

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 502.55:622(571.6)

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕХНОГЕННАЯ СИСТЕМА ДАЛЬНЕГОРСКОГО РАЙОНА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСФЕРУ

© 2008 г. В. П. Зверева, Н. В. Зарубина

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

Поступила в редакцию 27.11.2006 г.

После исправления 3.08.2007 г.

Развитие полиметаллической и борной промышленности в течение столетия в Дальнегорском районе привело к формированию горнопромышленного техногенного комплекса с ярко выраженной спецификой негативного воздействия на экосферу. Потенциальная нагрузка сточных вод токсичными металлами в нем высока и зависит от состава рудного вещества, минерализации окорудного ореола, гипергенных и техногенных процессов, которые формируют поровые растворы, рудничные, шламовые и дренажные воды. В результате поверхностные и подземные воды загрязняются токсичными элементами Zn, Pb, As, V, Fe и др., содержание которых в техногенных водах в большинстве случаев выше фоновых характеристик. Воздействие горнопромышленной техногенной системы привело к тому, что уровень опасности по почвам и донным осадкам в рассматриваемом районе опасен и высокоопасен, а сложившаяся экологическая ситуация характеризуется как напряженная и кризисная, поэтому в ближайшее время в районе крайне важно провести мероприятия по рекультивации хвостохранилищ. Прежде чем рекультивировать хвостохранилища, хвосты необходимо переработать вторично, чтобы извлечь широкий спектр полезных компонентов, который они содержат в промышленных количествах. Иначе через 10–15 лет будет поздно, так как хвосты окислятся, а имеющиеся технологии не позволят перерабатывать окисленные руды.

В Дальнегорском районе горная промышленность развивается 100 лет. Добыча и переработка полиметаллических руд началась в 1907 г. Открытым и закрытым способом в районе отрабатывается 20 скарново-полиметаллических (Николаевское, Верхнее, Партизанское и др.) и жильных полиметаллических (Лидовское, Смирновское, Южное и др.) месторождений. В районе также работают горно-обогатительные фабрики. В 1930 г. введен в эксплуатацию свинцовый плавильный завод, который за столь длительный период времени ни разу не претерпел радикальной реконструкции. Руды месторождений – комплексные. Главные рудные минералы: сфалерит и галенит, а второстепенные – арсенопирит, халькопирит, пирротин и пирит. Помимо цинка и свинца производятся олово, серебро, висмут, кадмий и индий. На центральной обогатительной фабрике Дальнегорска ежегодно перерабатываются миллионы тонн руды.

Для обеспечения работы горно-обогатительных фабрик ПО “Дальполимметалл” были созданы 2 хвостохранилища: “старое” площадью 300 тыс. м² и объемом уложенных хвостов 7.2 млн. т, и “новое” – 525 тыс. м² с запланированным объемом 40 млн. т, в котором заполнено 25 млн. т. Естественно граница хвостохранилищ – сопочный склон. Минеральный состав хвостов

представлен рудными минералами – пирротин, пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и др. К числу нерудных минералов относятся кварц, кальцит, флюорит, хлорит и др. Химический состав хвостов (%): Zn – 0.27–0.29; Pb – 0.11–0.18; Cu – 0.01–0.03; Fe – 4.37–4.60; Ag – 5–6.

Вместе с пульпой в хвостохранилища попадают практически все применяемые на фабрике реагенты (цианистые соединения, ксантогенаты, обуславливающие неприятный запах поступающих в хвостохранилища вод; фенолы, убивающие органическую жизнь в водоемах; известь, кислоты, жидкое стекло, керосин, сосновое масло и другие вещества, повышающие щелочность воды и изменяющие ее свойства). Вода шламовых озер хвостохранилищ содержит (мг/л): взвешенные вещества – 4.13, нефтепродукты – 0.05, цианиты – 0.04, Fe – 0.33, Zn – 0.07, Pb – 0.06, Cu – 0.101, родониты – 2.119, ксантогенаты – 0.678, Ca – 81.29, Mg – 3.49, As – 0.12–0.15, S – 8.76–11.97.

