ТЕНДЕНЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ ПРИРОДНЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ УСТАНОВКИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ОАО «РУДНИК «ВЕСЕЛЫЙ» В 2001-2005 ГГ.

А.В. Кивацкая, Ю.В. Робертус
Алтайский региональный институт экологии и рационального природопользования, с. Майма

В 2001-2002 гг. ОАО «Рудник «Веселый» впервые на территории Горного Алтая была проведена опытно-промышленная переработка методом кучного выщелачивания бедных золото-скарновых руд Синюхинского месторождения. В последующие три года проводилось активное (2003-2004 гг.) и пассивное (2005 г.) обезвреживание отработанных технологических растворов и рудного штабеля.

Начиная со времени строительства УКВ (1999-2001 гг.), Алтайским региональным институтом экологии ведется мониторинг окружающей среды в районе ее нахождения, включающий оценку экологического состояния атмосферного воздуха, снегового покрова (по ТОСП и снеговой воде), природных и сточных вод, донных отложений, почв и растительности.

Выполненными в 2001-2005 гг. наблюдениями установлено, что наиболее «чутким» реципиентом негативного воздействия установки являются поверхностные воды, представленные рядом ручьев, берущих начало с площадки УКВ, и грунтовыми водами, образующими сложно построенный горизонт на глубинах 3-25 м [3]. Их режим и гидрохимический состав в этот период контролировался на 5 временных постах (поверхностные воды) и 7 наблюдательных скважинах (подземные воды).

В процессе мониторинга было установлено, что локальное эпизодическое воздействие на экологическое состояние природных вод района оказывают в основном стоки установки, загрязняющие их специфической ассоциа-

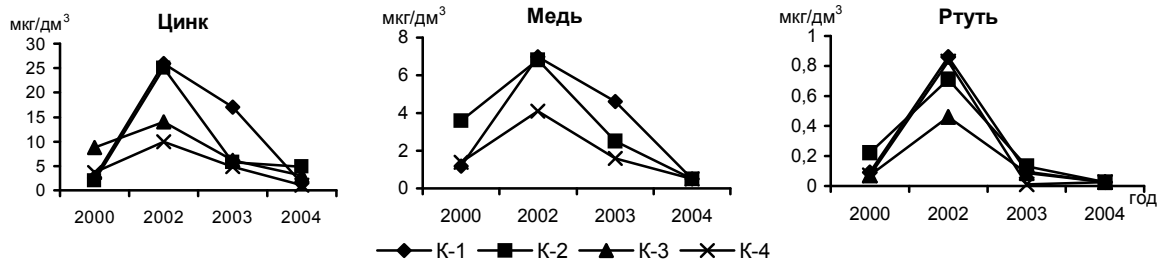


Рис. 1 Динамика изменения содержания тяжелых металлов в снеговой воде участка УКВ в 2000-2004 гг.

цией экотоксикантов – цианидами, тиоцианатами, кальцием, натрием, аммонием, хлоридами, нитритами, нитратами, соединениями активного хлора, а также тяжелыми металлами (ТМ) – медью, цинком, ртутью, железом и др. [1, 2]. Основная часть этих загрязнителей содержится в перерабатываемых рудах (ТМ) и входит в состав применяемых в технологии КВ токсичных химических реагентов: цианид натрия, гипохлорит кальция (2 класс опасности), гидроксид натрия, цинковая стружка.

Содержание вышеотмеченных загрязнителей в поверхностных водах в период 2001-2005 гг. варьировало от фонового уровня в периоды консервации УКВ до концентраций, многократно превышающих ПДК во время и после сброса стоков установки, в частности, в месте их сброса в поверхностный водоток – руч. Сред. Тушкенек (временный

