

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ХОЛОДНИНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА АКВАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТЫ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Т.С. Кошовский¹, А.Ю. Санин², Т.А. Пузанова¹, О.В. Ткаченко¹

E-mail: tkzv@ya.ru

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Москва, Россия

² ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены особенности загрязнения аквальных ландшафтов (речных и озерных) в зоне воздействия Холоднинского полиметаллического месторождения, расположенного в водосборной зоне оз. Байкал (республика Бурятия, Северобайкальский район). Определены основные источники загрязнения, степень токсичности и масштаб влияния на дренирующие водотоки, а также особенности транспортировки загрязняющих веществ. Установлено существующее пространственное протяжение зоны экологической опасности для аквальных ландшафтов, связанной с современным геохимическим влиянием Холоднинского месторождения. В настоящее время она ограничена частью бассейна р. Холодная, которая протекает вблизи месторождения и принимает воды вытекающих из заброшенных штолен ручьев. В водах ручьев выявлены высокие концентрации загрязняющих веществ, для ряда тяжелых металлов в сотни и тысячи раз превышающие предельно допустимые концентрации. Ниже по течению, после впадения ручьев в р. Холодную, сформировалась зона загрязнения, в пределах которой концентрация цинка в водах реки превышает нормативные значения. Для р. Тья, дренирующей рудное тело, но не принимающей воды ручьев из штолен, значимые превышения нормативов по содержанию тяжелых металлов не обнаружены. Непосредственно в акватории оз. Байкал, в т. ч. в заливе Ангарский Сор, куда впадает р. Холодная, превышения фоновых значений также не выявлены. На основании анализов отобранных проб сделаны выводы об особенностях миграции химических элементов в системе «р. Холодная – оз. Байкал» при текущей интенсивности хозяйственной деятельности, а также в долгосрочной перспективе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оз. Байкал, геохимия ландшафтов, тяжелые металлы, загрязнение, р. Холодная, аквальные ландшафты.

© Кошовский Т.С., Санин А.Ю., Пузанова Т.А., Ткаченко О.В., 2019

Экологическую значимость Байкала, внесенного в декабре 1996 г. [1] в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО, сложно переоценить. Об этом свидетельствует и принятие закона «Об охране озера Байкал» в 1999 г., а также разработка Федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» [2]. Закон «Об охране озера Байкал» используется для осуществления правового регулирования хозяйственной деятельности в пределах оз. Байкал.

Статус Байкала и его значение для человечества и биосферы в целом требуют особенно тщательно отслеживать последствия антропогенного воздействия не только непосредственно в пределах акватории и береговой зоны озера, но и для его водосборного бассейна. Как для морей, так и для крупных внутренних водоемов природные и антропогенные процессы в пределах водосборного бассейна оказывают влияние на водоем через впадающие в него реки [3–7]. Порядка 83 % загрязняющих веществ поступает в Байкал именно с водами притоков. Для сравнения: в результате деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината их поступает примерно 0,5 % [8]. Огромная ценность озера является причиной длительных споров о маршруте трубопровода «Сила Сибири» и работе Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, о неорганизованном туризме на его берегах. Однако следует учитывать и меньшие по масштабу антропогенные воздействия, которые также могут существенным образом влиять на экологическое состояние Байкала. Пример такого воздействия – добыча руд цветных металлов в пределах водосборного бассейна озера на территории Монголии и России. Влияние хозяйственной деятельности рассмотрено на примере Холоднинского месторождения, которое заслуживает особого внимания из-за его масштабов и сравнительной близости к акватории Байкала.

Цель проведенного исследования – оценка влияния Холоднинского свинцово-цинкового месторождения на качество вод притоков оз. Байкал. Статья является итогом и дополнением к работам по данному региону [8–10], авторы опираются на собственные полевые данные и результаты их анализа, а также литературные источники. Экспедиционные исследования проводились в течение трех полевых сезонов – в 2009, 2010 и 2012 гг. Основные задачи исследования – определение элементного состава миграционных потоков, исходящих из месторождения металлических руд, сравнение их с фоновыми и нормативными значениями, выявление протяженности зоны влияния месторождения на качества вод Байкала и его притоков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Холоднинское месторождение колчеданно-полиметаллических руд, открытое в 1968 г., располагается в Северном Прибайкалье, на территории Республики Бурятия, в бассейне оз. Байкал (рис. 1). Детальная разведка с заложением двух штолен проводилась с 1969 по 1984 гг. Месторождение является крупнейшим по запасам свинца и цинка в России: на его долю приходится 34,1 % запасов цинка и 11,2 % свинца [8]. В настоящее время месторождение не разрабатывается, но из разведочных штолен продолжают сочиться воды, обогащенные тяжелыми металлами. Штольневые воды попадают в р. Холодную, впадающую в залив Ангарский Сор оз. Байкал.