Кроме того, в районе имеются месторождения бора. В Дальнегорске находится объединение ОАО “Бор”, которое занимается добычей и переработкой руды, обеспечивая 3/4 потребности страны в боропродуктах. Часть продукции идет на экспорт. В объединении имеются цеха борной кислоты, борного кальция, пербората натрия, плавленной боропродукции, рудник и две обога-

тельные фабрики [3]. Руды месторождений бора содержат датолит, кальцит, кварц, гранат, пироксен, волластонит и гизингерит.

Объем перерабатываемой руды на бор до 1 млн. 600 тыс. т в год. В двух хвостохранилищах ОАО «Бор» в Дальнегорском районе складировано более 30 млн. т отходов. При переработке руды на бор используются реагенты: нафтенат и силикат натрия, сода кальцинированная, едкий натр и др. Химический состав хвостов представлен (%): V_2O_5 – 0.4, CaO – 27.5, MgO – 0.2, Fe_2O_3 – 1.8, MnO – 0.25, SiO_2 – 27, SO_4 – 43.

В результате длительной и активной деятельности свинцово-цинковой и борной горнорудной промышленности на территории района остались целые системы горных выработок: каналы, расчистки, карьеры, штольни и отвалы некондиционных руд и пустых пород, а также хвостохранилища, что привело к созданию крупномасштабной (сотни квадратных километров) горнопромышленной техногенной системы. В техногенной системе гипергенные процессы усиливаются и переходят на техногенную стадию, так как дождевые воды, попадающие в шламоохранилища, превращаются из обычных в сульфатные после окисления первых порций сульфидного материала. Они будут сохранять свой сульфатный и кислотный характер до тех пор, пока в хвостохранилищах присутствуют сульфидные и сульфатные минералы. Разрушение сульфидов – процесс длительный, например, пирит может окисляться в течение 800 лет [2]. На поверхности и в толще хвостов полиметаллических руд появляются налеты и тонкие корочки техногенных минералов: англезита, церуссита, смитсонита, госларита, эпсомита и др. [6, 12].

При разработке рудников открытым и закрытым способами загрязняются атмосфера, почвенный и растительный покров, нарушается рельеф, изменяются условия формирования водного стока и т.д. Рудничные воды в больших объемах выходят за пределы горного отвода и загрязняют поверхностные, грунтовые, родниковые и питьевые воды. Наиболее губительное воздействие на окружающую среду оказывает высокая агрессивность техногенных (рудничных, дренажных и шламовых) вод из-за их насыщенности реагентами, поступающими вместе с пульпой, а также продуктами техногенного разложения хвостов. Велика опасность сброса сточных технических вод хвостохранилищ в близлежащие водоемы, что неоднократно имело место в рассматриваемом районе во время аварий на фабриках или прорыва дамб.

Загрязнение атмосферы происходит в результате рассеивания полиметаллической и борной пыли твердых отходов, хранящихся на открытых площадках хвостохранилищ, одно из которых

уже осушено, но хвосты не обезвреживаются и не вывозятся. Об опасности воздушного активного переноса вредных веществ свидетельствует проявление признаков угнетения растительности вокруг хвостохранилищ и в пределах Дальнегорска. Охранные требования в санитарно-защитной зоне предприятия радиусом 1 км никогда в районе не соблюдались, а в ее границах проживает 15% населения. В результате технологических нарушений качество воздуха в рабочей зоне и в границах санитарно-защитной зоны Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) радиусом в 1 км не соответствует предельно допустимым концентрациям (ПДК). Регистрируются случаи высоких и экстремально высоких выбросов, так как оснащенность свинцового производства газоочистными установками устарела и крайне низка. Большая часть технологических и вентиляционных газов не очищается от пыли и сажи [11].

