

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Утверждено к печати ученым советом
Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН

Редколлегия:

д.т.н. Н.П. Сигачев, д.г.-м.н. А.Б. Птицын, д.г.-м.н. Г.А. Юргенсон,
д.г.н. В.А. Обязов, д.э.н. И.П. Глазырина, к.г.-м.н. Л.В. Замана,
к.б.н. Цыбекмитова Г.Ц., Н.С. Балув

Материалы всероссийской конференции с международным участием «Эволюция биосферы и техногенез», посвященной 35-летию ИПРЭК СО РАН (22-28 августа 2016 г., г. Чита, Россия).

ISBN

Материалы, публикуемые в настоящем сборнике, характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института и его научные связи. В данных работах в некоторой степени обобщены полученные результаты и обсуждены перспективы будущих совместных комплексных исследований.

ISBN

Все материалы публикуются в авторской редакции с незначительными правками технического и стилистического характера.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 16-05-20512).

Дорогие коллеги!

Динамическое равновесие в биосфере опирается на систему круговоротов, созданных и поддерживаемых биосферой. Эти круговороты охватывают не только приповерхностную зону Земли – экзосферу, но и глубинные горизонты. Эволюция биосферы является частью эволюции Земли как саморазвивающейся системы от зарождения жизни до появления человека и формирования техносферы. Понимание, как общей тенденции этой эволюции, так и отдельных ее этапов важно не только в плане получения фундаментальных знаний, но и в практическом плане для прогнозирования будущего человечества и всей биосферы. Интенсификация техногенного воздействия на биосферу, достигшего, как писал В.И. Вернадский, к началу XX века масштабов геологических процессов, угрожает ее устойчивости. Поэтому предложенная тематика конференции чрезвычайно актуальна. Подтверждение тому – большое число поданных заявок, свидетельствующих о большом интересе научной общественности к этим вопросам.

Широкий тематический диапазон докладов и высокая квалификация докладчиков являются залогом успешной работы конференции, позволяют надеяться, что обсуждение затрагиваемых вопросов пройдет на высоком уровне, которые внесут достойный вклад в концепцию современного естествознания.

Николай Сигачев
Алексей Птицын

**НАПРАВЛЕНИЕ
«ТЕХНОГЕНЕЗ И ЭВОЛЮЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ
АСПЕКТЫ)»**

**ТЕХНОГЕНЕЗ И ЭВОЛЮЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ)..... 115**

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Толстов А.В., Похиленко Н.П., Рылов Д.А., Слепцов А.П., Самсонов Н.Ю. Прогноз экологических последствий отработки Томторского рудного поля | 118 |
| Замана Л.В., Чечель Л.П. Эколого-геохимическая оценка водоемов рудных карьеров Восточного Забайкалья | 121 |
| Кальная О.И., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Доможакова Е.А., Самбуу А.Д., Аюнова О.Д., Кенден О.А. Влияние разработки Кызыл-Таштыгского полиметаллического месторождения (Восточная Тува) на компоненты окружающей среды | 124 |
| Чечель Л.П. Зональные и региональные факторы формирования техногенных вод вольфрамовых месторождений Восточного Забайкалья | 127 |
| Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К. Редкоземельные элементы в профиле почв, перекрытых отходами переработки молибденитовых и сульфидно-вольфрамовых руд (Западное Забайкалье) | 131 |
| Эпова Е.С., Еремин О.В., Бычинский В.А. О возможности использования природных цеолитов для очистки питьевых вод | 135 |
| Белькова Н.Л. Устойчивость микробных сообществ глубинных байкальских вод в условиях современного экологического кризиса | 138 |
| Хаптанов В.Б., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г. Применение георадарной и радиоимпедансной технологий для техногенного контроля рудников и акваторий | 141 |
| Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю.Б. О соотношении естественного и техногенного ОНЧ электромагнитного поля в Байкальском регионе | 144 |
| Гурулев А.А., Цыренжапов С.В., Орлов А.О. Особенности собственного микроволнового излучения ледяных покровов техногенных водоемов | 148 |
| Оленченко В.В., Усманов М.Т., Усманова Л.И., Цыренжапов С.В. Апробация метода электротомографии для выявления путей фильтрации техногенных вод из гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 | 151 |
| Макаров В.П. Флористический состав рудеральных сообществ Балейского и Тасеевского золоторудных месторождений | 154 |
| Малых О.Ф. Динамика пожароустойчивости лесов Центрального Забайкалья | 158 |
| Нечушкина Е.В., Забелина И.А., Клевакина Е.А. Роль природоохранных расходов в охране окружающей среды регионов Сибири и Дальнего Востока | 161 |
| Дайнеко Д.В. Экологический туризм в Байкальском регионе | 164 |
| Фалейчик Л.М., Фалейчик А.А., Пьянова Э.А. Реиндустриализация в Забайкальском крае: экономические перспективы и экологические риски | 167 |
| Лукьянов П.Ю., Матюгина Е.Б., Борзенко С.В. Социальная структура энергопотребления и вопросы энергоэффективного использования ресурсов в Забайкалье | 171 |
| Денисенко И.С., Забелина И.А., Клевакина Е.А. Структурные изменения в приграничных регионах Дальнего Востока в контексте российско-китайского сотрудничества | 176 |
| Самойленко Г.Ю., Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н. Оценка загрязнения почв г. Читы | 180 |

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Абрамова В.А., Паршин А.В., Птицын А.Б. Применение ГИС-технологий для прогнозной оценки геоэкологических последствий отработки сульфидных месторождений в криолитозоне..... | 184 |
| Агафонов Г.М. Место и роль учебно-научных стационаров в региональной системе ООПТ | 187 |
| Банщикова Е.А. Рост и развитие некоторых интродуцентов в дендрарии ИПРЭК СО РАН..... | 190 |
| Борзенко С.В., Замана Л.В. Некоторые закономерности поведения урана, лития и мышьяка в водах минеральных озер Восточного Забайкалья | 193 |
| Железняк И.И. Особенности почвенного криогенеза в природных условиях Центрального и Южного Забайкалья | 196 |
| Зима Ю.В., Зима Л.Н. Важность изучения и организация мониторинга русловых процессов в Забайкальском крае | 198 |
| Зубарева О.Н. Оценка дальности распространения выбросов в зоне влияния группы предприятий «Норильский никель» на основе анализа растений | 200 |
| Макаров В.П. Древесные растения, перспективные для лесомелиорации в Забайкальском крае | 203 |
| Пак Л.Н. Отбор перспективных климатипов лиственницы в географических культурах 1980 года посадки в Забайкальском крае..... | 206 |
| Помазкова Н.В. Анализ структуры землепользования территории Забайкальского края | 209 |
| Федосеева В.И., Аянитова Т.М., Федосеев Н.Ф. Взаимодействие некоторых карбоновых кислот с поверхностью дисперсного льда..... | 213 |
| Федосеева В.И., Иванова Т.К., Дрогобужская С.В., Кременецкая И.П. Физико-химические исследования возможности очистки загрязненных водных объектов от ионов тяжелых металлов с применением термосунгулита..... | 216 |
| Чечель Л.П., Замана Л.В. Распределение редкоземельных элементов в техногенных водах вольфрамовых месторождений Забайкалья | 220 |
| Эпова Е.С., Юргенсон Г.А., Еремин О.В. Особенности перехода в миграционное состояние химических элементов из золото-полиметаллических руд Новоширокинского месторождения | 224 |

ПРОГНОЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТРАБОТКИ ТОМТОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Толстов А.В.¹, Похиленко Н.П.¹, Рылов Д.А.², Слепцов А.П.², Самсонов Н.Ю.³

¹Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²ГУГПП Якутскгеология, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

³Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,

г. Новосибирск, Россия

e-mail: tolstov@igm.nsc.ru

Абстракт: Томторское рудное поле включает комплекс месторождений полезных ископаемых с колоссальными ресурсами, главными из которых являются редкие элементы, железо и фосфор. Основные ресурсы уникальных руд редких элементов сосредоточены на участках Северный, Южный и Буранный, где приурочены к гипергенному комплексу карбонатитов, продуктам их переотложения и эпигенеза. Перспективы их освоения очевидны, поэтому авторы в свете новых данных оценивают экологические последствия их отработки.

Ключевые слова: Томтор, месторождение, отработка, экологические последствия.

Редкоземельные металлы (РЗМ) относятся к стратегическим видам минерального сырья, их активное применение в высокотехнологических производствах и военной технике обеспечивают динамику их производства и потребления за рубежом от 8-10% до 30% в год. Россия по разведанным запасам (18 млн.т. РЗМ) занимает второе место в мире после КНР, а по ресурсам – мировой лидер, однако по текущему потреблению РЗМ (до 2 тыс.т. в год) она значительно отстает от ведущих стран (КНР 60-70 тыс.т. в год) [1, 2, 5]. В РФ подготовлена сырьевая база РЗМ, представленная месторождениями в Арктической зоне и Сибири: Чуктуконское (Красноярский кр.), Катугинское (Забайкальский кр.) и др. [1, 3], среди которых крупнейшее в мире комплексное Nb-TR Томторское (с-з Якутии) [4, 6]. Томторское рудное поле приурочено к одноименному массиву щелочных пород, ультрамафитов и карбонатитов, расположенному на западном склоне Уджинского поднятия [4, 6, 9] (с-з Якутия). Массив имеет округлую форму диаметром 20 км и площадью 250 км². Строение его зональное: ядро слагает шток карбонатитов площадью 30 км², являющихся субстратом кор выветривания [1, 4, 9]. Ультрамафиты и фойдолиты, окаймляют ядро неполным кольцом шириной 1,5-2,0 км, фоскориты слагают серповидные тела шириной 300-400 м на востоке, а внешняя часть массива сложена щелочными и нефелиновыми сиенитами, слагающими основную его площадь [7, 8].

Возраст формирования массива растянут от 860 до 350 млн. лет [9]. С ним связан комплекс полезных ископаемых, главными из которых являются Nb, TR, Fe и P. В его пределах оценены и разведаны руды в коре выветривания, коренных породах и осадочных отложениях [7, 9]. 30 лет назад в центральной части массива выявлен новый геолого-промышленный тип Nb-TR руд в переотложенных корах выветривания карбонатитов, занимающий ныне ведущее место в мире по ресурсам [1, 2, 6, 9]. Промышленный интерес представляют Nb, Y, Sc, РЗЭ Се (La, Ce, Pr, Nd) и Y (Eu, Sm, Gd, Tb, Ho, Er, Dy, Tm, Yb, Lu) групп. При оценочных работах (1985-1991 гг.) были выявлены три участка уникальных руд: Северный, Южный и Буранный. На первых двух выполнена оценка по сети 400x400 м с пересечением залежей через 100-200 м, а Буранный предварительно разведан до глубины 500 м. Запасы нового типа руд учтены по категориям В+С₁+С₂ в количестве 42,68 млн.т; в т.ч. – Nb₂O₅ – 1,3 млн.т, TR₂O₃ – 3,179 млн.т.

В настоящее время на Буранном участке Томторского рудного поля ООО «Востокинжиниринг» выполняет разведочные работы, а на Северном и Южном участках ГУГПП «Якутскгеология» завершает оценочные работы. Помимо этих участков вблизи от Томтора выявлена рудная (Th-TR) зона Чимаара, перспективы которой весьма существенны, однако оценены поверхностно (в 70-х – 80-х гг. прошлого века НПО «Севморгео» пройдены каналы и единичные скважины). Имеются варианты освоения месторождения, однако все они предусматривают добычу и транспортировку исходной руды до пристани Юрюнг-Хая в устье р. Анабар (или на р. Лена) и далее водным путем на комбинат до Красноярска или Краснокаменска. Объем добычи должен быть увязан с потребностями отечественной промышленности в РЗЭ и варьирует от 10 до 100 тыс.т. в год. Условия залегания рудного пласта благоприятны для отработки как открытыми, так и подземным способом. На первом этапе возможна отработка блока первой

очереди карьером с запасами руды 423.303 т.т. при содержании Nb_2O_5 – 9.22%, Y_2O_3 – 0.812%; Sc_2O_3 – 0.048%, TR_2O_3 – 10.83%. Глубина залегания пласта в блоке 15 м и мощность 10 м.