Месторождение и геологический пос. Перевал расположены на юго-западном макросклоне хребта Сынныр Станового нагорья, в междуречье рек Тья и Холодная, на высоте около 1200 м. Ландшафты среднегорий представлены мерзлотной лиственничной тайгой. Типичные почвы – горные мерзлотно-таежные подбуры. В горных котловинах, где расположена основная часть рудного тела и пос. Перевал, формируются горно-тундровые вересковые ассоциации на тундровых высокогорных почвах.

В геологическом отношении рудные тела месторождения находятся во вмещающих рифейских вулканогенно-осадочных толщах терригенно-кремнисто-карбонатно-углеродистого состава. Местами они выходят на

поверхность, местами погружаются на глубину до 900 м [8, 9, 11]. Основные минералы – пирит, сфалерит, галенит, а также пирротин и халькопирит. Из нерудных минералов доминирует кварц, кальцит, доломит, графит, мусковит. Содержание элементов в руде достаточно высокое: цинка 3,5–6,5 %, свинца 0,4–1,2 %, из элементов-примесей выделяются серебро, золото, медь, кадмий, мышьяк, сурьма, таллий и др. [8].

Для выявления и оценки области загрязнения в зоне действия месторождения были выбраны реперные участки, в каждом взяты пробы воды, донных отложений и взвеси, произведено описание компонентов ландшафта на предмет их антропогенной измененности. Пробы взяты на выходе из штолен, из ручья рудничных вод, в верхнем (две пробы, до и после впадения штольневых вод), среднем и нижнем течении р. Холодной и в месте ее впадения в Байкал (залив Ангарский Сор). Фоновые пробы – из источника Пьяный ключ и притока реки Гасан-Дикит, антропогенное воздействие для них не отмечено. Две пробы отобраны из р. Тья, протекающей по территории рудного месторождения, но не принимающей штольневые или рудничные воды.

В пробах воды, донных отложений и взвеси определено валовое содержание более 70 химических элементов масс-спектральным методом с индуктивно-связанной плазмой (по методике МП-2.4) и атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (по методике НСАМ 487-хс [12]). Изучение взвеси произведено путем ее выделения на мембранном фильтре из пробы известного объема, в пробах воды определены концентрации основных ионов. Полученные результаты сравнивались с выбранными фоновыми значениями и средними содержаниями элементов в речных водах [13]. Для оценки опасности загрязнения использованы предельно допустимые концентрации (ПДК) рыбохозяйственных нормативов [14] для воды и ПДК почв [15] – для донных отложений. Комплексная оценка проведена на основе суммарного показателя загрязнения Zс [12, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фоновая минерализация воды изучаемой территории составляет около 30 мг/л. По гидрохимической классификации О.А. Алёкина [16] воды имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав. Преобладающими катионами речных вод района служат (по убывающей) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ , анионами – HCO_3^- , SO_4^{2-} и Cl^- . По сравнению со средними содержаниями в речных водах [13, 16, 17], Северобайкальский район характеризуется пониженными содержаниями для целого ряда элементов – Na, K, Al, Pb, Cd, Ni, Co, Cu, Ag и др., сходными – по Ca, Mg, Si, Mn и Mo, и повышенными – Sr и U.

Анализируя минерализацию вод объектов опробования, а также содержание типоморфных химических элементов, можно выявить основные

причины формирования текущего химического состава вод. Так, максимальной минерализацией обладают рудничные воды, выходящие из пробуренных штолен (730 мг/л), в них наблюдаются аномальные содержания большинства химических элементов. Обогащение штольневых вод сульфат-ионом, рудными и сопутствующими элементами происходит за счет процессов окисления рудных минералов (галенита, сфалерита). На контакте вод с окислительной обстановкой и рудным телом минералы-сульфиды (пирит FeS, сфалерит ZnS, галенит PbS и др.), обладающие малой растворимостью (порядка 10^{-3} - 10^{-22} г/л), быстро окисляются под действием растворенного кислорода с образованием легкорастворимых сульфатов металлов (госларит $ZnSO_4$, мелантерит $FeSO_4$), а также серной кислоты [18].

