

О ПРИРОДЕ БИОТОКСИЧНОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД И СТОКОВ УСТАНОВКИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ОАО «РУДНИК «ВЕСЕЛЫЙ»

А.В. Кивацкая

Алтайский региональный институт экологии и рационального природопользования, с. Майма

В процессе мониторинга окружающей среды в районе установки кучного выщелачивания (УКВ) золота ОАО «Рудник «Веселый» (2001-2005 гг.) неоднократно фиксировалось эпизодическое загрязнение природных вод специфической ассоциацией загрязняющих веществ, содержащихся в перерабатываемых рудах, рабочих растворах и продуктах их обезвреживания – цианиды, тиоцианаты, кальций, натрий, хлориды, азотистые соединения, тяжелые металлы – медь, цинк, железо, ртуть и др. [4].

Основным источником этих экотоксикантов являлись сточные воды установки, размещаемые в прудке-шламоотстойнике, не имеющим гидроизоляционного экрана. Подробная характеристика химического состава стоков установки приведена в [3], а загрязнения природных вод – в фондовых отчетах АРИ «Экология» за 2001-2005 гг.

Согласно действующих методических требований, мониторинговые наблюдения сопровождались биотестированием природных и сточных вод, являющимся относительно простым и дешевым методом интегральной оценки их качества. Метод не указывает причины токсичности, но дает возможность прогнозировать воздействие тестируемых объектов на гидробионты на пути их водной миграции.

В качестве тест-объекта для оценки биотоксичности природных вод и стоков УКВ был использован рачок из класса низших ракообразных – *Daphnia magna* Straus. Следует отметить, что биотестирование воды с помощью дафний в России включено в обязательный перечень показателей ГОСТа для рыбохозяйственных водоемов.

Методика основана на определении смертности дафний за определенный период экспозиции при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих экотоксикантов. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 96 часов в исследуемой воде при условии, что в контрольном эксперименте гибель не превышает 10 % [1].

Всего в период 2002-2005 гг. в Томской СИАК была определена биотоксичность 29 проб природных вод и стоков УКВ, в том числе 12 проб поверхностных вод, 6 – подземных вод, 11 – сточных вод. Полученные результаты сведены в таблице 1.

Данные таблицы 1 говорят о значительной вариабельности основного показателя биотоксичности изученных типов вод – коэффициента безвредного разбавления (K_p) – от нетоксичных и малотоксичных до гипертоксичных вод. В частности, его значения для сточных вод варьировали в пределах 4-16130, что соответствует IV-I классам токсичности. Токсичность поверхностных вод руч. Сред. Тушкенек, загрязненных стоками установки, была значительно ниже – $K_p = 1-172$ (0-III класс), а все пробы подземных вод не вызывали токсического воздействия. Характер-

1. Показатели биотоксичности природных вод и стоков УКВ в 2002-2005 гг.

Типы вод	Объекты изучения	2002 г.		2003 г.		2004 г.		2005 г.	
		Кр	Кт	Кр	Кт	Кр	Кт	Кр	Кт
Поверхностные	руч. Ср. Тушкенек	1-14.4	0-IV	2-172	IV-III	1-59.6	0-IV	1	0
	р. Ынырга	2.0	IV	1	0	1	0	нет данных	
Подземные	Скважины 1-11	1	0	1	0	1	0	нет данных	
Сточные	Емкости стоков	133-6950	III-II	35-2120	IV-II	17-385	IV-III	4	IV
	Стоки из емкостей	16130	I	68-5130	IV-II	46-420	IV-III	7	IV

Примечание. Кр – безвредная кратность разбавления, Кт – класс токсичности вод

но, что после завершения процесса кучного выщелачивания золота биотоксичность стоков УКВ и загрязняемых ими поверхностных вод постепенно уменьшалась и в 2005 г. была, в основном, на фоновом уровне.

Для выяснения вклада вышеотмеченных специфических загрязнителей технологии кучного выщелачивания в интегральный показатель, каковым является биотоксичность вод, автором был проведен анализ связи их концентраций с величиной коэффициента безвредного разбавления (Кр). Результаты анализа, показанные на рисунке 1, свидетельствуют о статистически значимой ($r = 0.62-0.91$) прямой связи величины Кр изученных типов вод с содержанием (в единицах ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов) основных загрязнителей УКВ – цианидов, щелочей, азотистых соединений, хлоридов, тяжелых металлов и пр. Возможно, что на токсичность стоков КВ влияет присутствие и других загрязнителей, однако данных по ним в настоящее время недостаточно.

2. Вклад загрязнителей в показатель условной биотоксичности природных вод и стоков УКВ