Геохимическая специализация руд – редкоземельная (Y-Ce группа) при участии радиоактивных (Th, U) и сидеро-халькофильных элементов. Она определяет экогеохимическую значимость промышленных руд Томтора, слагаемую из редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных (РАЭ) элементов. Помимо них, специфические условия образования массива Томтор, предопределяют участие в составе руд и рудовмещающих пород широкого круга химических элементов, в т.ч. элементов, обладающих высокими токсикологическими свойствами прямого или пролонгированного воздействия на биосферу: Sr, Ba, Li, Zr, P, Cu, Zn, Pb, Hg, As, Sb, Bi, Cd, Tl, S и т.д. Эколого-радиометрические исследования определили основные геохимические параметры и естественный радиационный фон, которые не вызывают проблем для освоения месторождения, но при отработке необходимо учитывать опасность попадания руды на почву, растительность и в современные водотоки района, что обусловлено необходимостью хранения некондиционных руд в отвалах, из которых возможен эоловый и водный разнос частиц руды. Это диктует ведение мониторинга, цель которого – контроль состояния окружающей среды и степени антропогенного воздействия.

Контроль следует вести в предварительно выбранных точках, в которых регулярно необходимо отбирать пробы почв, донных осадков, воды, мхов, древесной и кустарниковой растительности. По нашему предварительному прогнозу, вследствие нерастворимости основной массы руд в водной среде и ограниченной возможности переноса тяжелых частиц ветром, а также отсутствие необходимости масштабного строительства на рудном поле, непосредственное влияние отработки месторождения на окружающую природу будет незначительным [5, 7].

Таким образом, работы, проведенные в пределах Томторского рудного поля, позволили сделать следующие выводы:

Для первоочередной отработки рудного поля рекомендован новый тип уникально богатых руд в переотложенных эпигенетически измененных корках выветривания.

Существуют возможности открытой и подземной отработки без масштабного строительства горнодобывающего и металлургического предприятий на рудном поле, что обеспечит минимальное воздействие на окружающую среду Крайнего Севера.

Выемка богатых руд, транспортировка их для переработки на металлургические предприятия России, обеспечит экологически чистую технологию отработки месторождения. При выполнении данных рекомендаций экологические последствия отработки будут минимальными.

Список литературы

1. Лапин А.В., Толстов А.В. Месторождения кор выветривания карбонатитов. М.: Наука, 1995. 208 с.
2. Похиленко Н.П., Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю. Томтор как приоритетный инвестиционный проект обеспечения России собственным источником редкоземельных элементов // ЭКО. 2014. № 2. С. 22-35.
3. Толстов А.В., Энтин А.Р., Тянь О.А., Орлов А.Н. Промышленные типы месторождений в карбонатитовых комплексах Якутии. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. 168 с.
4. Толстов А.В., Тянь О.А. Геология и рудоносность массива Томтор. Якутск. Из-во ЯНЦ СО РАН, 1999. 200 с.
5. Толстов А.В. Проблемы освоения Томторского месторождения // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. Тезисы докладов XII Международного совещания. 2000. С. 353-355.
6. Толстов А.В. Главные рудные формации Севера Сибирской платформы. М.: ИМГРЭ, 2006. 212 с.
7. Толстов А.В., Гунин А.П. Комплексная оценка Томторского месторождения // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. 2001. № 11. С. 144-160.
8. Толстов А.В., Коноплев А.Д., Кузьмин В.И. Особенности формирования уникального редкометалльного месторождения Томтор и оценка перспектив его освоения // Разведка и охрана недр. 2011. № 6. С. 20-25.
9. Энтин А.Р., Зайцев А.И., Ненашев Н.И., Василенко В.Б., Орлов А.И., Тянь О.А., Ольховик Ю.А., Ольштынский С.И., Толстов А.В. О последовательности геологических событий, связанных с внедрением Томторского массива ультраосновных щелочных пород и карбонатитов (Северо-западная Якутия) // Геология и геофизика. 1990. Т. 31. № 12. С. 42.

FORECAST OF ENVIRONMENTAL IMPACT DRIVING Tomtor ORE FIELD

Tolstov A.V.¹, Pohilenko N.P.¹, Rylov D.A.², Sleptsov A.P.², Samsonov N.Yu³

¹*Institute of Geology and Mineralogy, VS Sobolev SB RAS, Novosibirsk, Russia*

²*GUGGP Yakutskgeologiya, Yakutsk, Russia*

³*Institute of Economy and Industrial Production Organization SB RAS, Novosibirsk, Russia*

e-mail: tolstov@igm.nsc.ru, director@igm.nsc.ru

Abstract: Tomtor ore field comprises a complex of mineral deposits with enormous resources, foremost among which are rare elements, iron and phosphorus. The main resources of ores of rare items unique focus on the areas of the North, South and Burano, which are confined to the carbonatite complex supergene, products of their redeposition and epigenetic. The prospects of their development are obvious, so the authors in the light of new data estimate the environmental consequences of mining.

Keywords: Tomtor, field, working out, the environmental consequences.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОЕМОВ РУДНЫХ КАРЬЕРОВ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Замана Л.В., Чечель Л.П.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: l.v.zamana@mail.ru

Абстракт: Гидрогеохимические системы карьерных озер представлены двумя типами – кислыми водами с высоко аномальными концентрациями металлов и нейтральными и слабощелочными водами с низко аномальными или фоновыми концентрациями металлов. Меромиксия в озерах не проявлена.

Ключевые слова: карьерное озеро, кислые воды, концентрации металлов.

Водоемы, заполняющие карьеры после отработки или выведения месторождений из эксплуатации, часто используются местным населением для отдыха или вылова рыбы без оценки их экологической безопасности. В Восточном Забайкалье после открытой разработки только рудных месторождений возникло около полутора десятков таких водоемов, которые вслед за зарубежными авторами [6 и др.] и в российских источниках [4 и др.] принято называть карьерными озерами. В зависимости от минералого-геохимических особенностей добываемого сырья эти озера отличаются широким спектром физико-химических характеристик водной среды. Как и в случае техногенного дренажного стока [2, 5 и др.], в них формируются два типа гидрогеохимических систем с контрастными физико-химическими характеристиками – 1) кислых высокометалльных вод и 2) нейтральных и слабощелочных вод с низкоаномальным и фоновыми уровнем содержания рудных элементов. Данные по химическому составу вод части исследованных нами карьерных озер представлены в таблице. Анализы выполнялись в аттестованной лаборатории ИПРЭК СО РАН, определения металлов масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) – в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск).

Как видно из таблицы, в кислых водах с $pH < 4.0$ концентрации металлов, исключая свинец, независимо от минерального типа руд многократно превышают рыбохозяйственные нормы. Ясно, что поступление таких вод в речную сеть в результате естественного стока или откачки вызовет ее загрязнение. Кислая среда способствует выносу бериллия, который относится к веществам I класса опасности. При наличии рудного источника аномалии Ве могут формироваться и при более высоких значениях pH, вплоть до щелочных. В этом отношении необходимо обратить внимание на озера (их два) в карьере Завитинского бериллий-литиевого месторождения (Первомайский ГОК), которые используются для отдыха и рыбной ловли. Ситуация прояснится по получению результатов анализа водных проб (опробование выполнено в июле этого года). Повсеместным превышением ПДК выделяется медь, хотя концентрации ее в нейтральных и слабощелочных водах карьеров соответствуют фоновому уровню. В этой связи вызывает сомнение обоснованность действующей нормы, поскольку пресные воды с содержанием меди менее 1 мкг/л в природе если и существуют, то лишь как исключение.

Карьерные озера по мере заполнения карьеров водой и стабилизации гидродинамических условий переходят в меромиктический тип [6] с физико-химической стратификацией водной толщи и восстановительной бескислородной обстановкой нижнего слоя. Термодинамическое моделирование для условий закрытой системы с различным содержанием углекислого газа показало возможность восстановления сульфатной серы в бескислородной среде с последующим образованием и выпадением сульфидов [3]. Однако этого в Шерловогорском карьере, по которому выполнялось моделирование, не наблюдалось, на всю глубину (15 м на март 2011 г.) сохранялась окислительная обстановка. Не наступила меромиксия и в более глубоком озере Тасеевского карьера (66 м в марте 2015 г.), который продолжает наполняться за счет фильтрации из р. Унда. При некоторых колебаниях значение Eh воды в нем по всей вертикали не выходило за пределы 213-574 мВ, а содержания кислорода не опускалось ниже 0.74 мг/л в средней части водной толщи (40 м) при максимуме подо льдом 11.55 мг/л.

Кислые воды этого карьера с высокими концентрациями металлов, превышающими по данным опробования в другие сроки по некоторым элементам приведенные в таблице (проба 7) в несколько раз, представляют основную экологическую проблему для возобновления разработки

Тасеевского месторождения золота. Откачка таких вод со сбросом в р. Унду по экологическим требованиям невозможна. Как вариант решения проблемы предлагалось рассмотреть сброс откачиваемых вод в хвостохранилище Тасеевской золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ-2) [1]. Одновременно это устранило бы проблему развевания песков хвостохранилища, основного источника атмосферного загрязнения почв, проявленного по данным Читагеомониторинга на площади более 30 км², включая территорию городской застройки.

Таблица

Физико-химические характеристики вод рудных карьеров Восточного Забайкалья

| Показатели | Номер пробы | | | | | | | ПДК |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Дата отбора | 28.03.11 | 16.09.12 | 19.09.12 | 09.07.13 | 30.09.14 | 24.03.15 | 25.03.15 | |
| Шифр пробы | ШГ-13-02 | PM-12-11 | PM-12-15 | БГ-13-01 | Хр-14-1 | Бал-15-01 | ТС-15-01 | |
| pH | 3.06 | 8.35 | 8.40 | 5.30 | 7.69 | 7.27 | 3.49 | - |
| Eh, мВ | 453 | 161.8 | - | 289 | 221 | 220 | 380 | - |
| *ЭП | - | 1.003 | 1.300 | 0.13 | 0.559 | 1264 | 3960 | - |
| HCO ₃ ⁻ , мг/л | 0 | 163.0 | 97.6 | 3.05 | 64.1 | 127.5 | 0 | - |
| SO ₄ ²⁻ | 2226 | 186.7 | 565.0 | 44.6 | 218.9 | 520.6 | 2310 | 100 |
| F | 1.04 | 0.76 | 0.52 | 0.20 | 0.07 | 0.44 | 2.23 | 0.75 |
| Σ ионов | 2962 | 477 | 957 | 74.1 | 385 | 938 | 3203 | - |
| Si | 19.0 | 2.57 | 1.03 | 3.00 | 9.4 | 1.39 | 13.8 | - |
| Al, мкг/л | 7552 | 40.6 | 43.1 | 314 | 20.9 | 41 | 23099 | 40 |
| Be | - | - | - | 3.77 | 0.0039 | 0.022 | 15.0 | 0.3 |
| Fe | 52890 | 84.4 | 82.6 | 32.5 | 11.7 | 81 | 19186 | 100 |
| Mn | 72900 | 0.5 | 2.1 | 61.7 | 401 | 219 | 28528 | 10 |
| Zn | 49300 | 17.9 | 1.7 | 231 | 1135 | 497 | 1957 | 10 |
| Cu | 2409 | 2.7 | 2.9 | 74.9 | 8.1 | 18 | 154 | 1 |
| Pb | 80 | 0.28 | <0.18 | 0.19 | 0.72 | 0.62 | 1.3 | 6 |
| Ni | 3251 | 3.0 | 6.8 | 4.7 | 7.7 | 21 | 1859 | 10 |
| Co | 879 | <0,3 | <0.3 | 1.03 | 0.5 | 4.2 | 652 | 5 |
| Cd | 3474 | 0.17 | 0.38 | 3.26 | 69 | 7.1 | 54 | 5 |
| As | 15.4 | 5.8 | 5.0 | <0.52 | 14.6 | 294 | 6.3 | 10 |

Примечания: *ЭП – электропроводность, миллисименс/см. Карьеры по номерам проб: 1 – Шерловогорский (Sn-Pb); 2 – Запокровский (As); 3 – Завитинский (Be-Li); 4 – Бом-Горхонский (W); 5 – Хапчерангинский (Sn); 6 – Бaleyский (Au); 7 – Тасеевский (Au). Химический символ в скобках – промышленный тип месторождений. Курсивом – по результатам анализов методом ICP-MS. Прочерк – отсутствие данных. ПДК для воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в тех же единицах, что и концентрации.