Поступление отходов свинцового производства в окружающую среду происходит в форме газов (сернистый газ, возгоны свинца) и в твердой фазе (пылевые частицы руды, металлического свинца, мышьяковистого ангидрида, шлаков). Нарушение технологий приводит к изменению температуры, состава и объема выбросов. В отдельные годы выбросы Pb достигали 180 т, что превышает предельно допустимые выбросы (ПДВ) в 25 раз. Зона максимального загрязнения простирается от плавильного завода на расстояние 2 км, ее площадь составляет 5 км². Содержание Pb, Zn, As, Sb, Sn и других токсичных элементов в атмосферном воздухе, почве, дождевых и снеговых водах превышало фоновые концентрации в 10–100 раз и более [8].

Кроме того, происходит техногенное накопление ряда металлов – Pb, Zn, Cu, Cd, Fe и Mn – в листьях, коре, древесине и корнях деревьев, а также в грибах, ягодах и овощах [4–7].

Все предприятия создают в природных водотоках потоки рассеянных трансформированных природно-техногенных вод. Их наиболее общие свойства: сульфатный анионный состав; повышенные относительно природных уровней содержания всех катионов основного солевого состава; трансформация характерных для региона ультрапресных гидрокарбонатно-кальциевых вод в сульфатно-кальциевые (натриевые) с повышенной минерализацией; многократные (на 1–3 порядка) превышения концентрации рудных элементов над природно-фоновыми уровнями. С горнорудными предприятиями связано формирование кислотных сульфатных вод, несущих большие количества растворенных железа, алюминия и рудных элементов. К числу наиболее миграционноспособных, которые формируют протяженные потоки рассеяния, относятся марганец, кадмий и цинк [3].

Длительное функционирование объектов ОАО “Бор” приводит к тому, что состав вод ниже впадения стоков химического завода становится сульфатно-кальциевым. В составе стоков этого завода из микроэлементов преобладает бор (до 100 мг/л). В составе ионного стока реки ниже г. Дальнегорск доля техногенных составляет уже 67%. Особенно значителен техногенный фактор для стоков сульфатов кальция, калия, а также фтора, бора и тяжелых металлов [3].

По литературным данным [1, 4, 5], для техногеосистемы в 1992–2000 гг. содержание Pb в водах местного стока в 2.5 раза выше, чем в фоновых условиях, Al – в 3 раза, а остальных металлов (Cu, Cd, Zn, Fe, V, Ti) – в 1.5–1.8 раза. Увеличение концентрации тяжелых металлов в водах местного стока зоны техногенеза указывает на выраженное техногенное воздействие. Трансформация химического состава вод проявляется в изменении их кислотных характеристик, основного солевого состава и, главное, в многократном возрастании металлической нагрузки водотоков, в первую очередь, рудными элементами – тяжелыми (Pb, Zn, Cd, Cu, Hg и др.), петрогенными (Al, Mn) металлами и металлоидами (As, Sb). Токсичность этих элементов для гидробионтов всех трофических уровней в настоящее время общепризнана. Поступление техногенных стоков горнопромышленных систем ведет к разрушению водных экосистем и изменению качества природных вод в худшую сторону со всеми соответствующими последствиями [1].

Авторами были отобраны и проанализированы гидрохимические пробы рудничных вод, шламовых озер старого и нового хвостохранилищ Центральной обогатительной фабрики ОАО ГМК “Дальполиметалл”, ОАО “Бор” и речные воды (таблица). Пробы 2001 и 2003 г. проанализированы методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе марки Plasmaquant-110. В них определены следующие элементы: Cu, Pb, Zn, Sn, Co, Ni, Cr, Fe, Mn, Sr, Li, Ag, Al, B, Ba, Na, Ca и Mg (таблица). Содержание Sb, Se, Hg, Bi, Cd, Ag, Co, Cr, Ni, Pb и Cu в большинстве проб ниже предела определения. При детальном рассмотрении полученных результатов можно заметить, что воды из большинства исследуемых гидрохимических проб относятся к близнеутральным, рН которых изменяется от 6.0 до 6.5, а как известно из литературных источников [4], такие воды менее минерализованы, чем кислые. Содержание Zn в шламовых водах хвостохранилищ полиметаллических руд (табл., строки 1, 2, 7, 8) выше фоновых характеристик от 4 до 47 раз, Pb – 20–70, Cu – 10–160, Fe – 20–60, Mn и As – 30–100. В рудничных водах (табл., строки 5, 11) содержание элементов превышает фоновые характеристики для Zn в 8–68 раз, Pb – 300, Cu – 10, Fe – 10–90, Mn – 44, а As – 9. Содержание практически всех определяе-

