

УДК 550.424.6

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

© 2014 В.И. Радомская, С.М. Радомский

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Поступила в редакцию 07.05.2014

Проведена оценка состояния поверхностных и подземных вод за пределами и в зоне влияния Албынского рудника с целью выявления источников экологического риска.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, Албынское золоторудное месторождение, источники загрязнения*

Одной из наиболее мощных техногенных сфер является разработка месторождений полезных ископаемых, которые сопровождаются рассеиванием больших масс веществ с высоким содержанием элементов, поступающих в атмосферу, воду, почву, растительность [1]. Особенно активно процессы горнопромышленного техногенеза протекают в районах эксплуатации месторождений золота [2, 3]. Амурская область в настоящее время занимает третье место по добыче золота в России. Уровень влияния золотодобывающих комплексов определяется природными условиями, масштабностью месторождения и методами его разработки. Не менее важным фактором является способ обогащения полезного ископаемого, особенно в случае применения реагентных технологий [4, 5]. В настоящее время большинство современных золотоизвлекательных фабрик работают с использованием технологии прямого цианирования. Албынское золоторудное месторождение, которое в настоящий период отрабатывается открытым способом предприятием ООО «Албынский рудник», входящий в группу компаний ЗАО «УК Петропавловск», расположено в Амурской области на правом берегу р. Харга между ее правыми притоками, руч. Корейским и р. Эльгокан. Площадь рудного поля сложена метаморфизованными (фация зеленых сланцев) вулканогенно-осадочными и эффузивными породами основного и кислого состава палеозойского возраста, вмещающими верхнекарбоневые силы метабазитов повсеместно и прорванных позднемеловыми дайками различного состава. Завершают

разрез современные отложения различного генезиса.

Руды месторождения Албын относятся к золото-кварцевому убогосульфидному типу и подразделяются на две разновидности: первичные и окисленные. Основные запасы руды и золота связаны с развитием первичных руд. Минеральный состав рудных тел представлен кварцем, альбитом, слюдами (преимущественно мусковит и серицит), карбонатами. Из рудных минералов широко, но весьма неравномерно распространены сульфиды (арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, который, в основном, вторичный и формируется по пириту, пирротину и арсенопириту при незначительном привносе меди, галенит, сфалерит, леллингит, арсенолит), суммарная доля которых не превышает 1,9%. Золото в руде самородное. Оно ассоциировано, главным образом, с породообразующими минералами и сульфидами. Вторичные минералы представлены скородитом, мансфельдитом, гетитом, гидрогетитом, лепидокрокитом и гематитом, реже встречаются сульфосоли свинца, сурьмы, кобальта. Более подробно геологическая характеристика месторождения приведена в [6, 7]. Руды Албынского золоторудного месторождения относятся к легко цианируемым и успешно перерабатываются по классической технологии прямого сорбционного цианирования на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ). Технологическая схема переработки руды на фабрике включает крупное дробление, мокрое измельчение с классификацией, гидроциклонированием и сгущением, цианирование с сорбционным выщелачиванием, десорбцию золота с насыщенной смолы. Для извлечения благородных металлов из растворов используют электролиз. Ниже площадки ЗИФ в долине руч. Маристый размещено хвостохранилище, которое является технологической ёмкостью. Для технологического

Радомская Валентина Ивановна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: radomskaya@ascnet.ru

Радомский Сергей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рудогенеза. E-mail: rsm@ascnet.ru

водоснабжения ЗИФ используется обратная вода хвостохранилища с остаточным содержанием золота и цианида.

В гидрогеологическом отношении территория месторождения относится к Джагдинскому криогенному гидрогеологическому массиву Амуро-Охотской гидрогеологической кладчатой области. Для района месторождения Албын характерно сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Мерзлота имеет островной вялотекущий характер и приурочена к заболоченным участкам речных долин. Мощность многолетне-мерзлых пород изменяется от 0 м до 40 м и более. В пределах месторождения подземные воды представлены грунтовыми, трещинными и пластово-поровыми водами. Основными водотоками на территории Албынского рудника являются р. Харга (левый приток р. Селемджа) и впадающие в неё р. Эльгокан с притоком руч. Маристый, ручей Жедринский. Ручей Маристый заведен в трубу и проходит под хвостохранилищем.