Иная картина распределения физико-химических характеристик наблюдается в водной толще Бaleyского карьера, расположенного вблизи и имеющего тот же основной источник водного питания, что и карьер Тасеевский (р. Унда). Несмотря на практически одинаковое содержание сульфидов в рудах обоих месторождений (0.5-5.0 %), значения pH воды в нем выше 7.0, что определило на несколько порядков более низкие концентрации металлов (табл., проба 6). На дату опробования наблюдалось снижение Eh с 220 мВ у поверхности до 37-40 мВ на глубинах 60 и 70 м, но наличие сероводорода не зафиксировано. Возможно, на большей глубине (здесь она превышает 190 м) сероводородная зона формируется, чему может способствовать и сброс в карьер хозяйственно-бытовых стоков г. Бaley.

Изложенные результаты дают общее представление о гидрогеохимических системах озер рудных карьеров региона и связанных с ними экологических проблемах. В целом же гидрогеохимическая изученность этого типа водоемов слабая, особенно по токсичным в большинстве редким и рассеянным элементам, и отстает от современных химико-аналитических возможностей. Необходимость дальнейших исследований их как в научном, так и в прикладном отношении авторам данного сообщения представляется очевидной.

Подготовлено в рамках выполнения госзадания (проект VIII.79.1.3. «Гидрогеохимия, криогеохимия и электрофизические свойства ледяных образований в зоне техногенеза рудных месторождений Забайкалья» и др.).

Список литературы

1. Замана Л.В., Усманов М.Т. Эколого-гидрогеохимическая характеристика водных объектов золотопромышленных разработок Балейско-Тасеевского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2009. Т. 34. № 1. С. 105-111.
2. Замана Л.В. Геохимия кислых дренажных вод золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Вода: химия и экология. 2013. № 8. С. 92-97.
3. Еремин О.В., Сергучская О.С., Юргенсон Г.А. О термодинамическом равновесии сульфат-карбонатных растворов в анаэробной среде (на примере озерной воды Шерловогорского карьера) // В сборнике: Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Материалы III Всероссийского симпозиума с международным участием и IX Всероссийских чтений памяти академика А.Е. Ферсмана. Чита, 2010. С. 94-98.
4. Филиппова К.А., Аминов П.Г., Удачин В.Н., Кисин А.Ю., Гребенщикова В.И., Дерягин В.В., Петрищев В.П., Лонщикова Г.Ф., Удачина Л.Г. Химический состав вод карьерных озер Южного Урала // Вода: химия и экология. 2013. № 7 (61). С. 3-8.
5. Чечель Л.П., Замана Л.В. Основные геохимические типы дренажных вод вольфрамовых месторождений Юго-Восточного Забайкалья // Вестник Томского гос. университета. 2009. № 329. С. 271-277.
6. Castro J.M., Moore J.N. Pit lakes: their characteristics and the potential for their remediation // Environmental Geology. 2000. V. 39 (11). P. 1254-1260.

ECOGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF WATER PIT LAKES EASTERN TRANSBAIKALIA

Zamana L.V., Chechel' L.P.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: l.v.zamana@mail.ru

Abstract: Hydrogeochemical systems opencast pit lakes are represented by two types - acidic water with highly anomalous concentrations of metals and neutral and weakly alkaline waters with low abnormal or background metal concentrations. Meromictic stage in the lakes not manifested.

Keywords: pit lake, acid waters, metal concentrations.

ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТКИ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНАЯ ТУВА) НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кальная О.И., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Доможакова Е.А., Самбуу А.Д.,
Аюнова О.Д., Кенден О.А.

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, Россия
e-mail: tikopr@mail.ru*

Абстракт: разработка месторождений полиметаллических руд оказывает существенное и специфическое влияние на компоненты окружающей среды. Окисление рудных минералов при отработке данных месторождений и переработке руды сопровождаются поступлением в поверхностные и подземные воды, а также почву и растительный покров тяжелых металлов – токсикантов, что приводит к существенному ухудшению состояния природной среды.

Ключевые слова: Кызыл-Таштыгское полиметаллическое месторождение, компоненты окружающей среды, экологический мониторинг.

Кызыл-Таштыгское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено в центральной части хребта Академика Обручева в 190 км к северо-востоку от г. Кызыла и административно относится к Тоджинскому району Республики Тыва. Горный отвод и прилегающая территория месторождения принадлежат водосборному бассейну реки Большой Енисей. Главная рудная залежь приурочена к верховьям реки Ак-Хем.

Освоение месторождения начато китайской компанией «Лунсин», которая 5 апреля 2006 г. выиграла аукцион на право пользования недрами с целью добычи полиметаллических руд. Производственная мощность комбината по добыче и переработке руды намечается в количестве 1 млн. тонн/год. Проектный срок эксплуатации предприятия 14 лет. Разработка месторождения будет осуществляться комбинированным способом: в течение первых 6 лет – открытым способом в карьере, в последующие годы – подземным способом. Способ переработки руды – флотационный, селективный с выпуском цинковых, медных и свинцовых концентратов, отвечающих установленным требованиям и стандартам. В июне 2015 года Кызыл-Таштыгский ГОК введен в эксплуатацию.

С целью предотвращения вредных воздействий Кызыл-Таштыгского горно-обогатительного комбината на окружающую среду Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (г. Кызыл) начиная с 2008 года по договору с ООО «Лунсин» ежегодно проводит экологический мониторинг в соответствии с «Программой мониторинга состояния окружающей среды при разработке полиметаллических руд на Кызыл-Таштыгском месторождении», разработанной сотрудниками ТувИКОПР СО РАН [1].

В ходе проведения горно-экологического мониторинга за состоянием окружающей среды выполняются следующие виды работ:

1. наблюдения за сейсмической активностью района;
2. полевые наблюдения за опасными экзогенными геологическими процессами;
3. наблюдение за поверхностными водотоками на 9 гидропостах (гидрологические наблюдения и отбор проб на гидрохимический анализ) и подземными водами по 4-м скважинам (отбор проб на гидрохимический анализ);
4. наблюдение за состоянием почвенного покрова, отбор почвенных проб на опорных точках на изучение физико-химических свойств почв, содержание тяжелых металлов, проведение эксперимента по изучению изменения температурного режима почв в результате вырубки леса;
5. наблюдение за биотой, в том числе водными беспозвоночными.
6. наблюдение за состоянием растительного покрова.

На текущий момент в пределах ГОКа существует ряд экологических проблем, которые рассматриваются покомпонентно:

1. Геологическая среда. Эндогенные геологические процессы. Месторождение Кызыл-Таштыг расположено в зоне разломов, которые относятся к категории «активных», нуждающихся в дополнительном изучении и постоянном длительном наблюдении. В ходе

разработки месторождения в его 50-ти километровой зоне ожидаются землетрясения с энергетическим классом до 11-12. Этот класс землетрясений может вызвать обвалы отвесных бортов карьера, легкие повреждения зданий, коммуникаций, объектов инфраструктуры Кызыл-Таштыгского горно-обогатительного комбината и представляет угрозу для жизни людей.

Экзогенные геологические процессы. Активное освоение месторождения привело к активизации экзогенных геологических процессов. Техногенное воздействие вызвало активизацию обвальных и осыпных процессов, оползневых, эрозионных, возможно подтопление и размыв дамб-переездов, и лавинообразование. Масштабы этих явлений ограничены локальным распространением в пределах зон непосредственных нарушений рельефа, но могут представлять опасность для людей и техники.

2. Поверхностные воды. В целом, до 2014 года, загрязнение реки Ак-Хем тяжёлыми металлами (превышение предельно-допустимых концентраций рудообразующих тяжелых металлов и железа общего) носило преимущественно природный характер. Максимальные содержания тяжелых металлов отмечались, как правило, весной, в паводковый период. На текущий момент ситуация изменилась. Выявлено, что в результате некачественного водоотведения ручья Медвежьего, правого притока реки Ак-Хем, происходит интенсивное окисление обломков руды, содержащихся в отвалах, которые складываются в русле выше названного ручья, с образованием дренажных вод. В ходе окисления в воду ручья поступает огромное количество рудообразующих тяжелых металлов. В июле 2015 года отмечено следующее содержание тяжелых металлов в ручье Медвежьем и превышение ПДК (для вод рыбохозяйственных водоемов):

Цинк – 35,640 мг/л (3564 ПДК);
Медь – 0,7195 мг/л (719,5 ПДК);
Кадмий – 0,1957 мг/л (39,14 ПДК);
Никель – 0,0378 мг/л (3,78 ПДК);
Марганец – 9,0096 мг/л (900,96 ПДК);
Кобальт – 0,0552 мг/л (5,52 ПДК).

Теоретически содержание ТМ должно уменьшаться вниз по потоку от месторождения, что и отмечалось при анализе фоновое состояния природной среды, 2007 г. [2]. В настоящее время достаточно высокое содержание ТМ прослеживается на всем протяжении реки Ак-Хем вплоть до её устьевой части, до слияния с рекой О-Хем (гидропост № 9), что ранее не фиксировалось. В июле 2015 г. отмечалось высокое содержание ТМ в устьевой части реки Ак-Хем, в 28 км ниже рудной залежи:

Цинк – 42,63 ПДК (в 2014 году – 19,30 ПДК);
Медь – 13,8 ПДК (в 2014 году – 7,3 ПДК);
Марганец – 7,47 ПДК (в 2014 году – 1,01 ПДК).

Таким образом, техногенное вмешательство наложило свой отпечаток не только на увеличение мутности потока, но и на содержание ТМ в воде реки Ак-Хем и ниже по потоку. Происходит весьма интенсивное загрязнение реки тяжелыми металлами за счет антропогенного воздействия. Положительным фактором является отсутствие загрязнения поверхностных вод компонентами техногенного характера: нефтепродуктами, фенолами и АПАВ во все периоды обследования.

3. Подземные воды. Для питьевого водоснабжения пробурены 2 скважины в пределах вахтового поселка, находящегося на значительном удалении от месторождения. Подземные воды пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения, загрязнение их отсутствует.