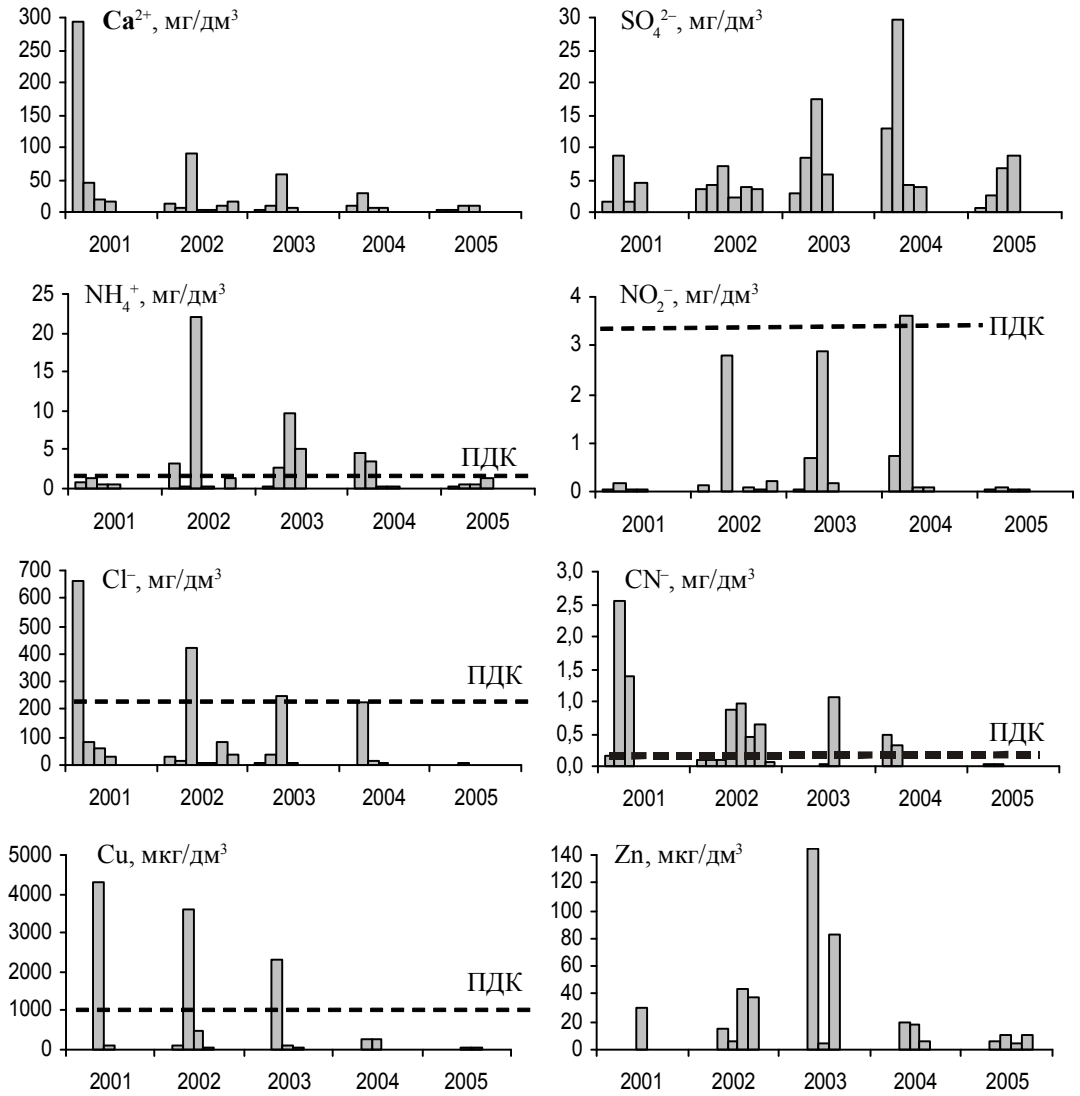


Рис. 2 Концентрации основных экотоксикантов КВ в воде руч. Сред. Тушкенек в 2001-2005 гг.

пост 5). Концентрации этих загрязнителей в грунтовых водах были заметно ниже, чем в поверхностных водах, и изредка во время сброса стоков и в течение последующих одного-двух месяцев превышали ПДК, особенно в скважинах вблизи прудка отстойника сточных вод и емкости аварийных стоков. Эпизодически повышенное содержание отдельных загрязняющих веществ было проявлено и в снеговой воде вблизи площадки УКВ на удалении до 0,5 км [3].