Цель работы: оценка качества поверхностных и подземных вод под влиянием техногенной нагрузки при эксплуатации горнодобывающего предприятия на базе Албынского золоторудного месторождения.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись природные воды (подземные и поверхностные) на Албынском золоторудном месторождении. Для оценки качества подземных вод использовали сеть наблюдательных скважин (точки 1, 2), заложенных с учетом уклона гидравлической поверхности водоносного горизонта и источников воздействия предприятия. Были отобраны пробы с поверхностных водных объектов в точках: 3–4 – руч. Маристый, верхняя и средняя части, расположенные выше (т. 3) и ниже (т. 4) по течению от створа возможного техногенного влияния хвостохранилища; 5 – р. Харга, ниже впадения р. Эльгокан; 6 – пульпа, сбрасываемая в хвостохранилище. За фоновые содержания приняты концентрации элементов в водной пробе 7, отобранной из руч. Жедринский. Содержание микроэлементов в составе вод определялись атомно-эмиссионным и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой методами в АИЦ ИПТМ РАН (г. Москва). Были рассчитаны коэффициенты концентраций (K_c), как отношение фактического содержания определяемого элемента в исследуемом объекте к фоновому.

Результаты и их обсуждение. В данной работе оценка влияния предприятия золотодобычи на подземные и поверхностные природные воды района исследования осуществлялась по содержанию в них тяжелых металлов (ТМ). Как известно к группе ТМ и металлоидов относятся элементы с атомной массой выше 50, т.е. начиная

с ванадия. Заканчивается эта группа ураном с атомной массой 238. Всего группа ТМ и металлоидов включает 57 элементов. Министерство природных ресурсов и экологии РФ контролирует содержание далеко не всех ТМ [8]. В качестве потенциального источника загрязнения подземных и поверхностных вод на Албынском руднике рассматривалось хвостохранилище, так как в результате работы ЗИФ сбрасываемые в хвостохранилище обеззолоченные «хвосты» сорбционного выщелачивания содержат значительную долю химических загрязнителей (табл. 1, т.6). Водная часть пульпы, поступающая в хвостохранилище, наиболее обогащена следующими токсичными элементами, которые образуют ранжированный ряд (в мкг/л): Fe(88057) > As(7945) > Sb(351,87) > Co(152) > W(84,62) > Mo(36,8). При цианидном выщелачивании, кроме золота и серебра, в растворимые формы переходят и другие элементы, и состав пульпы зависит от состава руды, рудоподготовки и от других технологических процессов.

Оценка влияния хвостохранилища на подземные воды осуществлялась по наблюдательной скважине 1, расположенной по направлению потока подземных вод ниже дамбы на расстоянии 100 м в сторону р. Эльгокан, влияние карьера оценивалось по дренажной скважине 2. При миграции ТМ от хвостохранилища, характер состава подземных вод повторял бы источник загрязнения, однако изучение гидрохимических проб подземных вод показало, что содержание ТМ в скважинах, в основном, сопоставимо и соответствовало региональному фону. В воде скважин содержание большинства исследуемых элементов не превышало ПДК_{вр}, за исключением Ni, Zn, Sr и Mn. Повышенные содержания Mn в подземных водах территории Албынского золоторудного месторождения можно объяснить типично высоким содержанием данных элементов для подземных вод территории Амурской области.

Прямого сброса сточных вод предприятия в близко расположенные малые реки нет, однако при проведении исследования учитывалось, что загрязнение воды ручья Маристый может произойти в результате дренажа дамбы. Кроме того, на качество воды рек Харга, Эльгокан, ручья Маристый может влиять аэрогенный перенос загрязняющих веществ, связанный, прежде всего, с производством горных работ (буровзрывные работы, добыча и транспортировка руды, складирование пустой породы в отвалах).