При движении вод зоны окисления сульфидных месторождений, сильно подкисленных серной кислотой, их состав значительно трансформируется при прохождении через ряд геохимических барьеров. Катионогенные химические элементы задерживаются на карбонатном геохимическом барьере, возникающем при попадании сильноокислых вод в карбонатные вмещающие породы, с резким повышением величины pH. Сульфаты металлов переходят в менее растворимые соединения – карбонаты (марказит $ZnCO_3$) [8, 17]. Нейтрализация серной кислоты приводит к обогащению подземных вод Ca и Mg (рис. 2а), содержащимися во вмещающих породах – доломитах и мраморах. При выходе вод на поверхность химические элементы продолжают осаждение на кислородном геохимическом барьере, как правило, в виде оксидов (Fe_2O_3). Подобный ряд трансформации рудных минералов, сульфиды – сульфаты – карбонаты – оксиды, от менее устойчивых к более устойчивым в гипергенных условиях был описан С.С. Смирновым при изучении зон окисления сульфидных месторождений [16].

В целом для рудничных вод, по сравнению с фоновыми, обнаружены повышенные концентрации по 40 химическим элементам. Превышения составляют: для Zn – в 17 000 раз; Cd, Mn и Ce – более чем в 1000 раз; Al, Co, Pb, редкоземельные элементы (La, Nd, Tl, Pr, Dy, Gd, Sm, Ho) – от 100 до 1000 раз; Y, Li, Rb, Eu, Er, Ga, Yb, Tb, Cu, Lu, Sb, Th, Tm – от 10 до 100 раз; Ge, Zr, W, U, Hf, Sn – превышение менее чем в 10 раз.

Для оценки загрязнения аквальных ландшафтов тяжелыми металлами штольневых вод проведено сравнение с установленными предельно допустимыми концентрациями. Наиболее опасные концентрации закономерно наблюдаются в штольневых водах и соответствующих донных отложениях. Более 10 элементов в воде здесь превышают предельно допустимые концентрации: Zn – в 1200 раз, Al, Mn в 30–80 раз, Cu, Co, Pb, Cd в 6–9 раз, Tl, Sr в 1–2 раза. Превышение отмечено и для донных отложений: по Zn – в 390 раз, As – 180 раз, Sb, Mn в 15–30 раз, Pb, Cu в 3–6 раз [14].

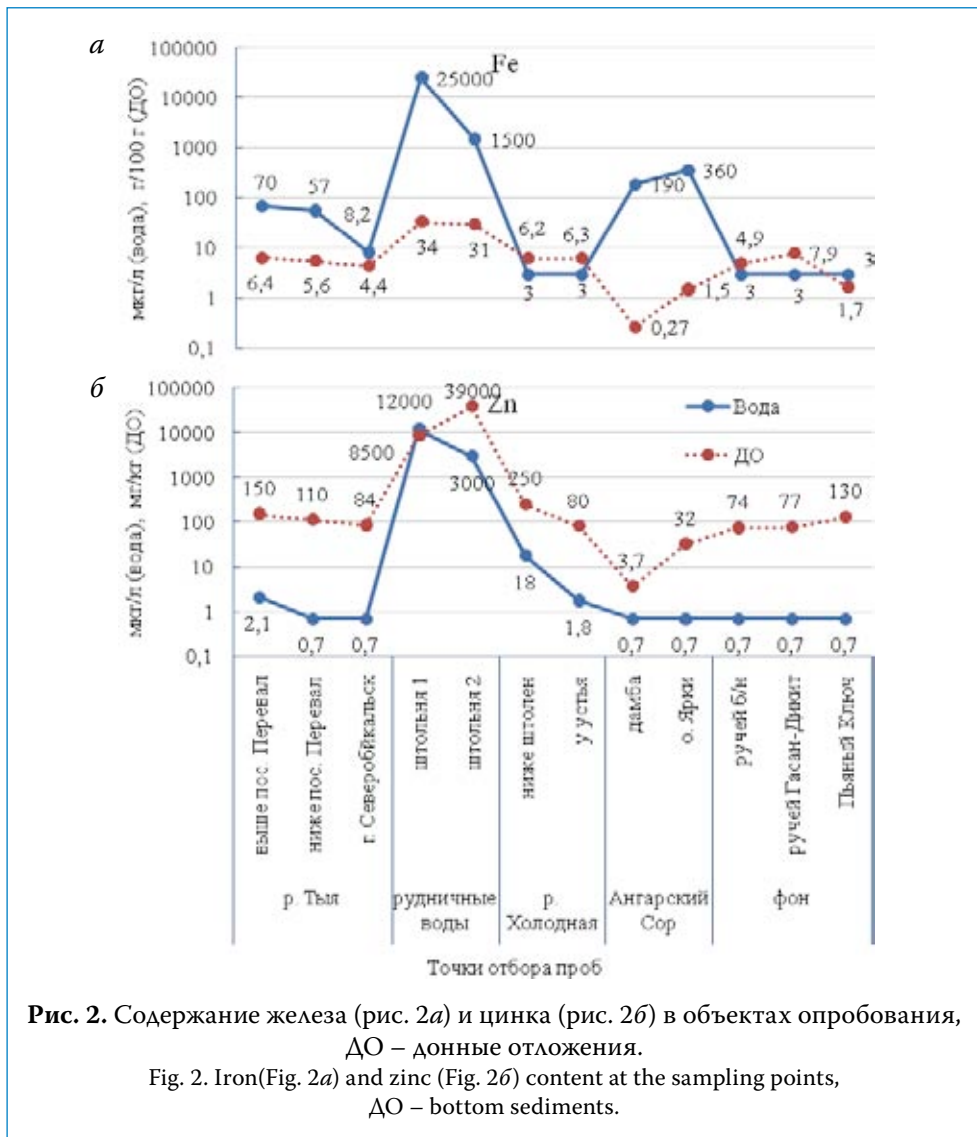
В р. Холодной при впадении ручьев штольневых вод отмечено резкое увеличение содержания микроэлементов, изменение макрокомпонентного состава. При дальнейшем течении реки происходит разбавление высоких концентраций элементов незагрязненными водами, а также осаждение элементов и их концентрация в донных отложениях. В пробе воды в верхней части реки обнаружено превышение ПДК по цинку, в нижнем течении содержание цинка в водах уже не превышает нормативы, хотя оно и выше фонового (рис. 2б). С использованием данных средневзвешенных расходов воды было вычислено абсолютное количество Zn, переносимого с водным потоком (в растворенном и взвешенном виде): оно составило около 1,7 кг в сутки.