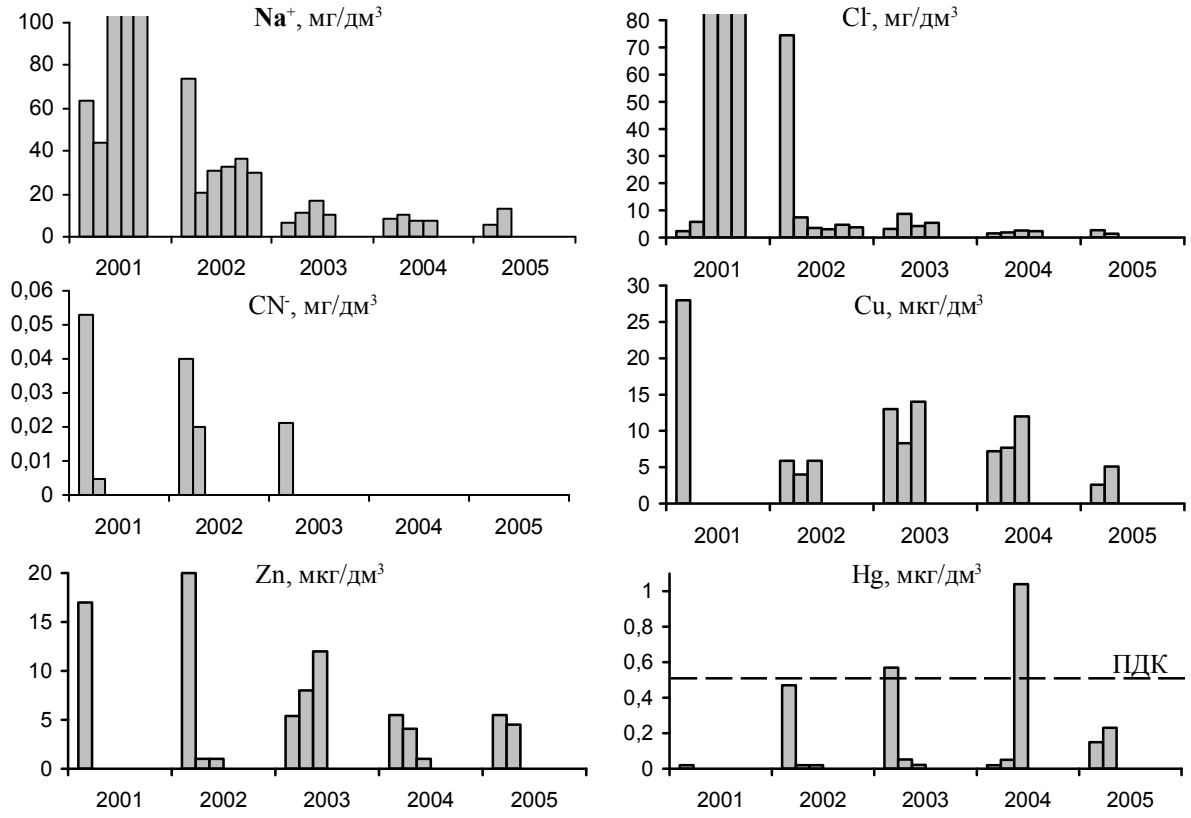
Анализ распределения экотоксикантов вышеотмеченной ассоциации в снеговой воде свидетельствует о наличии единообразного характера их поведения в период 2000-2004 гг. На рисунке 1 видно, что сразу после начала эксплуатации установки (2001 г.) фоновые концентрации в снеговой воде «главных» тяжелых металлов технологии КВ – меди и цинка, а также ртути, присутствующей в перерабатываемой руде, резко возросли (на порядок) по периферии площадки УКВ (временные посты К-1-4).

В последующие годы по мере уменьшения влияния УКВ на окружающую среду района, в том числе на состояние атмосферного воздуха, происходило плавное снижение содержания в снеговой воде меди, цинка и более резкое – ртути. Аналогичная тенденция была проявлена и для ряда других токсикантов КВ – хлоридов, нитритов, аммония. В то же время для натрия и сульфатов проявилась противоположная тенденция нарастания уровня их присутствия, что предположительно отражало изменения в составе отработанных технологических растворов – основных источников аэрозольного загрязнения снегового покрова на участке УКВ. Через один-два года после прекращения эксплуатации установки концентрации ТМ и других загрязнителей в снеговой воде снизились до фоновых значений (рис. 1).

Характер поведения основных экотоксикантов технологии КВ в поверхностных водах в период 2001-2005 гг. показан на рисунке 2. На примере «принимающего» стоки УКВ ручья Сред. Тушкенек (пост 5) установлено, что основная тенденция, проявленная в это время для большинства загрязнителей – кальция, хлоридов, частично щелочей, аммония, цианидов, меди, ртути и пр., заключалась в постепенном снижении их присутствия до фонового содержания в 2005 г.