Сопоставление результатов анализа проб воды из точек 3 и 4 показало, что в ручье Маристый ниже хвостохранилища повышаются концентрации таких элементов, как As в 37 раз; Sb в 20 раз; Au, Mo в 10 раз по сравнению с верхним

створом, что не связано с естественным привносом от месторождения, т.к. ручей Маристый заведен в трубу, а свидетельствует о техногенном

загрязнении гидролитосферы обусловленное дренированием дамбы.

Таблица 1. ТМ в подземных и поверхностных водах Албынского рудного поля, мкг/л

Элемент	ПДК _{вр} р	Точки отбора						
		1	2	3	4	5	6	7
V	1	0,079	0,063	0,68	0,87	0,11	<0,5	1
Mn	10	5,4	16,3	770	966	21,7	17,5	290
Fe	100	92,3	68,9	2225	2878	68,3	88057	620
Co	10	0,11	0,24	2,7	7,6	0,13	152	1,5
Ni	10	25,6	19,1	5,2	8,7	1	5,6	3,56
Cu	1	0,19	0,19	30,7	36,7	28,4	1,9	3,86
Zn	10	12,7	10,4	8,7	9	7,2	<2	5,63
As	50	21,5	22,3	2,3	86	1,3	7945	4,73
Se	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	8,9	<0,4
Sr	400	1134	1149	63	143	13,6	106	
Ba	740	20,2	39	9,1	23,3	16,2	18,7	27,51
Hg	отсут	<0,01	<0,01	0,22	0,12	0,061	<0,07	<0,01
Pb	6	<0,02	<0,02	1,6	3,2	0,26	0,54	1,66
Rb	100	1,52	1,49	0,89	1,68	0,68	6,23	0,72
Mo	1	0,94	0,78	0,30	3,74	0,35	36,8	0,19
Cd	5	<0,007	<0,007	0,026	0,037	0,012	<0,069	0,044
Sn	112	0,0068	0,0058	0,21	0,14	0,16	<0,057	0,013
Sb		11,14	11,77	0,16	3,27	0,11	351,87	0,10
Cs	1000	0,95	0,91	0,12	0,76	0,027	0,013	0,21
W	0,8	0,053	0,047	2,08	1,53	0,43	84,62	0,021
Au		0,0042	0,0033	0,012	0,11	0,070	5,3	0,05
Tl		0,0091	0,0058	0,0052	0,01	0,0038	<0,003	<0,01
Bi		<0,001	<0,001	0,085	0,015	0,0048	<0,008	0,018
U	15	2,88	2,85	0,26	0,90	0,078	21,48	0,26

Примечание: *ПДК_{вр} – предельно допустимые концентрации вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов

Следует отметить, что в гидрохимических пробах с верхней части ручья Маристый концентрация Mn составила 770 мкг/л, Fe – 2225, Cu – 30,7 мкг/л. В слабощелочных и нейтральных водах концентрации Mn, Fe выше, чем остальных тяжелых металлов, что объясняется их большей растворимостью. Содержание большинства элементов в данной точке превышают фоновые характеристики (табл. 1). На основании средних значений K_c составлен ранжированный ряд: $W_{99,04} > Sn_{16,5} > Cu_{7,95} > Bi_{4,72} > Fe_{3,59} > Mn_{2,66} > Co_{1,8} > Sb_{1,6} > Mo_{1,58} > Zn_{1,54} > Ni_{1,46}$. Ручей Маристый даже в верхнем течении не соответствует категории водных объектов рыбохозяйственного назначения по высоким концентрациям Mn, Fe, Cu, Hg, W. С уверенностью можно говорить, что загрязнение верхнего створа Маристого обусловлено пылевой миграцией компонентов руды при проведении взрывных работ.