4. Почвенный покров. В зоне прямого воздействия ГОКа (карьер, хвостохранилище) почвенно-экологическая обстановка характеризуется как кризисная. В зоне косвенного воздействия (примыкает к зоне прямого воздействия в радиусе 2 км) обстановка характеризуется неоднородностью: в районе хвостохранилища и карьера – опасная, в других районах – напряженная.

5. Растительный покров. В результате строительных работ на растительный покров оказано воздействие в следующих видах: в зоне прямого и частично косвенного воздействия – вырубка леса при строительстве жилого поселка, карьера и разработке месторождения, хвостохранилища; вырубка леса и нарушение растительности при строительстве подъездных

путей и дорог нефтебазы, производственных площадок; загрязнение растительности нефтепродуктами, золой, шлаками и сажей происходит от дизельной станции, работающего автотранспорта, взрывных работ и т.д.

6. Животный мир. По результатам мониторинга животного мира складывается однозначный вывод о продолжающемся нарушении среды обитания, как в ближайших, так и в дальних окрестностях территории строительства комбината и его инфраструктуры. Значительную роль в обеднении окружающей фауны вносит неконтролируемое посещение работниками комбината и приезжими расположенной в окрестностях территории с целью сбора трав, даров леса, рыбалки и охоты, а также отлова ценных диких животных зачастую браконьерскими методами.

Для минимизации вредных воздействий Кызыл-Таштыгского ГОКа на окружающую среду, а также улучшения экологической обстановки в районе предприятия рекомендовано следующее:

- Соорудить водоотведение ручья Медвежьего в соответствии с проектом (по бетонному лотку) во избежание интенсивного окисления обломков руды и загрязнения реки Ак-Хем тяжелыми металлами.

- Установить все приобретенные очистные сооружения. Оборудовать места стока вод из очистных сооружений для удобного отбора проб воды на химический и бактериологический анализы (рабочий контроль).

- Учитывая большую значимость р. Ак-Хем как входящей в систему притоков р. Верхний Енисей – нерестового бассейна ценных пород рыбы – необходимо принять срочные меры по устранению загрязнения реки и недопущения его вновь.

- Настоятельно рекомендуется избегать нецелесообразного сведения растительного покрова, засорения продуктами вырубки, несанкционированного складирования и сброса бытового мусора и стоков.

- Для сохранения существующей фауны необходимо: строго придерживаться щадящего режима эксплуатации природных ресурсов (сохранности лесов, чистоты водоёмов, минимума вторжения дорогами, площадками, производственными объектами и персоналом в естественные уголья).

Список литературы

1. Прудников С.Г., Кальная О.И., Гуркова Е.А., Андрейчик М.Ф., Забелин В.И., Озерская Т.П., Ялышева Е.Н., Горбунов Д.П., Самбуу А.Д. Программа мониторинга состояния окружающей среды при разработке полиметаллических руд на Кызыл-Таштыгском месторождении/ Отчёт о научно-исследовательской работе. Кызыл, 2008. 322 с.

2. Прудников С.Г., Самбуу А.Д., Андрейчик М.Ф., Кальная О.И., Гуркова Е.А., Горбунов Д.П., Забелин В.И., Савельев А.П., Саая А.Д., Аюнова О.Д., Монгуш Ч.О., Карманова О.Г. Анализ фоновое состояние окружающей природной среды на площади рудного поля Кызыл-Таштыгского месторождения и сопредельной территории возможного влияния будущего горно-обогатительного комбината / Отчёт о научно-исследовательской работе. Кызыл, 2007. 320 с.

IMPACT DEVELOPMENT KYZYL-TASHTYG POLIMETALLIC FIELD (TUVA EAST) AT THE COMPONENTS OF THE ENVIRONMENT

**Kalnaya O.I., Zabelin V.I., Archimaeva T.P., Domozhakov E.A., Sambuu A.D.,
Ayunova O.D., Cenden O.A.**

*Tuva Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, Russia
e-mail: tikopr@mail.ru*

Abstract: mining of ores and has a significant impact on the specific components of the environment. Oxidation of ore minerals in mining these deposits and ore processing are accompanied by entering into surface water and groundwater as well as soil and vegetation cover of heavy metals – toxic substances, which leads to a significant deterioration of the natural environment.

Keywords: Kyzyl-Tashtyg polymetallic deposit, components of the environment, ecological monitoring.

ЗОНАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ВОЛЬФРАМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чечель Л.П.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: lpchechel@mail.ru*

Абстракт: Посредством факторного анализа и графических построений изучены условия формирования вод отработывавшихся ранее вольфрамовых месторождений. Показана ведущая роль техногенного фактора.

Ключевые слова: вольфрамовые месторождения, техногенные воды, факторы.

Все многообразие факторов, определяющих изменения характеристик природных вод, принято делить на две группы: а) внутренние факторы, обусловленные проявлением свойств атомов, молекул и ионов, и б) внешние факторы, в числе главнейших из которых выделяют зональные (ландшафтно-климатические) и региональные (геолого-структурные) факторы (Питьева, 1988; Посохов, 1975; Шварцев, 1998 и др.). Большое значение в последнее время приобрел также антропогенный фактор, одним из проявлений которого является формирование техногенных вод в горнодобывающих регионах.

Цель данного исследования состоит в выделении и интерпретации факторов, контролирующих изменения химического состава вод, формирующихся в нарушенных горной добычей условиях на примере четырех вольфрамовых месторождений, расположенных в Восточно-Забайкальском регионе. Это оловянно-вольфрамовые жильные Белухинское, Букукинское и Антоновогорское и грейзеновое Спокойнинское месторождения. Главный рудный минерал вольфрамит. Для руд первых трех месторождений характерно сопутствующее сульфидное оруденение. Основные зональные типы ландшафтов районов изученных вольфрамовых месторождений – горно-таежный и лесостепной.

В разные годы в их пределах было отобрано более 400 водных проб. Химико-аналитические исследования выполнялись в лаборатории Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН общепринятыми методами. Основные катионы и металлы определялись атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре SOLAAR-M6. Для интерпретации данных в работе использованы два метода – графических построений и факторный анализ, выполненный с помощью пакета прикладных программ «Statistica».

Изменение условий водообмена и дренирования подземных вод в результате отработки месторождений послужило причиной формирования техногенных гидрогеохимических систем, отличительными чертами которых являются усиление химического выноса основных ионов, формирование кислого дренажного стока и рост концентраций тяжелых металлов, алюминия и фтора. Более детальная характеристика гидрогеохимических полей месторождений приведена в ранее опубликованных работах (Чечель, Замана, 2006, 2009; Чечель, 2008, 2009, 2012, 2013 и др.).

Вынос химических элементов из зоны окисления месторождений находится в прямой зависимости от количества атмосферных осадков, с увеличением нормы которых происходит возрастание химического стока и снижение концентрации компонентов вод, что является одним из проявлений зональных факторов формирования вод. В пределах гидрогеохимических полей изученных рудных объектов наиболее ярко эта закономерность проявляется для районов сульфидсодержащих месторождений. В качестве примера на рисунке (рис. а, б) показано распределение максимальных значений минерализации и концентраций компонентов, а также минимальных значений рН для дренажных вод месторождения Букука в сравнении с колебаниями среднегодового количества осадков в разные годы. Обращают на себя внимание изменения основных характеристик химического состава вод связанные с неравномерностью выпадения атмосферных осадков, понижение количества которых способствует значительному росту концентраций компонентов и снижению рН вод. Изменение количества выпадающих атмосферных осадков также влечет за собой аналогичные изменения в химическом стоке штольневых вод на Букукинском месторождении (рисунок, в).

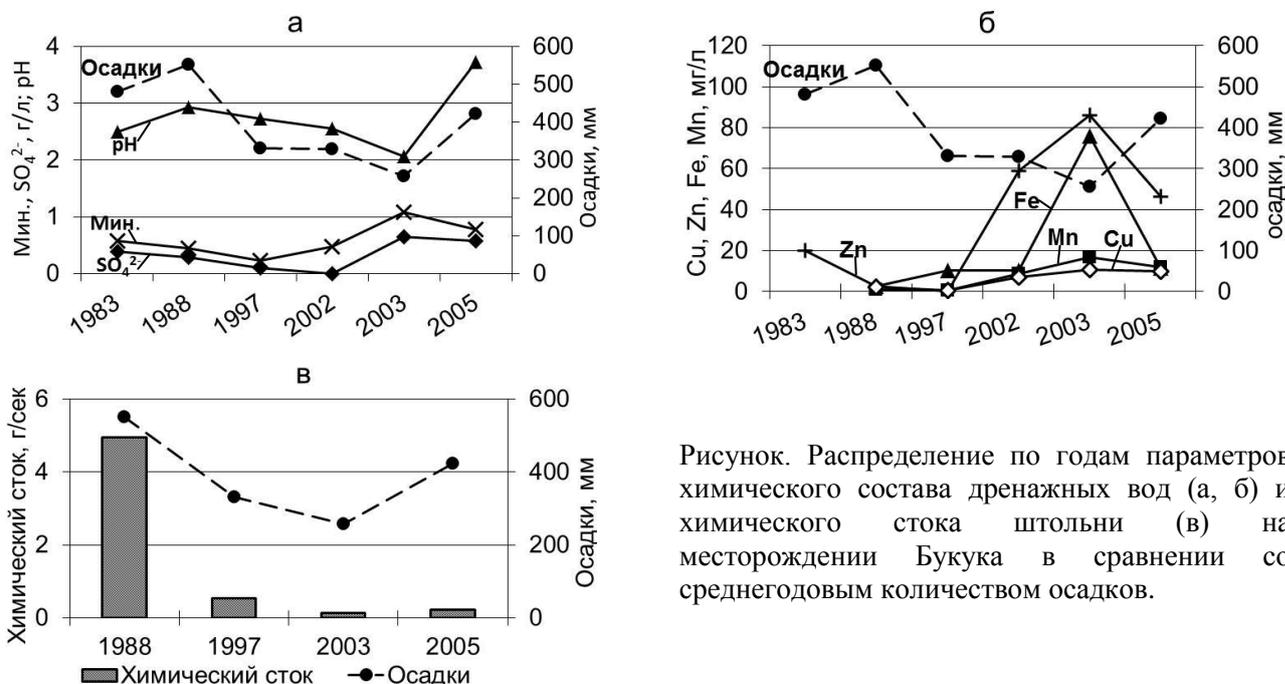


Рисунок. Распределение по годам параметров химического состава дренажных вод (а, б) и химического стока штольни (в) на месторождении Букука в сравнении со среднегодовым количеством осадков.

В результате проведения факторного анализа были получены матрицы главных факторов для каждого месторождения (таблица). Первые факторы на Белухинском, Букукинском и Антоновогорском месторождениях объединяют элементы, источниками которых в водах служат вмещающие горные породы и рудные минералы. Основными процессами поступления ионов в воды в районах этих трех месторождений являются окисление и сернокислотное разложение, свидетельством чего служат преимущественный сульфатный состав и повышенная кислотность вод. Данные факторы интерпретированы нами как техногенные, им свойственны наиболее высокие доли дисперсий выборок (таблица), что указывает на их главенствующую роль.

Наиболее ярко «техногенность» первых факторов проявлена на Букукинском и Антоновогорском месторождениях: присутствие в составе переменных показателя pH, фтора и металлов – на первом и SO_4^{2-} , минерализации и металлов – на втором. Это связано с повышенной кислотностью вод, формирующихся в их пределах, по сравнению с Белухинским месторождением, заметным развитием в рудных жилах которого пользуются карбонаты. Отрицательное значение факторной нагрузки pH в первом факторе на Букуке отражает особенности техногенной миграции в зоне окисления сульфидных месторождений. На Антоновогорском месторождении первый фактор объединяет компоненты в наибольшей степени, влияющие на химический тип вод и величину их минерализации.