В р. Тья, непосредственно дренирующей рудное тело, но не принимающей потоки штольневых вод, превышения ПДК не наблюдается. Небольшие максимумы по сравнению с фоновыми содержаниями характерны для Li, Sr, W, Cd, Pb и Mn. Это косвенно свидетельствует об антропогенном характере поступления тяжелых металлов в воду реки. По всей видимости, до начала разработки месторождения превышения ПДК и в самой р. Холодной не наблюдалось.

В заливе Ангарский Сор, где идет разгрузка вод р. Холодной, общая минерализация вод остается невысокой, хотя и происходит накопление некоторых элементов, в первую очередь Mn, Fe, и Al. Эти элементы подвижны в мерзлотных таежных ландшафтах [17], большое количество их поступает с фоновыми, незагрязненными речными водами. Степень накопления Fe иногда превышает нормативы для рыбохозяйственных водоемов (рис. 2).

Проведенные исследования позволили сделать ряд выводов об особенностях гидрохимической миграции химических элементов. Так, анализ элементного состава донных отложений позволил выделить два типа по их генезису: 1) донные отложения преимущественно терригенного происхождения с преобладанием Al_2O_3 и SiO_2 в валовом составе; 2) донные отложения преимущественно хемогенного происхождения с повышенным количеством оксидов Fe (до 40 %) и сниженным содержанием Al и Si. Терригенные осадки характерны для водотоков, хемогенные – для выходящих на поверхность подземных вод (рудничные воды и источник Пьяный ключ).

В распределении Na и K, в первую очередь, заметно изменение их соотношения: в конечных водоемах оно расширяется до 11 (Na:K), а в речных водах колеблется в диапазоне 4–5. Такие различия обусловлены большей биогенностью K и его биологическому поглощению в прогреваемых водах Ангарского Сора.



В результате кластерного анализа выделено несколько групп химических элементов по сходности миграции:

- халькофильные водные мигранты (Zn, Pb, Cd, Cu, Bi, и др.), основным источником которых на территории исследования являются окисленные сульфидные руды, выходящие на поверхность из штолен. Распределение этих элементов характеризуется высоким коэффициентом корреляции внутри группы;

– слабоподвижные литофильные мигранты – Ba, Li, Rb, для которых и некоторых других элементов характерно максимальное содержание в воде рудничных ручьев и минимальное содержание в донных отложениях;

– группа элементов-лантаноидов и иттрия показывает сходное поведение. Коэффициенты корреляции между ними не опускаются ниже 0,8. Основные максимумы наблюдаются в штольневых водах, а также в нижнем течении р. Тья (по сравнению с р. Холодной, концентрации элементов-лантаноидов в ней повышены в 10–16 раз).