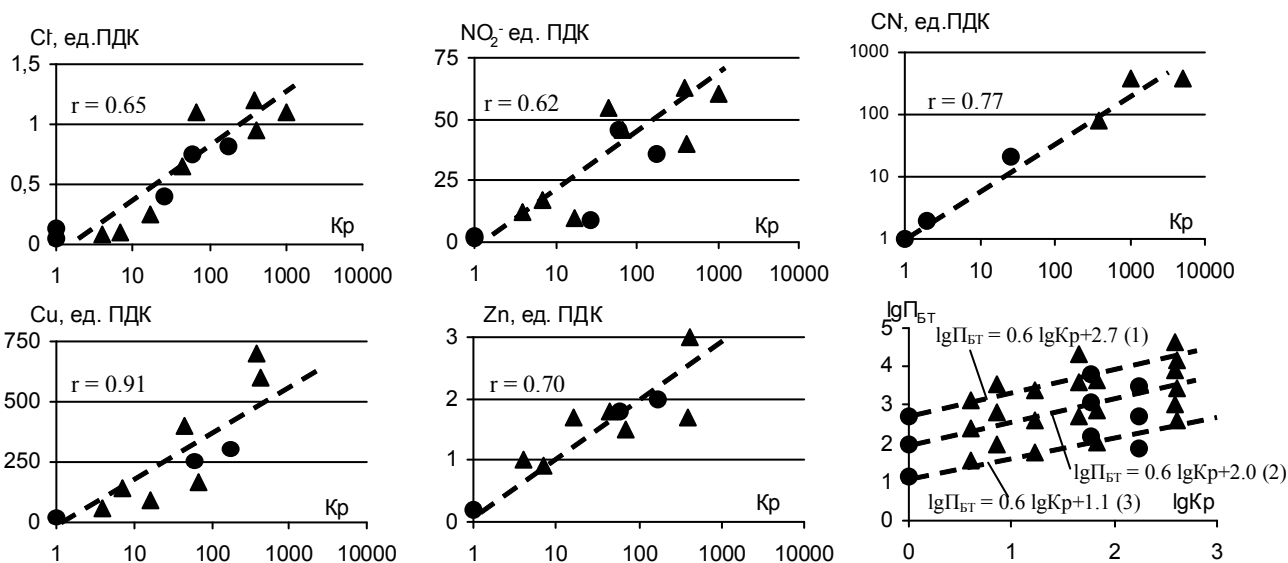
Значения Кр	Расчетная формула показателя условной биотоксичности ($\Pi_{БТ}$)*	Вклад загрязнителей в $\Pi_{БТ}$, %			
		Cu	CN ⁻	NO ₂ ⁻	Прочие
10	$\Pi_{БТ} = 30 Cu + CN^- + 3 NO_2^-$ (1)	87.0	2.9	8.7	1.4
100	$\Pi_{БТ} = 11 Cu + CN^- + NO_2^-$ (2)	83.9	7.6	7.6	0.9
1000	$\Pi_{БТ} = 10 Cu + 5 CN^- + NO_2^-$ (3)	62.0	31.0	6.2	0.8

Примечание. * – концентрации веществ в единицах ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного назначения

Анализ вклада основных экотоксикантов в экспериментально определенную безвредную кратность разбавления изученных вод позволил установить ведущую роль меди, цианидов и нитритов в этом параметре. С учетом этого, автором предложен показатель условной биотоксичности ($\Pi_{БТ}$), определяемый в зависимости от степени токсичности вод по формулам 1-3 (табл. 2). Рассчитанный вклад меди в этот показатель составляет 62-87 %, цианид-иона – 2.9-31 %, нитрит-иона – 6.2-8.7 %, прочих загрязнителей – 0.8-1.4 %.

Таким образом, основным «вкладчиком» в показатель условной биотоксичности природных вод и стоков УКВ является медь – главный элемент перерабатываемых бедных золото-медных руд участка «Черемуховая Сопка»

Связь между биотоксичностью и содержанием основных загрязнителей УКВ



● поверхностные воды ▲ сточные воды

меди и нитрит-иона и заметно, более чем в 10 раз, увеличивается роль цианид-иона. Тем не менее, даже в гипертоксичных стоках установки сохраняется ведущая роль меди, как главного экотоксиканта УКВ.

Зависимость между логарифмами предложенного показателя условной биотоксичности ($\lg\Pi_{\text{БТ}}$) и коэффициента безвредного разбавления ($\lg K_p$) аппроксимируется линейной функцией вида $\lg\Pi_{\text{БТ}} = k \lg K_p + C$, рассчитываемой по формулам 1-3 (табл. 2). Она позволяет по известным концентрациям приоритетных экотоксикантов определять эмпирическим путем приблизительное значение параметра K_p стоков УКВ и загрязненных ими природных вод (рис. 1), что нашло применение при отборе проб на определение биотоксичности лабораторным путем.

При анализе связи между коэффициентом безвредного разбавления природных и сточных вод УКВ и значениями их общей минерализации и pH установлена весьма тесная их зависимость ($r = 0.77-0.78$), описываемая линейными функциями следующего вида – $M (\text{г/дм}^3) = 0.25 \lg K_p + 0.1$; $\text{pH} (\text{ед.}) = 1.3 \lg K_p + 6.2$ (рис. 2).

Эта генерализованная зависимость позволила широко применять в процессе мониторинговых наблюдений экспресс-методы приближенного определения загрязненности и биотоксичности природных вод с использованием



Рис. 2. Связь минерализации и pH с биотоксичностью природных вод и стоков УКВ

ем портативных pH-метра PAL и кондуктометра DIST WP1 [2].

Вышеизложенное позволяет сделать следующие предварительные выводы: 1) основными загрязнителями природных и сточных вод УКВ, обуславливающими повышенную биотоксичность – интегральный показатель их экологического состояния, является медь, цианид- и нитрит-ионы. По их концентрациям можно ориентировочно определить биотоксичность вод; 2) методы экспресс-определения общей минерализации и pH природных и сточных вод установки также позволяют ориентировочно оценить уровень их биотоксичности.

Литература

1. Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и измерению плодовитости дафний. – ФР 1.39.2001.00283. – М.: «Акварос», 2001. – 50 с.
2. Кивацкая А.В., Робертус Ю. В., Любимов Р.В. Экспресс-определение загрязненности природных вод стоками установки кучного выщелачивания золота // Сопряженные задачи механики, информатики и экологии. Тезисы докладов конференции. – Томск: изд-во ТГУ, 2004. – С. 121.
3. 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.
4. Робертус Ю.В., Кивацкая А.В., Рихванов Л.П., Язиков Е. Г. Некоторые аспекты воздействия кучного выщелачивания золота на окружающую среду (на примере северо-восточного Алтая) // Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов. Том 2. Золото. – М.: Изд. дом «Руды и металлы», 2005. – С. 103-110.