Отсутствие в составе первых факторов Букуки, Белухи и Антоновой Горы главного рудного элемента вольфрама и его спутника молибдена объясняется различиями миграционных свойств компонентов – в кислых водах многие металлы активно мигрируют в форме простых катионов и сульфатных комплексов, тогда как миграция молибдена и вольфрама, осуществляемая в виде анионов кислотных остатков, в этих условиях ограничена. По этой-же причине вольфрам и молибден представлены в составе второго и третьего факторов на Белухинском и совершенно отсутствуют в числе переменных в матрицах факторов на двух других месторождениях.

Второй фактор на Белухинском месторождении, объединяющий вольфрам и натрий, интерпретирован как рудный. Натрий, в данном случае, отражает способность вольфрама к концентрированию в слабощелочных и щелочных с повышенными содержаниями натрия водах [3]. Выделение молибдена в отдельный (третий) фактор связано с неравномерностью его распределения в рудах и большей миграционной активностью по сравнению с вольфрамом [1]. В состав переменных в третьем факторе на Белухинском месторождении входят pH и ион HCO_3^- , характеризующие водно-миграционные свойства молибдена, отрицательные знаки факторных нагрузок всех переменных позволяют интерпретировать его как техногенный.

Второй фактор на Букукинском месторождении объединяет главный макрокатион кальций и его геохимический аналог стронций, который в виде изоморфных примесей часто входит в кристаллические решетки кальциевых минералов магматических пород. Этот фактор

отнесен к группе геологических и характеризует поступление этих ионов в воды в результате выщелачивания Са-содержащих минералов.

Таблица

Матрицы факторов вод районов вольфрамовых месторождений

| Месторождение Факторы Параметры | Белухинское | | | Букукинское | | Антоновогорское | | Спокойнинское | | |
|---------------------------------------|-------------|------|-------|-------------|------|-----------------|------|---------------|------|------|
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F1 | F2 | F1 | F2 | F3 |
| pH | | | -0,70 | -0,77 | | | | | | |
| HCO ₃ ⁻ | | | -0,94 | | | | | | 0,75 | |
| SO ₄ ²⁻ | | | | | | 0,92 | | | 0,80 | |
| Cl ⁻ | 0,95 | | | | | | | | 0,73 | |
| F ⁻ | 0,89 | | | 0,90 | | | 0,78 | | | 0,86 |
| Ca ²⁺ | 0,76 | | | | 0,74 | 0,90 | | | 0,75 | |
| Mg ²⁺ | 0,94 | | | | | 0,95 | | | 0,88 | |
| Na ⁺ | | 0,88 | | | | | | | | |
| K ⁺ | | | | | | | | | | 0,89 |
| ∑ ионов | | | | | 0,72 | 0,92 | | | 0,90 | |
| Sr | | | | | 0,81 | 0,89 | | | | |
| Al | | | | 0,94 | | | 0,76 | | | |
| Fe | | | | | | 0,93 | | | | |
| Mn | 0,90 | | | 0,89 | | 0,82 | | | | |
| Cu | 0,90 | | | 0,94 | | | 0,87 | | | |
| Zn | 0,98 | | | 0,89 | | 0,70 | | | | |
| Pb | | | | 0,72 | | | | | | |
| Cd | | | | 0,86 | | | 0,79 | | | |
| Ni | 0,77 | | | | | 0,71 | | 0,88 | | |
| Co | | | | 0,71 | | | 0,84 | 0,86 | | |
| Li | | | | | | | | | | 0,82 |
| Mo | | | -0,73 | | | | | 0,70 | | |
| W | | 0,86 | | | | | | 0,83 | | |
| Вклад факторов (%) | 54,8 | 22,3 | 22,9 | 69,2 | 30,8 | 58,2 | 41,8 | 38,3 | 37,1 | 24,6 |

Второй фактор на Антоновогорском месторождении, также интерпретированный как геологический, связан с растворением сульфидных минералов. Объединение в составе одного фактора компонентов, источниками которых являются сульфиды, с алюминием и фтором объясняется их совместной активной миграцией в кислых водах.

Для района Спокойнинского месторождения выделено три главных фактора, обуславливающих формирование вод (таблица). Первый фактор объединяет никель, кобальт, молибден и вольфрам и интерпретирован как техногенный. Выделение этих четырех компонентов в один фактор связано с особенностями их миграции, все они имеют низкие концентрации вне техногенных водоемов и максимальные в водах карьерного озера и отстойника обогатительной фабрики.

Второй и третий факторы интерпретированы как геологические. В составе второго фактора выделены компоненты, отвечающие за формирование химического типа вод и величину минерализации. Группа переменных матрицы третьего фактора отражает состав вмещающих оруденение литий-фтористых субщелочных микроклин-альбитовых гранитов, на восточном фланге которого локализовано месторождение [2].

Таким образом, в формировании химического состава вод исследуемых районов определяющим является фактор поступления компонентов в результате взаимодействия в системе вода – горная порода. Особенности поведения компонентов определяют их миграционные способности в разных средах, специфика формирования которых контролируется соотношением климатических, геолого-структурных и искусственных факторов, при ведущей роли последнего.

Исследование выполнено в рамках проекта VIII.79.1.3. «Гидрогеохимия, криогеохимия и электрофизические свойства ледяных образований в зоне техногенеза рудных месторождений Забайкалья».

Список литературы

1. Голева Г.А. Гидрогеохимия рудных элементов. М.: Недра, 1977. 216 с.
2. Гребенников А.М. Спокойнинское вольфрамовое месторождение // Месторождения Забайкалья /Под ред. акад. Н.П. Лаверова (в 2-х книгах). М.: Геоинформмарк, 1995. Т. I. Кн. I. С. 106-116.
3. Крайнов С.Р. Геохимия редких элементов в подземных водах (в связи с геохимическими поисками месторождений). М.: Недра, 1973. 296 с.

**ZONAL AND REGIONAL FACTORS OF FORMATION OF TECHNOGENIC WATERS
TUNGSTEN DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA**

Chechel L.P.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: lpchechel@mail.ru

Abstract: Conditions of formation waters of waste tungsten deposits with the help of factor analysis and graphical constructions are studied. The leading role of anthropogenic factors is shown.

Keywords: tungsten deposit, technogenic waters, factors.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПРОФИЛЕ ПОЧВ, ПЕРЕКРЫТЫХ ОТХОДАМИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛИБДЕНИТОВЫХ И СУЛЬФИДНО-ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: sv-dorosh@mail.ru

Абстракт: Изучено распределение редкоземельных элементов в профиле почв, перекрытых отходами переработки молибденитовых и сульфидно-вольфрамовых руд. В исследованных почвах легкие лантаноиды преобладают над тяжелыми. В аллювиальных болотных почвах фонового участка более высокие концентрации РЗЭ приурочены к почвообразующей породе; в почвах, перекрытых отходами обогащения руд – к погребенным перегнойным горизонтам.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, аллювиальные болотные почвы, отходы переработки молибденитовых и сульфидно-вольфрамовых руд.

Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат (ДВМК), перерабатывавший молибденитовые и сульфидно-вольфрамовые руды месторождений Джидинского рудного поля, более 60 лет был одним из ведущих предприятий горнодобывающей промышленности нашей страны. В 1997 г. производство было законсервировано без проведения каких-либо работ по рекультивации “нарушенных” земель. На территории, граничащей с г. Закаменском, остались отходы обогащения руд (насыпное и намывное хвостохранилища, склад аварийных сбросов), общая масса которых ориентировочно составляет 50 млн т. Эти отходы, с одной стороны, представляют практический интерес в качестве возможного сырья для получения ряда металлов и производства строительных материалов, а с другой – негативно (токсично) воздействуют на окружающую среду [3]. В 2011 г. Министерством природы России реализован I этап программы мероприятий по устранению негативных воздействий на г. Закаменск деятельности бывшего ДВМК. В результате 3,2 млн. тонн лежалых хвостов насыпного и аварийного хвостохранилищ перемещено на массив бывшего гидроотвала.

В поровых водах лежалых отходов обогащения руд, имеющих кислую-сильнокислую реакцию среды, обнаружены повышенные концентрации ряда химических элементов, в том числе редкоземельных. Наиболее подвижными из последних являются лантан, церий и неодим [2].

Целью работы является исследование распределения редкоземельных (РЗЭ) в профиле почв, длительное время перекрытых отходами обогащения руд.

Объекты исследований – аллювиальные болотные почвы (АБП) территории бывшего насыпного хвостохранилища после перемещения лежалых отходов обогащения руд. В качестве фонового участка выбрана территория с природным (пойменным) ландшафтом (руч. Барун-Нарын). Отбор проб почв проводился по генетическим горизонтам. Определение РЗЭ осуществлялось методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой в лаборатории инструментальных методов анализа ГИН СО РАН. Спектры редкоземельных элементов нормированы по хондриту.

Лежалые отходы обогащения руд насыпного хвостохранилища или техногенные пески (ТП) более 70 лет перекрывали аллювиальные болотные почвы. ТП имеют сильнокислую реакцию среды и разнообразный гранулометрический состав: от илистого, пылеватого до мелко- и крупнопесчаного. Основными минералами их являются кварц и полевошпат. Из рудных минералов преобладает пирит (среднее 0.3 %), в единичных зернах постоянно присутствуют гюбнерит, халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит и блеклая руда; из нерудных – флюорит и берилл. Гюбнерит и шеелит находятся в сростках с нерудными минералами и сульфидами [3].

В верхней части почвенного профиля АБП находится темно-серый перегнойный горизонт мощностью 20-30 см. Нижележащие горизонты представлены минеральной толщей разной степени оглеения. Реакция почв – сильнокислая-кислая в верхней части и кислая в нижней части профиля. Содержание органического вещества составляет 47-52 %, степень разложения – высокая.

Суммарное содержание РЗЭ+У в перегнойном горизонте почв фонового участка составляет 143 мг/кг, в минеральных горизонтах – 196-232 мг/кг (табл.). Относительно низкое содержание РЗЭ в органогенном горизонте по сравнению с минеральными вероятно всего связано с достаточно высоким количеством органических кислот, изменяющих окислительно-восстановительные условия почв, и низким содержанием РЗЭ в растительных остатках [1]. Суммарное содержание РЗЭ+У в погребенном перегнойном горизонте почв на территории бывшего насыпного хвостохранилища характеризуется более высокими значениями (272-345 мг/кг) в сравнении с таковым в минеральных горизонтах (188-210 мг/кг), а также в сравнении с перегнойным горизонтом почв фонового участка.

В изученных почвах легкие лантаноиды преобладают над тяжелыми (рисунок). Отношение $\sum\text{LREE}/\sum\text{HREE}$ варьирует от 5,6 до 21,8; более высокое отношение характерно для ТП и перегнойного горизонта в почве фонового участка (таблица). Причем в аллювиальных болотных почвах, длительно перекрытых отходами обогащения руд, наблюдается увеличение доли тяжелых РЗЭ.