Общее распределение макро- и микроэлементов по изученным водным объектам можно оценить, рассчитав суммарный показатель загрязнения Z_c для каждой пробы – сумму отклонений коэффициентов аномальности [17] (рис. 3).

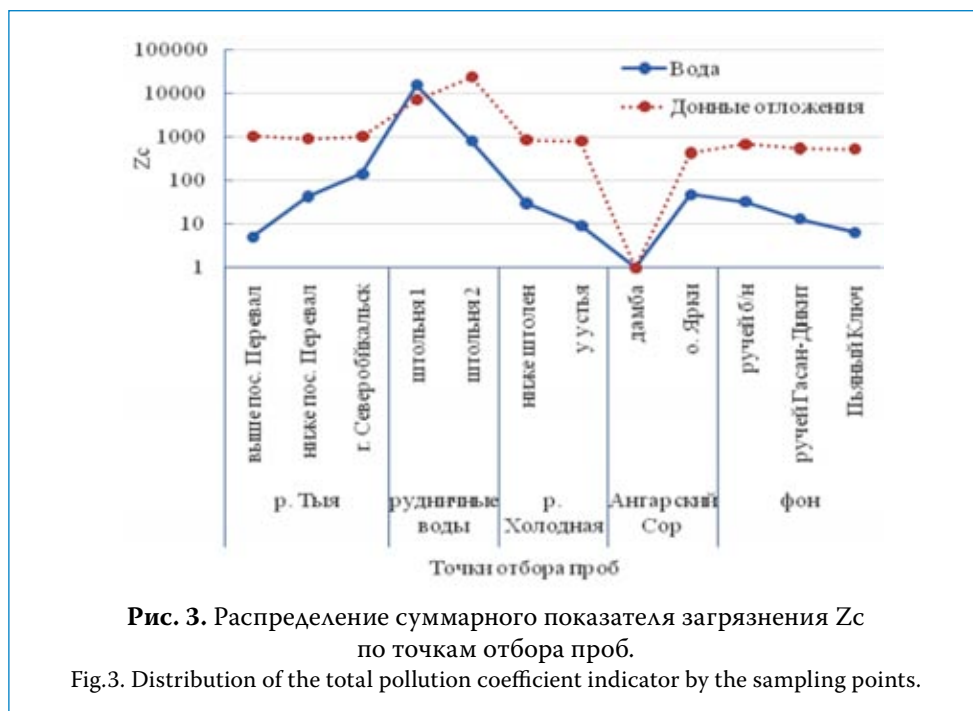


Рис. 3. Распределение суммарного показателя загрязнения Z_c по точкам отбора проб.

Fig.3. Distribution of the total pollution coefficient indicator by the sampling points.

Максимальные значения показателя Z_c (33 000) наблюдаются в рудничных водах. В верхнем течении р. Холодной, с малым разбавлением элементов рудничных вод, он достигает около 47, в нижнем течении снижается до 10, далее из-за накопления в Ангарском Соре (залив оз. Байкал) наблюдается второй максимум – 115 значений. Разброс значений показателя Z_c превышает три порядка, что указывает на чрезвычайную изменчивость концентраций загрязняющих веществ.

В критериях санитарно-эпидемиологических требований к качеству почв [15] донные отложения рудничных ручьев относятся к чрезвычайно опасной категории, большинства рек – к опасной или умеренно опасной категории, допустимому уровню соответствует только две точки. Несмотря на формально (в сравнении с ПДК) допустимые концентрации тяжелых металлов в Ангарском Соре, их поступление в озеро в объемах, зафиксированных исследованиями, представляется тревожной тенденцией. Они неизбежно накапливаются в живых организмах, которые могут использоваться в пищу. Сильное загрязнение может привести к исчезновению тех или иных видов или сокращению их численности [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из угроз для качества вод Байкала потенциально являются любые объекты горнодобывающей промышленности, расположенные в пределах водосборного бассейна озера, особенно если они относятся к цветной металлургии, так как в результате их деятельности в воду могут поступать загрязняющие вещества, в т. ч. и тяжелые металлы. К таким потенциальным угрозам относится Холоднинское свинцово-цинковое месторождение. Для оценки его влияния были отобраны пробы из ручьев, протекающих через штольни месторождения р. Холодной, которая их принимает, и залива Байкала, в который впадает р. Холодная. Для отобранных проб определены концентрации более 70 химических элементов, которые потом были сопоставлены с предельно допустимыми. Исследования показали, что современное геохимическое воздействие месторождения на подчиненные водные объекты осуществляется путем попадания вытекающих из двух штолен ручьев непосредственно в р. Холодную. В ручьях, несущих штольневые воды, наблюдаются очень высокие показатели загрязнения тяжелыми металлами: содержание цинка, алюминия, марганца, меди, кобальта, свинца, кадмия, теллура и стронция превышает предельно допустимые концентрации, фоновые значения превышает содержание более 40 металлов.