мых элементов в гидрохимических пробах 2003 г. выше (они отобраны в более засушливое время), чем в 2001 г. Шламовые воды (табл., строки 3, 4, 8, 9) хвостохранилищ ОАО “Бор” содержат выше фоновых характеристик As в 10–100 раз, Fe – 5–10, Mn – 20–500, а концентрация B достигает 84.8 и 106 мг/л, что, несомненно, выше допустимой нормы. Сравнение литературных данных гидрохимических проб р. Рудной [1, 4, 5] в верховье и данных авторов из устья (табл., строка 6) показывает, что содержания элементов в последних возрастает от 10 до 100 раз, что говорит о загрязнении речных вод горно-рудным производством.

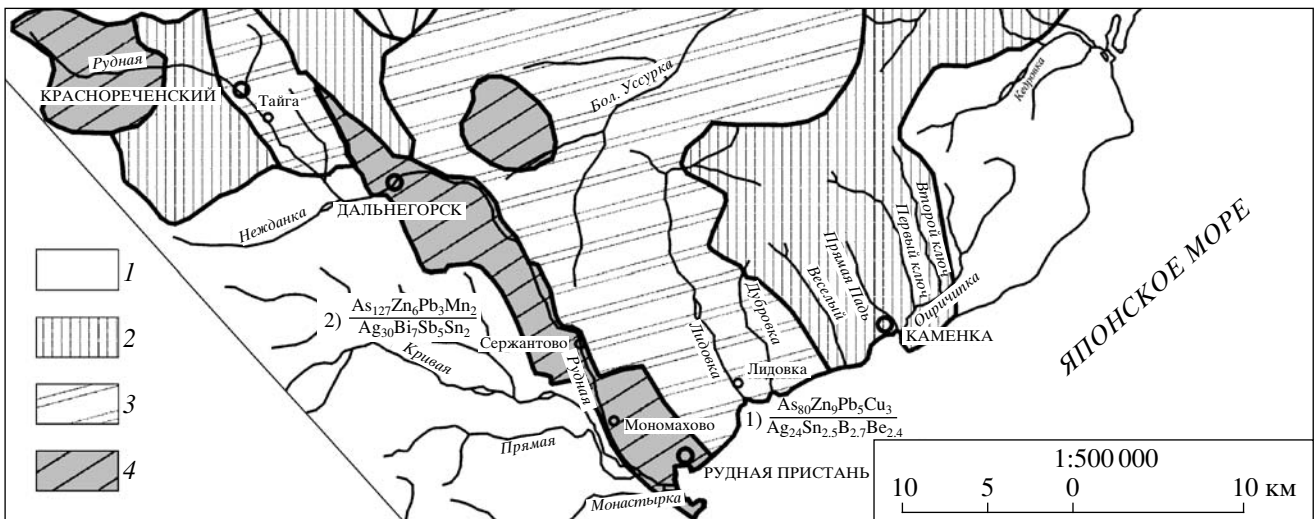
В июле и сентябре 2006 г. вновь отобраны гидрохимические пробы вод (таблица) шламовых озер: старого и нового хвостохранилищ ОАО “Бор”, нового Центральной обогатительной фабрики ОАО ГМК “Дальполиметалл”. Шламовые воды старого хвостохранилища взять не удалось, так как шламовое озеро за эти годы высохло. Кроме того, отобраны пробы шламовых вод хвостохранилища Краснореченской фабрики (КОФ), которая закрыта более 10 лет, а также дренажные, рудничные и речные. Эти пробы проанализированы методом элементного анализа на ИСП-МС – спектрометре “Agilent 7500 с” с квадрупольным масс-анализатором фирмы “Agilent Technologies” США и ИСП-АЭС – спектрометре Plasmaquant-110 фирмы Jena, Германия. В них определен тот же спектр элементов, что и в предыдущих пробах (2001 и 2003 гг.). Следует отметить, что рН последних проб (июль, сентябрь 2006 г.) немного ниже и изменяется от 4.0 до 5.8. Содержание Zn в июльских и сентябрьских шламовых водах хвостохранилища ЦОФ (новое) полиметаллических руд (табл. строки 13 и 21) выше фоновых характеристик в 9–6 раз, Fe – 125–90, Mn – 135–123, Al – 44–27, Pb – 50–30, As – 247–205. В июльской пробе шламовых вод (строки 14 и 22) хвостохранилища КОФ полиметаллических руд содержание Zn достигает 53.49 мг/л, что превышает фоновые почти в 6000 раз, Fe – 44 660, Al – 2500, Pb – 37 и As – 765, что составляет 1.531 мг/л. Величины значений определяемых элементов в сентябрьских пробах близки к соответствующим данным в июльских пробах. Содержание Mn в этих пробах высокое – больше 10 мг/л.