Река Харга загрязняется техногенными водами через р. Эльгокан, в которую впадает ручей Маристый. Исследования состава воды р. Харга, которая находится вне зоны прямого влияния горнопромышленной техногенной системы, показало, что наблюдается превышение по

отношению к ПДК_{вр} рыбохозяйственных водных объектов по Cu, Mn и Hg. Содержание Mn в воде р. Харга превышало ПДК в 2 раза и составило 21,7 мкг/л, Cu – в 28 раз (28,4 мкг/л), содержание Hg 0,067 мкг/л при ПДК_{вр} – отсутствует. Следует отметить, что в производственной цепи на предприятии не используется ртуть, но на всех этих водотоках осуществлялась в прошлом добыча россыпного золота с использованием технологий ртутного амальгамирования на стадии доводки металла. В наследство от старателей в пределах рассматриваемой площади оставлены нарушенные и не рекультивированные земли в долинах водотоков Харга, Эльгокан, Жедринский, Маристый, Казанский, что и способствует повышенному содержанию ртути в воде.

Выводы: в основном влияние предприятия Албынский рудник на природные воды при работе его в штатном режиме ограничивается санитарно-защитной зоной. Однако в природном водотоке на расстоянии нескольких километров от источника загрязнения воды все еще сохраняют вредные для окружающей среды свойства, что требует усиления природоохранных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Радомский, С.М.* благородные металлы в ландшафтах Амуро-Зейской равнины Приамурья / *С.М. Радомский, В.И. Радомская, Н.В. Моисеенко, В.Г. Моисеенко* // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 5. С. 665-667.
2. *Радомская, В.И.* Биогеохимия благородных металлов в водотоках реки Амур / *В.И. Радомская, С.М. Радомский, Ю.Г. Пискунов, Н.Г. Куимова* // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2005. № 4. С. 317-322.
3. *Радомский, С.М.* Особенности геохимического поведения золота и серебра в поверхностных водах Верхнего Приамурья / *С.М. Радомский, В.И. Радомская* // Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 249-254.
4. *Степанов, В.А.* Экологические последствия складирования ртути содержащих отходов золотодобычи в пос. Соловьевск (Амурская область) / *В.А. Степанов, Д.В. Юсупов, В.И. Радомская* // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2003. №6. С.540-545.
5. *Доровских, В.А.* Микроэлементы в экосистемах Приамурья / *В.А. Доровских, Т.В. Заболотских, С.А. Мусина* и др. – Благовещенск: АГМА, 2006. 155 с.
6. *Мальшиев, А.А.* Роль тектонических дислокаций в формировании Албынского рудного поля / *А.А. Мальшиев, А.Б. Лазарев* // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С. 29-34.
7. *Власов, Н.Г.* Особенности локализации самородного золота в некоторых месторождениях Амурской области, влияющие на его извлечение / *Н.Г. Власов, Н.И. Орлова, Д.О. Ожогин, Н.И. Чистякова* // Минералого-технологическая оценка месторождений полезных ископаемых и проблемы раскрытия минералов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С. 90-97.
8. *Водяницкий, Ю.Н.* Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность // Почвоведение. 2013. № 7. С. 872-881.

ANALYSIS OF GOLD MINING ENTERPRISES INFLUENCE ON THE STATE OF WATER RESOURCES

© 2014 V.I. Radomskaya, S.M. Radomskiy

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

The assessment of condition the surface and underground water beyond limits and in zone of influence of Albynsky mine for the purpose of identification the sources of ecological risk is carried out.

Key words: *heavy metals, Albynsky gold field, pollution sources*

Valentina Radomskaya, Candidate of Chemistry, Leading Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory.

E-mail: radomskaya@ascnet.ru

Sergey Radomskiy, Candidate of Geology and Mineralogy, Leading Research Fellow at the Ore Genesis Laboratory.

E-mail: rsm@ascnet.ru