Противоположная тенденция проявилась в распределении концентраций сульфатов, нитритов и нитратов, которые заметно нарастали вплоть до 2004 г., а затем резко уменьшились в 2005 г. после завершения обезвреживания и сброса отработанных технологических растворов (рис. 2). Причины возникновения этой тенденции предположительно заключались в нарастании деструкции азотсодержащих цианидных комплексов и прогрессирующем окислении сульфидных минералов перерабатываемых руд.

Еще более сложный характер проявлен в распределении цинка в загрязненных поверхностных водах участка УКВ. В период 2001-2003 гг. его концентрации заметно нарастали за счет перехода из цинковой стружки в технологические растворы. После прекращения их пропускания через цементационные колонны установки содержание цинка



Ðèñ. 3 Õàðàêòåð ïîâåäåíèÿ çàãðÿçíèòåëåé ïîçåìíûõ âîä ó÷àñòêà ÓÊÂ (ñêâàæèíà 9) â 2001-2005 ãã.

в стоках УКВ и, как следствие, в поверхностных водах руч. Сред. Тушкенек снизилось до фоновых значений.

Во многом аналогичный поверхностным водам характер присутствия загрязнителей вышеотмеченной ассоциации проявлен в подземных (грунтовых) водах промплощадки УКВ в период 2001-2005 гг. Основная тенденция их поведения заключалась в слабо повышенном, а для водного горизонта, вскрытого наблюдательной скважиной 9 – в резком увеличении концентраций (на 1-3 порядка) в период обезвреживания и размещения отработанных растворов установки осенью 2001 г.

В последующие годы содержание большинства экотоксикантов (цианиды, тиоцианаты, щелочи, хлориды, азотистые соединения, медь цинк) в подземных водах плавно уменьшалось и в 2004-2005 гг. соответствовало, в основном, их фоновому уровню. Обратная тенденция была проявлена для ртути, концентрация которой в воде скважины 9 нарастала вплоть до 2004 г. и несколько снизилась только в 2005 г. (рис. 3).

Полученные данные о близком характере загрязнения поверхностных и подземных вод промплощадки УКВ указывают на наличие между ними гидравлической связи, а его более низкий уровень в подземных водах – на невысокие фильтрационные свойства водовмещающих глин и суглинков.

Таким образом, вышеохарактеризованная идентичность поведения приоритетных загрязнителей в природных – поверхностных, подземных и снеговых водах участка УКВ свидетельствует, по мнению авторов, о тесной взаимосвязи этих типов вод как между собой, так и с загрязняющими их сточными водами установки кучного выщелачивания золота на всем протяжении ее функционирования.

Литература

1. Кивацкая А.В. Любимов Р.В. Характер загрязнения природных вод в процессе кучного выщелачивания золота (на примере рудника «Веселый») // Труды Шестого Международного симпозиума им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – С. 442-443.
2. Кивацкая А.В. Особенности состава сточных вод при кучном выщелачивании золота (на примере Горного Алтая) // Труды Седьмого Международного симпозиума им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 633-635.
3. Робертус Ю.В. Результаты работ по экологическому мониторингу окружающей среды в районе установки кучного выщелачивания золота ОАО «Рудник «Веселый» в 2004 г. – Горно-Алтайск: АРИ «Экология», 2005.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОБЪЕКТОВ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Ю.В. Робертус[1], А.С. Сакладов[2], Р.В. Любимов[1]
[1]Алтайский региональный институт экологии и рационального природопользования, с. Майма
[2]Территориальный фонд информации МПР России по Республике Алтай, г. Горно-Алтайск

Более 85 % производственных отходов на территории Республики Алтай приходится на отходы горнодобывающих и горно-металлургических предприятий (вскрышные и околорудные породы, хвосты обогащения руд и металлургические шлаки), из которых 1,5 млн. т составляют хвосты золотоизвлекательной фабрики ОАО «Рудник «Веселый» и 1,8 млн. т металлургические шлаки Акташского рудоуправления (в настоящее время – ООО «АГМП»).

Из общего числа ежегодно образующихся отходов горнодобывающих предприятий РА (около 800 тыс. т) лишь небольшая часть вскрышных пород используется для строительства и ремонта дамб и технологических дорог. Остальные отходы размещаются на производственных площадках предприятий в пределах их горных отводов. В частности, отходы обогащения руд на ОАО «Рудник «Веселый» и ООО «Калгутинское» (120 тыс. тонн в год), представляющие собой обводненные песчанистые рыхлые отложения и являющиеся ценным комплексным вторичным сырьем, складируются в хвостохранилища. Породы карьерной вскрыши и околорудные породы из подземных эксплуатационных выработок, складируются, главным образом, в отвалы, а огарки ООО «АГМП» – в терриконы.