В р. Холодной непосредственно после впадения ручьев обнаружено превышение фоновых значений, превышение ПДК зафиксировано для цинка, расчеты показали, что водами реки его переносится ежедневно около 1,7 кг. В результате значительного разбавления при движении от месторождения вниз по течению реки концентрации металлов заметно уменьшаются. В нижнем течении превышения фоновых значений поступающих из месторождения тяжелых металлов в настоящее время не выявлено. Тем не менее, для устойчивого состояния уникальных водных экосистем Байкала в долгосрочном периоде необходимо предотвратить любое существенное антропогенное воздействие.

Для более точной оценки воздействия Холоднинского месторождения на окружающую среду следует провести, наряду с гидрохимическим опробованием, режимные наблюдения, а также оценить его влияние на другие компоненты ландшафта с применением ранее успешно себя зарекомендовавшего системного подхода для решения поставленных задач. Также представляется необходимой организация мониторинга качества вод р. Холодной и залива Ангарский Сор.

Выражаем благодарность. Полевые исследования и лабораторные работы проведены за счет средств ИФК «Метрополь». Обработка материала и подготовка статьи – при поддержке гранта РНФ 14-27-00083. Авторы выражают благодарность участникам экспедиционных исследований – студентам и аспирантам географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Особая благодарность – старшему консультанту ООО «Рэмболл Си-Ай-Эс» Антону Олеговичу Ившину и консультанту И-АР-ЭМ Евразия Лимитед Антону Андреевичу Горлову за помощь в организации и проведении полевых работ и обработке полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kislov E.V., Plyusnin A.M. The problems of development of the Kholodninskoye lead and zinc deposit (Northern Baikal region) // Geography and Natural Resources. 2009. Vol. 30, Iss. 4. P. 340–344.
2. Постановление Правительства РФ «О федеральной целевой программе «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» (с изм. на 17 марта 2018 г.)» Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902365895> (дата обращения: 18.11.2018).
3. *Верхозина Е.В., Верхозина В.А., Протасова Л.Е.* Экологические проблемы в сфере водопользования Байкальского региона // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2011. Т. 48. № 1. С. 237–241.
4. *Айбулатов Н.А.* Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. ИО РАН им. П.П. Ширшова. М.: Наука, 2007. 364 с.
5. *Коротаев В.И.* Очерки по геоморфологии устьевых и береговых систем. М.: Изд-во МГУ, 2012, 540 с.
6. *Лымарев В.И.* Морские берега и человек. М.: Наука, 1986. 160 с.
7. Roger H. Charlier Coastal zone: Occupancy, management and economic competitiveness // Ocean and Shoreline Management. 1989. Vol. 12. Iss. 5–6, P. 383–402.
8. *Зубов В.П., Михайленко О.В.* Организационно-технические проблемы разработки Холодненского полиметаллического месторождения // Записки Горного института. 2011. Т. 190. С. 318–322.
9. *Дистанов Э.Г.* Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение в докембрии Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1982. 208 с.

10. Tulokhonov A.K., Slipenchuk M.V., Dmitriyeva N.G. Development of the mining cluster in the Transbaikalia: problems and solutions//Geography and Natural Resources.2010. Vol. 31.Iss. 1. P. 53–57.
11. Авдонин В.В., Бойцов В.Е., Григорьев В.М. Месторождения металлических полезных ископаемых. М.: Академический проект, 2005. 720 с.
12. Guide to inductively coupled plasma mass spectrometry handbook. 2005. Ed. S. M. Nelms. CRC Press: Boca Raton, 244 с.
13. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 397 с.
14. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России. 2003. 213 с.
15. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Режим доступа:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/. (дата обращения: 14.11.2018).
16. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометиздат, 1970. 444 с.
17. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей, 2000. 768 с.
18. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. 394 с.
19. Колобов Р.Ю. Байкал как объект Всемирного значения ЮНЕСКО: история и современность// Пролог: журнал о праве. 2018. С. 33–39.
20. Рыженков А.Я. О принципах охраны озера Байкал // Вестник Омской юридической академии. 2018. С. 137–141.

Для цитирования: Кошовский Т.С., Санин А.Ю., Пузанова Т.А., Ткаченко О.В., Геохимическое воздействие Холоднинского свинцово-цинкового месторождения на аквальные ландшафты Северного Прибайкалья// Водное хозяйство России. 2019. № 5. С. 49-62.