В пробах 2006 г. содержание большинства элементов выше, чем в 2003 г. Содержание бора в пробах 2006 г. (табл. строки 16, 17, 24) находится в пределах 60–80 мг/л и близко к его значениям, полученным в 2003 г. Дренажные воды так же, как и шламовые (строки 18, 23), содержат высокие концентрации бора. Рудничные воды (строки 12, 20) по сравнению с фоновыми более обогащены Zn в 76–140 раз, Fe – 125–290, Mn – 123–208, Al – 25–70, Pb – 370–830, As – 15–28. Воды р. Рудной по сравнению с фоновыми содержат больше

Химическая характеристика техногенных стоков на месторождениях Дальнегорского района

Характер и место отбора пробы	pH	Микроэлементы, мг/л										
		Zn	Ba	Fe	Mn	Al	Cu	Pb	B	As	Ca	Mg
Фоновые условия*	7.3	0.009		0.0105	0.0025	0.010	0.0017	0.0007	–	0.002	7.000	0.120
Пробы 2001 г.												
1. Шламовые воды нового хв-ща ЦОФ	6.0	0.036	0.029	0.276	0.279	0.158	<ПО	<ПО	<ПО	–	62.900	2.630
2. Шламовые воды старого хв-ща ЦОФ	6.0	0.003	<ПО	0.183	0.060	0.043	<ПО	<ПО	<ПО	–	65.100	4.440
3. Шламовые воды нового хв-ща “Бор”	6.0	0.003	0.004	0.055	0.040	0.046	<ПО	<ПО	45.20	<ПО	220.00	17.800
4. Шламовые воды старого хв-ща “Бор”	6.5	0.003	<ПО	0.183	0.080	0.043	<ПО	<ПО	52.00	<ПО	65.100	4.440
5. Рудничные воды рудн. Советский	6.0	0.216	0.004	0.593	0.044	0.138	<ПО	0.123	<ПО	–	25.500	2.560
6. Устье р. Рудной	6.0	0.078	0.011	0.155	0.030	0.066	<ПО	<ПО	1.830	–	28.700	2.750
Пробы 2003 г.												
7. Шламовые воды нового хв-ща ЦОФ	6.5	0.060	0.058	0.694	0.159	1.720	0.275	0.013	0.235	0.213	69.30	1.420
8. Шламовые воды старого хв-ща ЦОФ	6.0	0.424	0.022	0.171	0.050	0.331	0.017	0.017	0.321	0.064	376.00	38.900
9. Шламовые воды нового хв-ща “Бор”	6.0	0.004	0.009	0.152	1.950	0.191	0.006	0.050	106.0	0.019	503.00	26.100
10. Шламовые воды старого хв-ща “Бор”	6.5	<ПО	0.011	0.059	0.401	0.168	0.008	0.071	84.80	0.082	442.00	20.200
11. Рудничные воды рудн. Советский	6.5	0.614	0.014	0.918	0.111	0.412	0.015	0.200	1.440	0.018	39.60	4.320
Пробы 2006 г. (июль)												
12. Рудничные воды рудн. Советский	5.8	1.281	0.016	2.895	0.406	0.694	0.011	0.584	<ПО	0.056	67.82	4.787