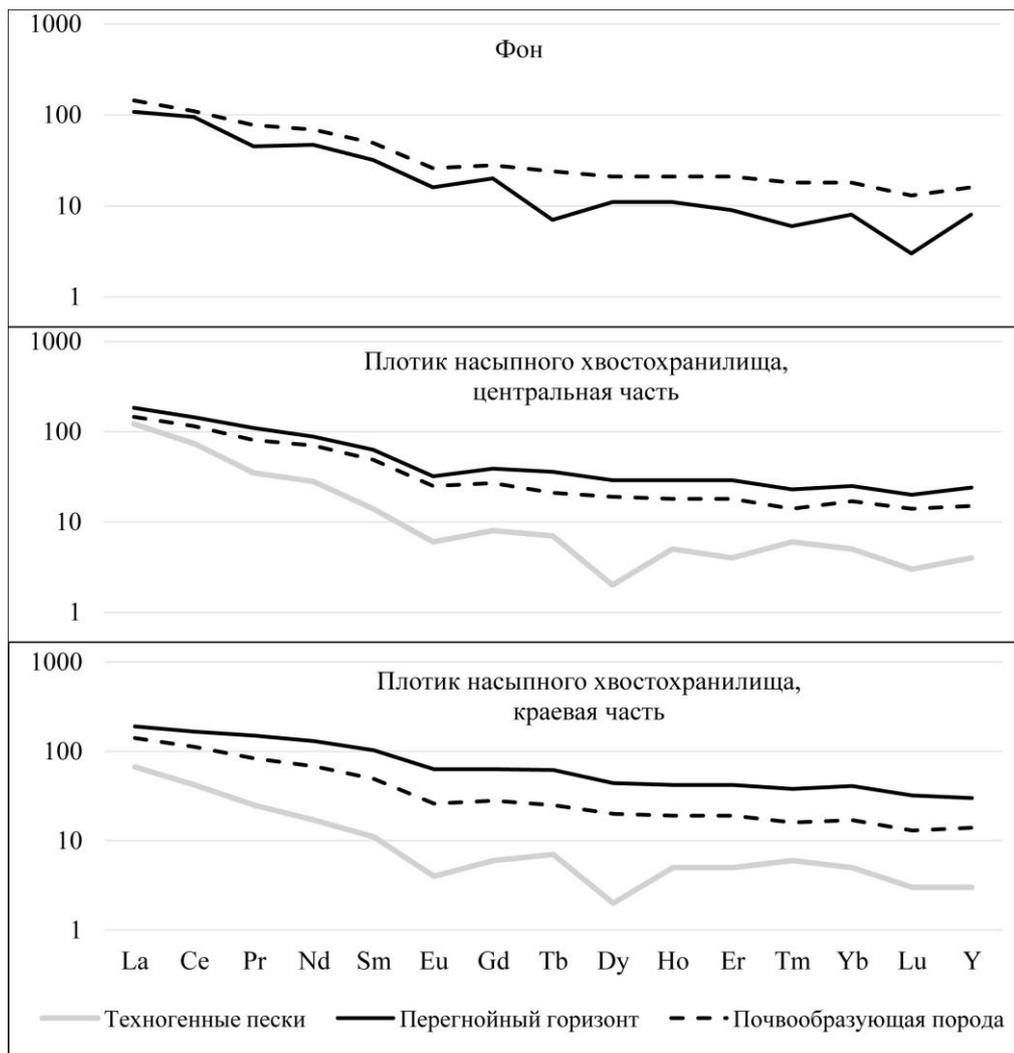


Рисунок. Нормированные по хондриту спектры РЗЭ в профиле аллювиальных болотных почв.

Содержание редкоземельных элементов в техногенных песках и горизонтах аллювиальных болотных почв, мг/кг

| Месторасположение Горизонт Глубина, см | руч. Барун-Нарын (фон) | | | | Плотик насыпного хвостохранилища, центральная часть | | | | Плотик насыпного хвостохранилища, краевая часть | | | | |
|--------------------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | $\frac{A_{пер}}{7-13}$ | $\frac{A1G}{13-29}$ | $\frac{BG}{29-39}$ | $\frac{BCG}{39-65}$ | $\sim(TII)$ | $\frac{A_{пер}}{погр}$ 0-19 | $\frac{A1Bg}{19-35}$ | $\frac{Bg}{35-60}$ | $\sim(TII)$ 0-60 | $\frac{A_{пер}}{погр}$ 60-70 | $\frac{Bg}{70-92}$ | $\frac{BCg}{92-150}$ | $\frac{G}{150-180}$ |
| La | 25,1 | 43,1 | 33,4 | 34,5 | 28,8 | 43,5 | 34,6 | 34,7 | 15,9 | 45,1 | 31,4 | 36,2 | 32,4 |
| Ce | 58,5 | 77,9 | 65,0 | 70,0 | 45,1 | 88,6 | 70,6 | 71,3 | 26,0 | 102,0 | 66,8 | 72,7 | 66,3 |
| Pr | 4,2 | 8,3 | 6,9 | 7,4 | 3,2 | 10,2 | 7,5 | 7,9 | 2,3 | 13,9 | 7,8 | 8,0 | 7,4 |
| Nd | 21,3 | 36,3 | 31,2 | 31,3 | 12,6 | 40,3 | 32,1 | 32,2 | 7,8 | 59,4 | 31,5 | 32,5 | 29,1 |
| Sm | 4,8 | 8,4 | 7,1 | 7,4 | 2,1 | 9,3 | 7,2 | 7,5 | 1,6 | 15,2 | 7,6 | 7,5 | 6,7 |
| Eu | 0,92 | 1,64 | 1,41 | 1,50 | 0,33 | 1,82 | 1,41 | 1,51 | 0,24 | 3,57 | 1,53 | 1,54 | 1,35 |
| Gd | 3,9 | 6,4 | 5,4 | 5,5 | 1,5 | 7,8 | 5,5 | 5,8 | 1,3 | 12,6 | 5,7 | 5,7 | 5,2 |
| Tb | н/о | 0,92 | 0,82 | 0,86 | н/о | 1,30 | 0,75 | 0,87 | н/о | 2,25 | 1,0 | 0,94 | 0,81 |
| Dy | 2,8 | 5,5 | 5,0 | 5,2 | н/о | 7,0 | 4,7 | 5,0 | н/о | 10,8 | 5,0 | 5,1 | 4,3 |
| Ho | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | н/о | 1,6 | 1,0 | 1,1 | н/о | 2,3 | 1,1 | 1,1 | 0,96 |
| Er | 1,5 | 3,3 | 3,2 | 3,4 | 0,63 | 4,7 | 2,9 | 3,1 | 0,75 | 6,7 | 3,2 | 3,25 | 2,7 |
| Tm | н/о | 0,36 | 0,40 | 0,48 | н/о | 0,56 | 0,35 | 0,37 | н/о | 0,93 | 0,42 | 0,42 | 0,33 |
| Yb | 1,25 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 0,86 | 4,0 | 2,75 | 2,85 | 0,72 | 6,65 | 2,9 | 2,75 | 2,35 |
| Lu | н/о | 0,29 | 0,31 | 0,31 | н/о | 0,48 | 0,35 | 0,35 | н/о | 0,78 | 0,34 | 0,33 | 0,29 |
| Y | 17,7 | 36,2 | 32,3 | 34,8 | 8,8 | 50,8 | 31,0 | 32,7 | 5,2 | 63,0 | 30,2 | 32,0 | 27,8 |
| $\sum (REE+Y)$ | 143,1 | 232,4 | 196,3 | 206,8 | 105,2 | 272,0 | 202,7 | 207,3 | 63,0 | 345,2 | 196,5 | 210,0 | 188,0 |
| $\sum LREE$ | 114,82 | 175,6 | 145,0 | 152,1 | 92,13 | 193,72 | 153,41 | 155,1 | 53,84 | 239,17 | 146,6 | 158,4 | 143,25 |
| $\sum HREE$ | 10,53 | 20,57 | 19,03 | 19,85 | 4,22 | 27,44 | 18,3 | 19,44 | 4 | 43,01 | 19,66 | 19,59 | 16,94 |
| $\sum LREE/\sum HREE$ | 10,90 | 8,54 | 7,62 | 7,66 | 21,83 | 7,06 | 8,38 | 7,98 | 13,46 | 5,56 | 7,46 | 8,09 | 8,46 |
| La/Yb | 20,1 | 16,0 | 11,9 | 11,9 | 33,5 | 10,9 | 12,6 | 12,2 | 22,1 | 6,8 | 10,8 | 13,1 | 13,8 |
| Yb/Sm | 0,26 | 0,32 | 0,39 | 0,39 | 0,41 | 0,43 | 0,38 | 0,38 | 0,45 | 0,44 | 0,38 | 0,37 | 0,35 |

Примечание: н/о – не обнаружено; $\sum LREE$ – сумма легких РЗЭ (от La до Eu); $\sum HREE$ – сумма тяжелых РЗЭ (Gd от до Lu).

Таким образом, в исследованных аллювиальных болотных почвах легкие лантаноиды преобладают над тяжелыми. Отмечена тенденция некоторого увеличения тяжелых РЗЭ в почвах, перекрытых отходами обогащения руд. В аллювиальных болотных почвах фонового участка более высокие концентрации РЗЭ приурочены к минеральным горизонтам и почвообразующей породе. В аллювиальных болотных почвах, перекрытых отходами обогащения руд отмечается накопление РЗЭ в органических (перегнойных) горизонтах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16-05-01041.

Список литературы

1. Брянин С.В., Сорокина О.А. Вертикальное распределение редкоземельных элементов в почвах южной тайги Верхнего Приамурья, сформированных на горных породах различного состава // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34. № 3. С. 104-111.
2. Дабаева В.В., Плюснин А.М. Экспериментальное исследование миграции и высачивания цветных и редкоземельных элементов в толще хвостов переработки Джидинского Гока // Научно-исследовательские публикации. Воронеж, 2015. Т.1. № 2 (22). С. 47-52.
3. Смирнова О.К., Плюснин А.М. Джидинский рудный район (проблемы, состояние окружающей среды). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 180 с.

RARE EARTH ELEMENTS IN THE SOILS, COVERED BY TAILINGS AFTER MOLYBDENITE AND SULFIDE-TUNGSTEN ORES PROCESSING (WESTERN TRANSBAIKALIA)

Doroshkevich S.G., Smirnova O.K.

Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

e-mail: sv-dorosh@mail.ru

Abstract: The distribution of rare earth elements in the soils covered by waste after processing of molybdenite and sulfide-tungsten ores has studied. LREE predominate over HREE in the studied soils. On the background alluvial swamp meadow soil highest concentrations of rare earth elements are confined to pedogenic rock. In soils, which were covered by tailings, highest concentrations of rare earth elements are observed for buried humus horizons.

Keywords: rare earth elements, alluvial swamp meadow soils, waste after molybdenite and sulfide-tungsten ores processing.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Эпова Е.С.¹, Еремин О.В.¹, Бычинский В.А.²

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия,

²Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: yeroleg@yandex.ru

Абстракт: Приведены некоторые сравнительные характеристики сорбентов, применяемых в фильтрах для очистки питьевой воды, и природных цеолитов шивыртуина и цеохола. Показано, что цеолитовые породы можно использовать в материалах для удаления из воды растворённых в ней ионов металлов (в естественной и натрий-модифицированной формах) и органических соединений (после специальной обработки с получением иерархической структуры цеолитов). Среди часто используемых в фильтрах для очистки воды соединений природные цеолиты характеризуется лучшими свойствами в отношении регенерации, что увеличивает возможности их повторного применения.

Ключевые слова: Природные цеолиты, модификация и регенерация цеолитов, фильтры для очистки воды.

В современный период активной урбанизации общества проблема в обеспечении населения питьевой водой очень актуальна. Во многих городах воду «из-под крана» давно не используют для питья и приготовления пищи. Широкое применение для очистки водопроводной воды получили различные фильтры. Основные материалы, которые используются в таких фильтрах – активированный уголь, синтетические органические ионообменные смолы, неорганические иониты и др. В основе неорганических ионитов часто используются природные цеолиты.