Сведения об авторах:

Кошовский Тимур Сергеевич, научный сотрудник, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: tkzv@ya.ru

Санин Александр Юрьевич, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», Россия, 119034, Москва, Кропоткинский переулок, 8; e-mail: eather86@mail.ru

Пузанова Татьяна Алексеевна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: puzanova@mail.ru

Ткаченко Олег Валерьевич, лаборант, географический факультет, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1.

GEOCHEMICAL IMPACT OF KHOLODNINSK LEAD-ZINC DEPOSIT ON AQUATIC LANDSCAPES OF NORTHERN PART OF THE BAIKAL REGION

Timur S. Koshovskiy¹, Aleksandr Y. Sanin², Tatyana A. Puzanova¹, Oleg V. Tkachenko¹

E-mail: tkzv@ya.ru

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Moscow, Russia

Abstract: The features of pollution of aquatic environments (river and lake) in the area of impact of Grodnenskoe polymetallic mine, located in the water basin of the lake Baikal (Republic of Buryatiya) is considered. The main existing sources of pollution, the degree of toxicity and the scale of the impact on the drainage watercourses, as well as the peculiarities of transportation of pollutants were determined. Existing spatial zones of ecological risk for aquatic landscapes associated with modern geochemical impact of Kholodninskoe mine were revealed. Today, it is a part of the Kholodnaya River basin, which flows near the mine and receives water streams from abandoned tunnels. In the waters of these streams very high concentrations of pollutants (a number of heavy metals) have been revealed. They are hundreds and thousands times higher than the maximum permissible concentration. After the confluence of streams with the Chpolodnaya River pollution zone have been formed, within which the concentration of zinc in the waters of the river exceeds the normative values. For the TyyaRiver, which drains the ore body, but does not receive streams from the tunnels, significant excess of standards for the heavy metals content have not been found. Directly in the water area of the Lake Baikal, including the Gulf of Angarskiy Sor, where the Kholodnaya River flows, significant excess of permissible values was not identified, either. Based on the analysis of the selected samples, Conclusions based on the selected samples analysis have been made on specific features of current chemical elements migration in the «Kholodnaya River – Lake Baikal» system at the present level of economic activity, as well as the prospects for the future.

Key words: Baikal, geochemistry of landscapes, heavy metals, pollution, migration of pollutants, aquatic landscapes.

About the authors:

Timur S. Koshovskiy, Researcher, M.V. Lomonosov Moscow State University Department of Geography Chair of Landscape Geo/chemistry and Soil Geography, Leninskiye Gory, 1, Moscow 119234, Russia; e-mail: tkzv@ya.ru

Aleksandr Y. Sanin, Senior Researcher, Candidate of Geographical Sciences, N.N. Zubov State Oceanographic Institute, Kropotkinskiy Pereulok, 8, Moscow, 119034, Russia; e-mail: eather86@mail.ru

Tatyana A. Puzanova, Senior Researcher, Candidate of Geographical Sciences, M.V. Lomonosov Moscow State University Department of Geography Chair of Landscape Geo/chemistry and Soil Geography, Leninskiye Gory, 1, Moscow 119234, Russia; e-mail: puzanova@mail.ru

Oleg V. Tkachenko, Lab Assistant, M.V. Lomonosov Moscow State University Department of Geography Chair of Landscape Geo/chemistry and Soil Geography, Leninskiye Gory, 1, Moscow 119234, Russia

For citation: Koshovskiy T.S., Sanin A.Y., Puzanova T.A., Tkachenko O.V. *Geochemical Impact of Kholodninsk Lead-zinc Deposit on Aquatic Landscapes of Northern Part of the Baikal Region // Water Sector of Russia. 2019. No 5. P. 49-62.*