Согласно имеющихся данных, все вышеотмеченные виды отходов основных горнодобывающих и горно-металлургических предприятий содержат повышенные и нередко аномально высокие концентрации рудогенных тяжелых металлов и их элементов-спутников. Какой либо оценки степени экологической опасности этой группы отходов в республике до настоящего времени не проводилось.

В целях обеспечения экологической безопасности территории и населения РА республиканской целевой программой «Отходы (2004-2010 годы)» предусмотрен ряд мероприятий в области обращения с отходами (в т. ч. с опасными) – разработка и доведение до отходообразующих предприятий нормативов образования и лимитов размещения отходов, проведение экологического аудита этих предприятий, организация и ведение мониторинга окружающей среды на участках их размещения и др. [4].

В рамках реализации последнего мероприятия Алтайским региональным институтом экологии в период 2004-2005 гг. получены новые данные, позволившие провести предварительную оценку опасности основных видов отходов горнодобывающих и горно-металлургических предприятий РА, а также определить категорию экологической опасности объектов их размещения [5]. Для этого были использованы следующие нормативно-методические документы МПР России: «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды (в дальнейшем – Критерии); «Порядок определения категории экологической опасности объектов размещения отходов» (в дальнейшем – Порядок).

В соответствии с Критериями [2] отнесение отходов к классу опасности для ОПС может осуществляться расчетными или экспериментальными методами. В первом случае отнесение проводится на основании показателя К, характеризующего степень опасности отхода для ОПС, рассчитанного по сумме показателей опасности составляющих отход компонентов (Ki), определенных количественным химическим анализом (табл. 1).

1. Критерии отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды

Класс опасности	Расчетный метод	Экспериментальный метод
	Степень опасности отхода для ОПС (**К**)	Кратность безвредного разбавления
I – очень опасные	$10^5 > \mathbf{K} > 10^4$	> 10000
II – высокоопасные	$10^4 > \mathbf{K} > 10^3$	от 10000 до 1001
III – умеренно опасные	$10^3 > \mathbf{K} > 10^2$	от 1000 до 101
IV – малоопасные	$10^2 > \mathbf{K} > 10$	< 100
V – не опасные	$\mathbf{K} < 10$	1

Экспериментальное определение класса опасности отходов для ОПС производится с помощью метода биотестирования водной вытяжки на не менее двух тест-объектах из разных систематических групп [2]. Класс опасности отходов устанавливается по безвредной кратности разведения водной вытяжки на более чувствительном к анализируемому отходу тест-объекте в соответствии с таблицей 1.

Показатель степени опасности компонента отхода (Ki) рассчитывается как соотношение его концентраций в отходе (Ci) с коэффициентом его степени опасности для ОПС – Wi, т. е. Ki = Ci / Wi, а показатель опасности всего отхода рассчитывают по формуле $\mathbf{K} = K_1 + K_2 + \ldots\ldots + Kn$, где K_1, K_2, Kn – показатели степени опасности отдельных компонентов отхода. Следует отметить, что отсутствующие в [2] значения Wi для ряда элементов (Mo, W, Bi, Sb и др.) были определены путем экспертной оценки.

Порядком [3] установлено три категории экологической опасности объектов размещения отходов (ОРО) по степени их воздействия на окружающую среду: I – опасные, II – умеренно опасные, III – практически не опасные. Категория экологической опасности ОРО устанавливается по интегральному показателю потенциальной экологической опасности, характеризующему условия размещения и эксплуатации объекта. Он включает в себя следующие пять групп показателей, оцениваемых в баллах: организационные, «географические», естественную защищенность, инженерно-техническое обустройство, уровень ведения экологического контроля.

Отметим, что согласно Порядку основные виды отходов горнодобывающих предприятий РА относятся к 1-ой и 2-ой группам – хвостохранилища и отвалы (терриконы) соответственно.