Цеолитовые минералы являются хорошими катионообменными веществами и способны поглощать из воды целый ряд элементов, извлечение которых другими сорбентами весьма сложно или вообще не осуществимо. К таким относятся ионы Cs, Cu, Pb, Zn, Cd, Ba, Co, Ag и других металлов. Цеолиты также поглощают из растворов катионы кальция и магния, содержание которых определяет жёсткость воды. Высока сорбционная активность цеолитов по отношению к растворённым в воде газам. Цеолиты характеризуются микропористой структурой пор и каналов с размерами от 2 до 20 ангстрем. Поэтому в качестве сорбентов крупных органических молекул цеолитовые материалы не эффективны. В этом отношении активированные угли и органические ионообменные смолы имеют преимущества над цеолитами. Однако, в последнее время внимание учёных привлекает использование так называемых иерархических цеолитов [1]. Структура таких цеолитов характеризуется наличием дополнительных к микропористым апертурам мезо- и макро-полостей (от 20 до 500 ангстрем), в которых возможны процессы сорбции крупных и очень крупных органических молекул – пестицидов, продуктов разложения фармацевтических препаратов, бензпирена и других потенциальных загрязнителей водной среды. Первые образцы иерархических цеолитов начали получать из синтетических образцов не более десяти лет назад. В настоящее время активно ведутся исследования по получению иерархических цеолитов из природных материалов.

В Забайкальском крае расположено крупнейшее в России Шивыртуинское месторождение цеолитов. Основной вид цеолитового сырья на этом месторождении представлен клиноптилолит-монтмориллонитовыми туфами, получившими название шивыртуины. Также нашли широкое применения в качестве природного сорбента цеохолы – клиноптилолитовые породы Холинского месторождения (Забайкалье).

Проведённые нами исследования показали, что немодифицированные шивыртуины поглощают практически все растворённые в воде катионы металлов, обменивая их на натрий и калий из своей внекаркасной структуры [3]. Для возможного использования шивыртуинов и цеохолов в фильтрах для очистки воды может быть использована их натриевая форма, сорбционная активность которой выше чем у немодифицированной породы. Метод получения натриевой формы природных цеолитов достаточно прост и может быть осуществлён в растворах хлорида натрия [4,5]. Этим же реагентом может проводиться регенерация цеолита после его использования и насыщения сорбционной ёмкости в процессах очистки воды. Содержание опасных для человеческого организма элементов (мышьяк, свинец и др.) в шивыртуинских и холинских породах не превышают (или незначительно превышают) кларковые

содержания (табл. 1), что не должно создавать опасности использования этих природных материалов в фильтрах для очистки питьевой воды. Шивыртуйские породы содержат превышающие кларк количества бария и стронция.

Таблица 1

Содержание элементов-примесей (г/т) в природных сорбентах шивыртуине и цеохоле по сравнению с кларком земной коры. Анализ выполнен в аккредитованной лаборатории «СЖС Лимитед» г. Чита

| Элемент | Шивыртуин | Цеохол | Кларк земной коры |
|---------|-----------|--------|-------------------|
| As | 4 | 5 | 1.7 |
| Pb | 14 | 15 | 16 |
| Sr | 1600 | 100 | 370 |
| Ba | 1200 | 220 | 500 |
| Ni | 8 | 4 | 58 |
| Zn | 51 | 45 | 83 |
| Sc | 120 | 10 | 10 |
| Y | 21.6 | 34.6 | 29 |
| La | 29.8 | 57.9 | 29 |
| Ce | 60 | 70 | 60 |
| Pr | 6.95 | 12 | 9 |
| Nd | 26.6 | 47 | 37 |
| Sm | 5 | 8.7 | 8 |
| Eu | 1.2 | 1.2 | 1.3 |
| Gd | 4.4 | 7.3 | 8 |
| Tb | 0.7 | 1.1 | 4.3 |
| Dy | 4 | 6.1 | 5 |
| Ho | 0.8 | 1.1 | 1.7 |
| Er | 2.6 | 3.3 | 3.3 |
| Tm | 0.37 | 0.45 | 0.27 |
| Yb | 2.7 | 3.2 | 0.33 |
| Lu | 0.42 | 0.45 | 0.8 |
| Sb | 0.6 | 2.0 | 0.5 |
| Be | <5 | <5 | 3.8 |
| Bi | 0.1 | 0.3 | 0.009 |
| Cd | <0.2 | <0.2 | 0.013 |
| Re | 0.0007 | 0.0007 | 0.007 |
| In | <0.2 | <0.2 | 0.025 |
| Ag | 0.9 | <2 | 0.07 |
| U | 2.9 | 3.62 | 2.5 |
| Th | 10.7 | 15.7 | 13 |
| Tl | <0.5 | 0.6 | 0.7 |
| Cs | 12 | 7 | 3.7 |
| Cr | <10 | 20 | 83 |
| Ga | 13 | 14 | 19 |
| Mo | 3 | <2 | 1.1 |
| Nb | 33 | 37 | 20 |
| Rb | 80 | 171 | 150 |
| Se | 0.3 | 0.1 | 0.05 |
| Ta | 3.2 | 6.9 | 2.5 |
| W | 9 | 7 | 1.3 |
| Zr | 290 | 143 | 250 |
| Li | 10 | 20 | 32 |
| Co | 0.8 | 1.1 | 18 |

Интересен факт, что барий и стронций в составе шивыртуина не участвуют в ионном обмене при взаимодействии, например, с растворами хлорида натрия или техногенными рудничными водами разных составов. Однако, экспериментально при подготовке аммонийных форм шивыртуинов нами было отмечено, что эти элементы (Ba и Sr) легко вытесняются из

структуры сорбента катионами аммония. На порядок превышающее кларк земной коры содержание скандия в шивыртуинах, не проявляется в ионообменных процессах. Этот элемент, вероятно, изоморфно замещает алюминий в «инертной» алюмосиликатной структуре клиноптилолита или монтмориллонита и не мигрирует в жидкую фазу водных растворов.

В (табл. 2) приведены сравнительные характеристики различных сорбентов, используемых в фильтрах для очистки питьевой воды. Из данных таблицы можно видеть, что цеолитовые породы уступают в удельной поверхности углям и силикагелю что должно проявляться в скорости сорбционных процессов, хотя в ёмкости цеолиты уступают только органическим ионообменным смолам. По возможности вторичного использования природные цеолиты имеют преимущество над другими сорбентами.

Таблица 2

Сравнительные свойства некоторых сорбентов, применяемых в фильтрах для очистки питьевой воды, и природных цеолитов – шивыртуина и цеохола

| Сорбент | Удельная поверхность S, м ² /г | Объём порового пространства V см ³ /г | Сорбционная ёмкость, мг-экв/г | Возможность регенерации |
|----------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Активированный уголь | 500-1500 | 0.3-1.02 | 0.1-1.8 | Осуществима с потерей сорбционной ёмкости |
| Ионообменные смолы | 0.1-70 | 0.3-0.7 | 1-8 | Осуществима |
| Силикагель | 200-800 | 0.37-0.93 | 0.3-3 | Осуществима |
| Шивыртуин | 20-300 | 0.084-0.100 | 1.5-2 | Осуществима не менее 10 раз без потери сорбционной ёмкости [2] |
| Цеохол | 2-100 | 0.07-0.10 | 1-2 | Осуществима не менее 10 раз без потери сорбционной ёмкости [2] |

Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (№ 14-05-98012_р_сибирь_a).

Список литературы

1. Koohsaryan E., Anbia M. Nanosized and hierarchical zeolites: A short review // Chinese Journal of Catalysis. 2016. 37. P.447-467.
2. Xu W., Li L.Y., Grace J.R., Hebrard G. Acid rock drainage treatment by clinoptilolite with slurry bubble column: Sustainable zinc removal with regeneration of clinoptilolite // Applied Clay Science. 2013. № 80-81. P. 31-37.
3. Еремин О.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., Филенко Р. А. Поглощение редких и рассеянных элементов природным сорбентом шивыртуином // Труды Всероссийского ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. М: ГЕОХИ РАН, 2015. С. 378-382.
4. Еремин О.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., Филенко Р.А., Беломестнова В.А., Федоренко Е.В. Сорбция ионов цинка из водных растворов природным клиноптилолитовым туфом // Успехи современного естествознания. 2015. №10. С. 86-91.
5. Эпова Е.С., Еремин О.В., Русаль О.С., Филенко Р. А. Процессы активации сорбционных свойств цеолитовых пород Шивыртуйского месторождения (Восточное Забайкалье) // Минералогия техногенеза. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 204-208.

ON THE POSSIBILITY OF USING NATURAL ZEOLITES FOR PURIFICATION OF DRINKING WATER

Epova E.S.¹, Eremin O.V.¹, Buchinskiy V.A.²

¹Institute of natural resources, ecology and cryology SB RAS, Chita, Russia

²Institute of geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: yeroleg@yandex.ru

Abstract: Some comparative characteristics of sorbents used in filters for purification of drinking water and natural zeolites shuvurtuin and zeokhol have been presented. It is shown that zeolite rocks can be used as materials for removal from water of dissolved metal ions (in the natural and sodium modified forms) and organic compounds (after special treatment by obtaining a hierarchical structure of zeolites). Among commonly used filters for water purification compounds, natural zeolites is characterized by the best properties in regeneration, which increases the possibility of their reuse.

Keywords: Natural zeolites, modification and regeneration of zeolites, filters for water purification.

УСТОЙЧИВОСТЬ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ГЛУБИННЫХ БАЙКАЛЬСКИХ ВОД В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Белькова Н.Л.

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
e-mail: nbelkova@gmail.com

Абстракт: Экстремальные по температуре и содержанию питательных веществ места обитания представлены микробными сообществами, которые наиболее чутко реагируют на любые изменения физико-химических параметров. Учитывая современные изменения в состоянии экосистемы озера Байкал, проведен анализ разнообразия, состава и структуры микробных сообществ в глубинных зонах за 20-летний период исследований. Получены новые данные о наличии в составе микробных сообществ специфичных для озера видов микроорганизмов. Показаны перспективы использования различных методических подходов для получения новых знаний о микробных сообществах глубинных байкальских вод.

Ключевые слова: микробные сообщества, озеро Байкал, экологический кризис, молекулярно-генетические методы.

Фундаментальная задача эволюционной биологии заключается в понимании того, как экологическое разнообразие возникает и сохраняется в природных популяциях. Исследования микробных сообществ экстремальных мест обитания выявили две особенности их разнообразия. С одной стороны, показано наличие специализированных бактериальных групп разного таксономического уровня, которые имеют специфичные метаболические или энергетические механизмы и адаптированы к выживанию при определенных физико-химических параметрах среды обитания, включая температуру, рН, соленость и гидростатическое давление. С другой стороны, из некоторых биотопов изолированы и охарактеризованы разные виды одного рода, в том числе новые, ранее не описанные. Эти микроорганизмы могут быть узкоспециализированными и специфичными для изучаемых экосистем.

Характерной особенностью глубинных вод озера Байкал является постоянство физико-химических параметров: низкая минерализация, низкая температура и насыщенность кислородом. Водная толща озера ниже термоклина – это термостабильная среда с температурой 3.8°C. Психротрофность и олиготрофность естественных условий обитания определяет специфичность микробных сообществ, где гетеротрофные бактерии, будучи ответственными за деструкцию органического вещества, являются доминирующей физиологической группой. Для глубинных вод озера Байкал показано большое разнообразие микроорганизмов и высказано предположение о существовании специфичных для экосистемы видов, которые могут быть эндемичными [1], особенно учитывая большую долю эндемиков среди других групп высших организмов [2].