REFERENCES

1. *Kislov E.V., Plyusnin A.M.* The problems of development of the Kholodninskoye lead and zinc deposit (Northern Baikal region) // *Geography and Natural Resources*. 2009. Vol. 30, Iss. 4. P. 340–344.
2. Postanovleniye Pravitelstva RF “O federalnoy tselevoy programme “Okhrana ozera Baikal i sotsialno-ekonomicheskoy razvitiye Baikalskoy prirodnoy territoriyi na 2012-2020 gody” (s izm. Na 17 marta 2018 g.) [Order of the Government of the Russian Federation “About Federal target program “Protection of the Lake Baikal and social/economic development of the Baikal nature territory for 2012-2020” (with amendments dated March 17, 2018)] Access regime: <http://docs.cntd.ru/document/902365895> (date of address: 18.11.2018).
3. *Verkhovzina Y.V., Verkhovzina V.A., Protasova L.E.* Ekologicheskiye problemy v sfere vodopolzovaniya Baikalskogo regiona [Ecological problems in the sphere of water use of the Baikal Region // *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011. V. 48. No 1. pp. 237–241.
4. *Aybulatov N.A.* Deyatelnost Rossiyi v pribrezhnoy zone moray i problemy ekologiyi [Russia's activities in the sea coastal zone and problems of ecology]. IO RAN im. P.P. Shirshova. M.: Nauka, 2007. 364 p.
5. *Korotayev V.I.* Ocherki po geomorfologiyi ustyevykh i beregovykh sistem [Outlines on geomorphology of the mouth and coast systems]. M.: Izd-vo MGU, 2012, 540 p.
6. *Lymarev V.I.* Morskiye berega i chelovek [Seacoast and human being]. M.: Nauka, 1986. 160 p.
7. *Roger H.* Charlier Coastal zone: Occupancy, management and economic competitiveness // *Ocean and Shoreline Management*. 1989. Vol. 12, Iss. 5–6, P. 383–402.
8. *Zubov V.P., Mikhailenko O.V.* Organizatsionno-tekhnicheskyye problemy razrabotki Kholodnenskogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya [Organizational/engineering problems of the Kholodnenskoye complex ore deposit development] // *Zapiski Gornogo instituta*. 2011. V. 190. pp. 318–322.
9. *Distanov E.G.* Kholodninskoye kolchedanno-polimetallicheskoye mestorozhdeniye v dokembriyi Pribaikalya [Kholodninskoye pyrites/complex ore deposit in the Baikal region Pre-Cambrian]. Novosibirsk: Nauka, 1982. 208 p.
10. *Tulokhonov A.K., Slipenchuk M.V., Dmitriyeva N.G.* Development of the mining cluster in the Transbaikalia: problems and solutions // *Geography and Natural Resources*. 2010. Vol. 31. Iss. 1. P. 53–57.
11. *Avdonin V.V., Boytsov V.E., Grigoryev V.M.* Mestorozhdeniya metallicheskih [Deposits of metallic ores]. M.: Akademicheskii proyekt, 2005. 720 p.
12. Guide to inductively coupled plasma mass spectrometry handbook. 2005. Ed. S. M. Nelms. CRC Press: Boca Raton, 244c.
13. *Dobrovolskiy V.V.* Osnovy biogeokhimiyyi [Fundamental bio/geo/chemistry]. M.: Akademia, 2003. 397 p.
14. GN 2.1.5.1315-03 “Predelno dopustimiye kontsentratsiyi (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh onyektov khozyaystvennogo-pityevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya” [GN 2.1.5.1315-03 “Maximal permissible concentrations (MPC) of chemical substances in the domestic/drinking and recreational water supply sources’ water”]. M.: Minzdrav Rossiyi. 2003. 213p.
15. Federalniy zakon Rossiyskoy Federatsiyi “O sanitarno-epidemiologicheskoy blagopoluchiyi naseleniya” No 52-FZ. Sanitarno-epidemiologicheskiye trebovaniya k kachestvu pochvy 2.1.7.1287-03. [Federal law of the Russian Federation “About sanitary-epidemiological safety of the population” No. 52-FZ. Sanitary-epidemiological requirements to the soil

- quality 2.1.7.1287-03]. Access regime: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/. (Date of address: 14.11.2018).
16. *Alekin O.A.* Osnovy gidrokhimiyi [Fundamental hydro/chemistry]L.: Gidrometizdat, 1970. 444 p.
 17. *Perelman A.I., Kasimov N.S.* Geokhimiyalandshafta [Geochemistryofalandscape]. M.: Astreya, 2000. 768 p.
 18. *Solovov A.P.* Geokhimiyeskiye metody poiskov mestorozhdney poleznykh iskopayemykh [Geo/chemical methods of minerals' deposits prospecting]. M.: Nedra, 1985. 394 p.
 19. *Kolobov R.Y.* Baikal kak obyekt Vsemirnogo nacheniya YuNESKO: istoriya i sovremennost [Baikal as a UNESCO World Heritage Site: history and contemporaneity] // Prolog: zhurnal o prave. 2018. pp. 33–39.
 20. *Ryzhenkov A.Y.* O printsipakh okhrany ozera Baykal [On the principles of the Lake Baikal protection] // Vestnik Omskoy yuridicheskoy akademiyi. 2018. pp. 137–141.