Всего было отобрано 7 групповых проб – 3 пробы на ОАО «Рудник «Веселый» и по 2 пробы на ООО «Калгутинское» и ООО «АГМП». Отбор рядовых проб общим числом 25-35 штук и весом 20-30 г проводился по поперечным и крестообразным профилям горстевым и штуфным способом с поверхности отвалов и с глубины до 20 см для хвостов. Все пробы были направлены в аккредитованные лаборатории: на атомно-абсорбционный анализ в Аналитический центр ОИГГиМ СО РАН (г. Новосибирск) и на биотестирование в Филиал ФГУ «ЦЛАТИ по СФО» – ЦЛАТИ по Томской области (г. Томск).

В пробах отходов ОАО «Рудник «Веселый» были установлены следующие концентрации химических элемен-

2. Расчетные показатели опасности отходов ОАО «Рудник «Веселый» для окружающей среды

Параметры	Hg	As	Cd	Pb	Sb	Mo	Cr	Cu	Co	Bi	Zn	Ni
Хвосты обогащения руд (**К = 3.53**)												
Ci, мг/кг	0.98	24	0.14	7	12	14	60	530	15	5	65	19
Ki	0.10	0.44	0.01	0.21	0.16	0.07	0.60	1.48	0.11	0.07	0.14	0.15
Вскрышные породы карьера Фаифановский (**К = 2.99**)												
Ci, мг/кг	11	12	< 0.03	6.8	11	8.2	50	115	20	1.3	57	20
Ki	1.10	0.22	< 0.01	0.21	0.15	0.04	0.50	0.32	0.15	0.02	0.12	0.16
Вскрышные породы карьера Западный (**К = 2.81**)												
Ci, мг/кг	2.2	25	0.03	7.4	9.4	6	70	124	27	0.9	114	32
Ki	0.22	0.45	< 0.01	0.22	0.13	0.03	0.70	0.35	0.20	0.01	0.25	0.25

тов 1 и 2 классов опасности, присутствующих согласно имеющимся данным в исходных рудах и в продуктах их переработки – Hg, As, Cd, Pb, Sb, Mo, Cr, Cu, Co, Bi, Zn, Ni. В соответствии с Критериями, были рассчитаны показатели опасности для каждого из этих элементов и в целом показатель опасности для ОПС (**К**) основных видов отходов рудника (табл. 2).

Полученные расчетные значения показателя степени опасности изученных типов отходов (**К** = 2.81-3.53) позволяют отнести их согласно Критериям к пятому (практически неопасному) классу опасности для ОПС (табл. 1).

Биотестирование отходов ОАО «Рудник «Веселый» было проведено на двух тест-объектах из разных систематических групп – низших ракообразных (Daphnia magna) и зеленых протококковых водорослях (Scenedesmus quadricauda). Полученные проведенными экспериментами данные указывают на отсутствие токсичности изученных отходов. Так, гибель дафний в их неразбавленной водной вытяжке варьировала в пределах 1-9 % при допустимой величине 10 % от общего количества тест-организмов. Для водорослей этот показатель составил 7-15 % при допустимой величине 20 % от общего числа их клеток. Таким образом, результаты расчетного и экспериментального методов позволили авторам отнести изученные виды отходов рудника «Веселый» к пятому классу практически неопасных отходов.

В отличие от вышеохарактеризованных отходов, класс опасности отходов Калгутинского рудника и Акташского ГМП определен в первом приближении из-за отсутствия количественного анализа их состава и непроведения биотестирования отходов. Тем не менее, полученные данные полуколичественного спектрального анализа позволяют предварительно оценить степень опасности отходов расчетным методом. Результаты обсчета этих данных для основных видов отходов ООО «Калгутинское» и ООО «АГМП» приведены в таблицах 3 и 4.

3. Предварительные расчетные показатели опасности отходов ООО «Калгутинское» для ОПС

Параметры	Hg	Be	Li	Pb	Sb	Mo	Mn	Cu	W	Bi	Zn	Sn
Хвосты обогащения руд (**К = 99.53**)												
Ci, мг/кг	<4	233	93	93	67	5333	700	4667	1267	2333	110	8.7
Ki	<0.40	19.62	0.78	2.81	0.89	27.35	1.30	13.00	2.37	31.11	0.24	0.06
Околорудные породы штольни 18 (**К = 31.20**)												
Ci, мг/кг	<4	10	300	50	40	3000	1000	2000	600	100	150	10
Ki	<0.40	0.83	2.50	1.51	0.53	15.38	1.86	5.57	1.12	1.33	0.32	0.07

