Расстояние от сброса стоков
ЕОТР**	0.02	235	50	0.43	0.02	60	3238	600	27	142	9.1	сл.	сл.	74	сл.	6.6	0 км
Д-5	0.52	182	105	8.22	0.43	61	46	126	50	43	20	10	3.5	1117	111	22	0.5 км
Д-3	0.29	147	96	7.73	0.24	45	105	66	48	51	7	5.5	3.8	1736	62	19	5 км
Д-4	0.14	58	25	3.51	0.08	17	21	45	17	25	4.9	4.1	1.6	498	32	12	8 км

ЕОТР — емкость обезвреживания технологических растворов; ** — химический осадок обезвреживания растворов; выделены элементы, выносимые (светлым) и накапливающиеся (темным) в осадке ЕОТР

К первой группе относится медь, мышьяк, ванадий, цинк, последний из которых является реагентом технологии КВ, а остальные — сопутствующими элементами перерабатываемых руд. Группу выносимых из осадка элементов составляют преимущественно сидерофильный (Ti, Fe, Mn) и литофильный (Sn, Be, Ce и др.) комплексы.

Данные, полученные за трехлетний период эксплуатации установки (2001-2003 гг.) свидетельствуют о наличии ее негативного воздействия на экологическое состояние практически всех природных сред участка УКВ, в том числе на почвенный покров и донные отложения поверхностных водотоков. Воздействие носит комплексный характер и выражается, главным образом, в загрязнении объектов ОПС, а также в изменении ряда их физико-химических и других свойств. Характерными особенностями вышеотмеченного загрязнения природных сред отходами УКВ являются его локальность, преобладающая эпизодичность и незначительная, как правило, интенсивность проявления.

В качестве основного фактора воздействия выступает сброс на рельеф сточных вод установки, содержащих специфическую ассоциацию загрязнителей технологии КВ — цианиды, ТМ, натрий, хлориды и соединения активного хлора, азотистые соединения и пр. К менее значимым причинам загрязнения относится (в порядке проявленности): инфильтрация технологических растворов и стоков; плоскостной смыв атмосферными осадками и талыми водами загрязняющих веществ с площадки УКВ; аэрозольный перенос жидких и твердых продуктов КВ, включая рудные частицы.

В пользу существования последнего фактора, влияющего на экологическое состояние почв на участке УКВ, свидетельствует наличие в снеговом покрове вышеотмеченной ассоциации экотоксикантов КВ, а также их корреляция (на примере меди, цинка и свинца) в сопряженных пробах природных сред, в частности, снегового и почвенного покрова. Еще более отчетливо проявлена связь загрязненности этими металлами поверхностных вод и донных осадков. Следует отметить, что максимальные концентрации ТМ во всех сопряженных пробах природных сред проявлены на участках заметного влияния стоков УКВ (табл. 7).

7. Концентрации ТМ в сопряженных пробах природных сред на участке УКВ в 2003 г.

Контр. площ.	Содержание в почве (п), мг/кг; снеге (с), мкг/дм ³						Врем. посты	Содержание в донке (д), мг/кг; воде (в), мкг/дм ³					
	Cu (п)	Cu (с)	Zn (п)	Zn (с)	Pb (п)	Pb (с)		Cu (д)	Cu (в)	Zn (д)	Zn (в)	Pb (д)	Pb (в)
К-1	300	4.6	109	17	28	1.7	П-1	101	44	81	12	23	< 1
К-2	76	2.5	84	5.8	22	< 1	П-3	46	6	66	11	48	2.1
К-3	61	< 1	57	6.1	23	< 1	П-4	21	6	45	11	13	2.0
К-4	82	1.6	90	4.8	23	< 1	-5	105	244	126	145	50	3.9

Залиты максимальные концентрации ТМ в средах, жирным шрифтом выделены объекты влияния стоков КВ

Вышеизложенное позволяет сделать следующие предварительные выводы:

- в настоящее время под воздействием УКВ сформировалось слабоинтенсивное локально проявленное загрязнение почв и донных осадков поверхностных водотоков, главным образом, вблизи установки и на начальном отрезке транзита ее сточных вод;
 - основными экотоксикантами этого загрязнения являются тяжелые металлы, присутствующие в перерабатываемых рудах (Cu, Pb, Ni, Ba, As, Hg, Fe, Mn и пр.) и в используемых реагентах (Zn), при этом спектр тяжелометалльного загрязнения донных осадков заметно выше, чем для почв;
 - превалирующим фактором загрязнения почв и донных осадков является сброс на рельеф сточных вод установки, менее значимы инфильтрация технологических растворов и стоков; плоскостной смыв и аэрозольный перенос жидких и твердых продуктов КВ;
 - необходимо дальнейшее, более углубленное мониторинговое изучение экологического состояния почвенного покрова и донных осадков в районе влияния УКВ.
-