13. Шламовые воды нового хв-ща ЦОФ	5.5	0.081	0.024	1.253	0.269	0.438	0.139	0.037	<ПО	0.494	55.31	0.986
14. Шламовые воды хв-ща КОФ	4.0	53.49	<ПО	446.60	>10	24.790	0.723	0.026	<ПО	1.531	166.50	72.040
15. Озерные воды, район хв-ща КОФ	5.8	9.061	0.002	26.17	8.154	4.640	0.015	0.053	<ПО	0.021	48.10	14.630
16. Шламовые воды нового хв-ща “Бор”	5.0	0.013	0.006	4.606	3.299	0.088	0.002	<ПО	80.76	0.037	319.80	24.270
17. Шламовые воды старого хв-ща “Бор”	5.5	0.006	0.003	2.945	0.265	0.006	0.003	<ПО	60.50	0.031	257.00	8.284
18. Дренажные воды нового хв-ща “Бор”	5.5	0.007	0.015	3.068	0.048	0.029	0.002	<ПО	61.99	0.024	259.30	7.995
19. 26 км, р. Рудная	5.8	0.135	0.037	0.795	0.078	0.035	0.002	0.004	7.31	0.040	57.02	4.975
Пробы 2006 г. (сентябрь)												
20. Рудничные воды рудн. Советский	6.0	0.687	0.021	1.252	0.256	0.251	0.003	0.262	0.02	0.029	39.36	2.957
21. Шламовые воды нового хв-ща ЦОФ	5.0	0.053	0.015	0.898	0.246	0.269	0.201	0.021	<ПО	0.410	38.14	0.882
22. Шламовые воды хв-ща КОФ	4.0	51.74	0.003	524.10	>10	19.900	0.507	0.009	<ПО	1.042	135.30	79.950
23. Дренажные воды нового хв-ща “Бор”	5.0	<ПО	0.014	2.943	0.050	0.012	0.002	<ПО	80.67	0.024	271.00	8.446
24. Шламовые воды старого хв-ща “Бор”	5.0	0.007	0.005	3.153	0.389	0.004	0.001	<ПО	78.89	0.045	297.50	8.448
25. 26 км, р. Рудная	6.0	0.198	0.018	0.643	0.064	0.020	<ПО	0.002	8.30	0.037	53.02	3.641

Примечание. Прочерк – элемент не определяется, принятые сокращения: хв-ща – хвостохранилище, рудн. – рудника; * – литературные данные [1], содержание элементов ниже их предела определения (ПО): В – 0.01; Рь – 0.015; Сu – 0.0015.



Геоэкологическая схема Дальнегогорского района (по данным А.И. Бурого, С.А. Шлыкова, 1997). 1–4 – уровень опасности (по почвам и донным осадкам): 1 – допустимый, 2 – умеренный, 3 – опасный, 4 – высокоопасный. Состав загрязнителей природно-геологической среды по компонентам: 1-я формула в почвах, 2-я в донных осадках. Цифровыми индексами при символах химических элементов указаны их средние концентрации: числитель – в единицах ПДК, ОДК; знаменатель – в геофонах региона.

Zn в 15–20 раз, Fe – 65–70, Mn – 30–40, Pb – 3–6, As – 20, а содержание В в них 7.3–8.3 мг/л.