4. Предварительные расчетные показатели опасности отходов ООО «АГМП» для ОПС

Параметры	Hg	As	Cd	Pb	Sb	Mo	Cr	Cu	Li	Sn	Zn	Ni
Околорудные породы штольни 24 (**К = 13.23**)												
Ci, мг/кг	< 40	300	< 30	6	200	5	150	40	50	4	80	150
Ki	< 4	5.45	< 1	0.18	2.67	0.03	1.50	0.11	0.42	0.03	0.17	1.16
Металлургические шлаки (**К = 24.18**)												
Ci, мг/кг	161	210	< 20	47	73	< 1	15	47	53	2.8	37	63
Ki	16.10	3.82	< 1	1.42	0.97	< 0.01	0.15	0.13	0.44	0.02	0.08	0.49
Металлургические шлаки [1] (**К = 96.50**)												
Ci, мг/кг	855	293	3.1	54	128	н.о.	72	49	55	10	53	92
Ki	85.50	5.33	0.12	1.63	1.71	–	0.72	0.14	0.46	0.07	0.11	0.71

Полученные расчетные значения показателя степени опасности для ОПС изученных типов отходов ООО «АГМП» и бывшего Акташского рудоуправления (**К** = 13.23-96.50) позволяют предварительно отнести их согласно Критериям к четвертому (малоопасному) классу опасности (10 < **К** < 100). Не исключено, что при дальнейшем изучении часть металлургических шлаков (огарков) предприятия будет отвечать третьему (умеренно опасному) классу отходов.

Более высокие расчетные значения показателя степени опасности присущи для изученных отходов Калгутинского рудника (**К** = 31.20-99.53), согласно которых они относятся к четвертому классу опасности для ОПС (10 < **К** < 100). Также не исключено отнесение части хвостов предприятия к третьему умеренно опасному классу отходов.

Характерно, что на всех предприятиях отвальные (вскрышные, околорудные, безрудные) породы обладают пониженными значениями расчетного показателя степени опасности (в 1.3-2.7 раза) по сравнению с отходами обогащения и передела исходных руд. Основной вклад в токсичность изученных отходов вносят рудогенные элементы. Так, в хвостах рудника «Веселый» вклад меди составляет более 40 %. В показателе опасности огарков АГМП доля ртути составляет 67 %, мышьяка – 16 %, а для хвостов Калгутинского рудника вклад молибдена – 39 %, висмута – 24 %, бериллия – 15 %, меди – 10 % (табл. 4). Результаты предварительной оценки интегральных показателей и в целом категории экологической опасности охарактеризованных объектов размещения отходов приведены в таблице 5.

Полученные данные свидетельствуют об отнесении хранилищ отходов обогащения руд на Калгутинском руднике и на руднике «Веселый к II категории – умеренно опасных в экологическом отношении объектов размещения

5. Ïîêàçàòåëè ýêîëîãè÷åñêîé îïàñíîñòè îáúåêòîâ ðàçìåùåíèÿ îòõîäîâ ãîðíîäîáûâàþùèõ ïðåäïðèÿòèé

Группы показателей	ОАО "Рудник "Веселый"	ООО "Калгутинское"	ООО "АГМП"
	Хвостохранилище	Хвостохранилище	Терриконы
Организационные	30	30	0
Географические	50	75	55
Естественная защищенность	40	25	10
Технические	30	10	5
Показатели экоконтроля	35	40	40
Всего баллов	185	180	110
Категория экологической опасности	Умеренно опасный	Умеренно опасный	Опасный

отходов, а металлургических шлаков Акташского ГМП к I категории опасных объектов. Основным интегральным показателем, снижающим экологическую безопасность всех ОРО на территории республики, является низкая степень их инженерно-технического обустройства.

Литература

1. Кац В.Е. Эколого-геохимическое состояние компонентов окружающей среды в районе Акташского горно-металлургического предприятия и поселка Акташ // Бюлл. «Природные ресурсы Горного Алтая» – 2004. – № 2. – С. 69-75.
2. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды. – М.: МПР России, 2001.
3. Порядок определения категории экологической опасности объектов размещения отходов. – М.: МПР России, 2001.
4. Республиканская целевая программа «Отходы (2004-2010 годы)». – Горно-Алтайск, 2003.
5. Робертус и др. Результаты работ по экологическому обследованию объектов размещения отходов, созданию и ведению мониторинга окружающей среды на участках размещения токсичных отходов в Республике Алтай. – Горно-Алтайск: АРИ «Экология», 2005.