Полученные результаты показывают, что содержание определяемых элементов в техногенных водах возрастает по сравнению с предыдущими годами [1, 4, 5], что связано с увеличением объема хвостов и активизацией в них гипергенных процессов.

Длительное развитие (с 1907 г.) свинцово-цинковой и борной промышленности в Дальнегорском районе привело к тому, что рассматриваемый район характеризуется опасным и высокоопасными уровнями по почвам и донным осадкам (рисунок), а экологическая ситуация считается напряженной и даже кризисной [3, 9, 10].

В заключение следует заметить, что в Дальнегорском районе сформировался горнопромышленный техногенный комплекс с ярко выраженной спецификой негативного воздействия на окружающую природную среду. В районе отмечаются высокие концентрации широкого спектра элементов – Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn, Pb, Cu, As и др. – в рудничных, шламовых и дренажных водах, что приводит к разрушению водных экосистем, изменению гидрохимического фона района и качества природных вод в худшую сторону. Загрязнение наносит также и экономический ущерб. Экологическая ситуация в районе считается напряженной и даже кризисной. Все это свидетельствует о необходимости проведения в самое ближайшее время ряда рекультивационных, природоохранных, оздоровительных и других мероприятий. Прежде чем рекультивировать хвостохранилища, хвосты необходимо переработать вторично, чтобы из-

влечь широкий спектр полезных компонентов, который они содержат в промышленных количествах, пока процессы гипергенеза не зашли столь далеко и не окислили полностью тонкоизмельченные сульфидные руды. Иначе через 10–15 лет будет поздно, так как хвосты окислятся, а имеющиеся технологии не позволяют перерабатывать окисленные руды.

Работа выполнена при поддержке ДВО РАН, проект № 06-III-A-08-314.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова В.Н., Елпатьевский П.В. Возможность решения некоторых экологических вопросов при геологоразведочных работах // Тихоокеанская геология. 1992. № 3. С. 134–139.
2. Бортникова С.Б. Геохимия тяжелых металлов в техногенных системах (вопросы формирования, развития и взаимодействия с компонентами экосферы) // Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск: НИЦ ЩИГГМ СЦ РАН, 2001. 48 с.
3. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г. (экологическая программа). Часть 2. Владивосток: ДВО РАН, 1993. 301 с.
4. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 252 с.
5. Елпатьевский П.В. Металлоносность техногенных вод рудных месторождений Приморья // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 26–29.

6. *Зверева В.П.* Техногенная минерализация зоны гипергенеза оловорудных месторождений // Новые данные по магматизму и металлогении Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 1998. С. 145–153.
7. *Зверева В.П.* Экологические последствия гипергенеза и техногенеза на оловорудных месторождениях // Геология и горное дело в Приморье в прошлом, настоящем и будущем. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 29–31.
8. *Качур А.Н.* Некоторые особенности методов составления ландшафтно-геохимических карт на районы с интенсивным техногенезом // Сихотэ-Алинский биосферный район: принципы и методы экологического мониторинга. Владивосток: Дальнаука, 1981. С. 136–143.
9. *Кику П.Ф., Дегтярева Н.Е., Журавская Н.С.* Экологические факторы и состояние здоровья жителей промышленных центров Приморского края // Здоровье населения Приморского края. Гл. 3. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 126–137.
10. *Кику П.Ф., Журавская Н.С., Белик Л.А.* Состояние здоровья рабочих горно-химической промышленности // Здравоохранение РФ. 1996. № 2. С. 27–30.
11. *Косолапов А.Б., Лозовская С.А., Шахова Н.Е., Юдина Т.П.* Техногенные микроэлементозы. Владивосток: ДВГАЭУ, 2001. 108 с.
12. *Тарасенко И.А., Зиньков А.В.* Экологические последствия минералого-геохимических преобразований хвостов обогащения Sn–Ag–Pb–Zn руд. Владивосток: Дальнаука, 2001. 185 с.