В последнее время микробиологические исследования на озере Байкал включают в себя комплекс мероприятий: изучение генетического разнообразия с помощью различных молекулярных подходов (амплификация vs. клонирование, метагеномное секвенирование, флуоресцентная гибридизация *in situ*), культивирование преимущественно гетеротрофных микроорганизмов, учет общей численности бактерий, оценка биотехнологического потенциала как отдельных изолированных штаммов, так и сообщества в целом. В настоящее время очевиден прогресс в использовании молекулярных методов анализа в микробной экологии. На смену амплификации и клонированию пришел метагеномный анализ и секвенирование отдельных бактериальных клеток без культивирования. Это позволило не только выявить большое количество новых бактериальных таксонов разного уровня, но и получить информацию о геномах бактерий, которые ранее не были культивированы, а на основании последовательностей 16S рДНК отнесены в фантомные филы. Таким образом, подтверждена возможность молекулярной характеристики физиолого-биохимических свойств новых для науки микроорганизмов без их предварительного культивирования.

Микробное сообщество глубинных байкальских вод изучается молекулярно-генетическими методами с 1994 года [1, 3]. Наряду с высоким разнообразием, было показано наличие трех групп так называемых некультивируемых микроорганизмов, среди которых

особый интерес представляют последовательности, формирующие обособленные ветви в кластерах фантомных, или кандидатных фил. В целом доля таких последовательностей невысока, а принадлежность к этим кластерам подтверждает наличие широко распространенных специализированных бактериальных групп в низкотемпературных пресноводных экосистемах. Очевидно, что за последние несколько лет существенно снизилось число самих фантомных фил благодаря секвенированию отдельных бактериальных клеток, тем не менее, традиционно в глубинных слоях озера отмечены представители следующих фил, имеющие в своем составе только последовательности, полученные молекулярными методами из других пресноводных или почвенных экосистем: *Candidatus Saccharibacteria*, candidate division BRC1, *Poribacteria*, *Parcubacteria*, candidate division SR1 и candidate division WPS-1.

Еще одной интересной группой последовательностей в глубинных водах озера являются последовательности, которые не удается идентифицировать даже на уровне крупной филы. Долю таких последовательностей и/или микроорганизмов можно оценить флуоресцентной гибридизацией *in situ* или метагеномным анализом ампликонов. Традиционно она оценивается очень высоко. Так, по результатам флуоресцентной гибридизацией *in situ* материалов экспедиций 1996-1997 гг. она составляла от 10-15% на глубинах 200-400 м до 50-60% на глубинах 1000-1200 м в южной и средней котловинах озера. Метагеномный анализ, проведенный в 2011 и 2014 гг. для глубинных вод южной котловины, выявил более низкие значения до 23 и 11%, соответственно. Это в первую очередь связано с развитием методической и информационной базы молекулярной экологии микробных сообществ. Следует отметить, что по сравнению с другими пресными водоемами, это существенно более высокие значения, что косвенно свидетельствует о существовании в водной толще озера узкоспециализированных микроорганизмов, специфичных для этой экосистемы.

Еще одним косвенным подтверждением этой гипотезы стали результаты идентификации некоторых культивируемых гетеротрофных микроорганизмов. Так, при изучении филогении бактерий рода *Sphingomonas*, были идентифицированы как известные виды этого рода, так и новые, имеющие невысокий процент гомологии с последовательностями как типовых штаммов, так и не идентифицированных бактерий. Филогенетический анализ подтвердил их таксономическое положение как возможных представителей новых видов рода *Sphingomonas*.

Сравнительный анализ прибрежных, поверхностных и глубинных вод озера Байкал позволил охарактеризовать пять крупных бактериальных фил как доминирующих в водной толще озера: *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Verrucomicrobia* и *Cyanobacteria*. При этом по результатам исследований 1994-1997 гг. представители филы *Bacteroidetes* не были идентифицированы в микробном сообществе. В настоящее время показана не только высокая доля, но и огромное разнообразие этой филы в прибрежной зоне озера, в ассоциациях с гидробионтами и в биопленках. Широко известна способность отдельных представителей этой филы наряду с актинобактериями гидролизировать трудно-разлагаемые субстраты, включая полисахариды, целлюлозу, пектин и хитин, тем самым проводя начальные стадии их деструкции. Следует также отметить, что в глубинных водах озера отмечено более низкое биоразнообразие, но высокая доля последовательностей, не классифицированных на разном таксономическом уровне. Несмотря на то, что методические возможности клонирования и метагеномного секвенирования сильно различаются по глубине прочтения, спектр доминирующих филотипов, выявленных в разные годы в глубинных водах остается неизменным: *Sphingomonas*, *Methylobacterium*, *Actinobacteria hgcl*, *Paenibacillus* и др. Спектр доминирующих филотипов в микробных сообществах поверхностных, придонных и прибрежных вод более разнообразен и, по-видимому, зависит от физико-химических и экологических особенностей соответствующих мест обитания микроорганизмов.

Обращает внимание еще один интересный факт доминирования представителей *Alphaproteobacteria* по сравнению с классами *Gamma*- и *Betaproteobacteria* в глубинных слоях озера. Традиционно в низкотемпературных пресных водоемах показано доминирование и большое разнообразие представителей класса *Betaproteobacteria*. Однако в озере Байкал представители этого класса доминируют только на отдельных станциях в прибрежных водах и в ассоциациях с гидробионтами.

Таким образом, молекулярно-генетический анализ глубинных байкальских вод, проведенный разными методическими подходами, позволил выявить общие закономерности

состава и структуры этих микробных сообществ: наличие широко специализированных и специфичных для экосистемы фило типов, доминирование, сохраняющееся как на уровне крупных таксонов (филы, классы), так и на уровне фило типов, и показал их устойчивость в последние 20 лет. Выявление метагеномным секвенированием ампликонов в числе доминирующих филогенетических групп представителей филы *Bacteroidetes* заслуживает дополнительного и тщательного изучения.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0345-2014-0004 «Структура, динамика формирования и метаболический потенциал сообщества микроорганизмов и фагов в биопленках пресноводных водоемов».

Список литературы

1. Белькова Н.Л. Таксономическое разнообразие микробного сообщества водной толщи озера Байкал. // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2004. 20 с.
2. Тимошкин О.А. Биоразнообразие фауны Байкала: обзор современного состояния изученности и перспективы исследования // Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала с краткими очерками по их экологии. Новосибирск, 1995. С. 25-51.
3. Белькова Н.Л., Денисова Л.Я., Манакова Е.Н., Зайчиков Е.Ф., Грачев М.А. Видовое разнообразие глубоководных микроорганизмов озера Байкал, выявленное по последовательностям 16S рРНК // Докл. РАН. 1996. Т. 348. №5. С. 692-695.

STABILITY OF DEEP WATER MICROBIAL COMMUNITIES OF LAKE BAIKAL IN THE MODERN ECOLOGICAL CRISIS

Belkova N.L.

Limnological Institute SD RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: nlbelkova@gmail.com

Abstract: Habitats, which are extremal in temperature and nutrient content, are represented by microbial communities, those are the most sensitive to any changes in the physico-chemical parameters. Taking into account the current changes in the state of Lake Baikal ecosystem, analysis of diversity, composition and structure of microbial communities in the deep layers of the lake of the 20-year study period was carried out. The new data on the presence in the composition of microbial communities the specific for the lake microorganisms were obtained. The prospects of the use of different methodological approaches to obtain new knowledge about the microbial communities of the deep waters of Lake Baikal were discussed.

Keywords: microbial community, Lake Baikal, ecological crisis, molecular methods.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРАДАРНОЙ И РАДИОИМПЕДАНСНОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЕХНОГЕННОГО КОНТРОЛЯ РУДНИКОВ И АКВАТОРИЙ

Хаптанов В.Б., Башкуев Ю.Б., Дембелов М.Г.

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: vkhaptanov@mail.ru

Абстракт: В лаборатории электромагнитной диагностики ИФМ СО РАН разработаны: основы комплексирования ОНЧ-НЧ и УВЧ-ОВЧ радиофизических методов для радиоволновой диагностики и оконтуривания геологических тел и сканирования приповерхностных объектов в широком диапазоне радиоволн (от килогерц до гигагерц). Показано, что комплексирование радиоимпедансного и георадарного зондирования - новая высокоразрешающая технология диагностики приповерхностного слоя литосферы и гидросферы.

Ключевые слова: радиоволны, диагностика, комплексирование, рудник, акватория.

В докладе обобщен опыт техногенного контроля рудников и акваторий Байкальской Сибири комплексом радиотехнических методов интроскопии (радиоволновой диагностики) верхней части земной коры – радиоимпедансным профилированием-зондированием и УВЧ-СВЧ георадиолокацией.

Цель исследований – разработка физических и методических основ новых радиоволновых технологий оконтуривания геологических тел и сканирования приповерхностных объектов в ОНЧ-НЧ и УВЧ-СВЧ диапазонах электромагнитных волн.

1. Радиоимпедансная диагностика рудников и акваторий в ОНЧ-НЧ диапазонах с целью восстановления геоэлектрического разреза геологических тел (в т.ч. разломных зон) по частотной зависимости поверхностного импеданса.

2. Георадарная диагностика разломных зон на суше и акваториях в диапазонах УВЧ-СВЧ.

Метод радиоимпедансного зондирования основан на изучении амплитудно-фазовой структуры электромагнитного поля на границе раздела «воздух-подстилающая среда» [2]. Он выполняет непосредственные измерения модуля и фазы поверхностного импеданса с использованием полей СНЧ-ОНЧ-НЧ радиостанций. В режиме профилирования он позволяет выявлять резкие амплитудно-фазовые изменения импеданса, связанные с наличием разломной зоны. Это может быть уменьшение удельного электрического сопротивления (УЭС) в зоне дробления разлома, смена характера слоистости разреза. Для используемого в работе измерителя поверхностного импеданса ИПИ-300 частотный диапазон определения поверхностного импеданса составляет 10-300 кГц. Глубинность метода на этих частотах достигает 100-150 м.

Другим радиоволновым методом исследования приповерхностных объектов является георадиолокация. Георадарная технология радиоволновой диагностики в УВЧ-СВЧ диапазонах дает информацию о верхней части разреза [3] и позволяет визуально контролировать изменения подповерхностной структуры на профиле или заданной площади. Георадарное зондирование выполнено георадаром «Око-2» с антенными блоками АБДЛ «Тритон», АБ-400, АБ-700, АБ-1700, имеющими центральные частоты спектра зондирующего радиоимпульса 50, 400, 700 и 1700 МГц соответственно. Глубина зондирования зависит от электрических свойств среды и может составлять от единиц метров на осадочных отложениях до 100 и более метров на кристаллических породах с высоким УЭС. Обработка и визуализация данных георадиолокации производилась программой «GeoScan32» [4]. Сочетание радиолокационного принципа зондирования среды короткими импульсами со спектром в диапазоне 50-1700 МГц, реализованного в георадаре (глубинность 0,1-30 м) с методом радиоимпедансного зондирования непрерывными сигналами радиостанций в диапазоне 0,01-1000 кГц (глубинность до сотен метров в диапазоне ОНЧ и до километров на СНЧ) позволяет получить подробную информацию о геоэлектрическом строении земной коры и акваторий.

Сейсмодислокации на дне оз. Котокель. Георадарные исследования на оз. Котокель Прибайкальского района Республики Бурятия (рис. 1а) выявили разломные зоны (1, 2, рис. 1б), по которым произошло опускание 6 км участка дна озера. Амплитуда опускания превышает 2 м. На врезке (рис. 1в) крупным планом показано строение разломной зоны 1. На ней отмечены

водная толща, донные отложения и линия сейсмодислокации. Кроме того, гиперболические отражения показывают наличие погребенных объектов в толще донных отложений. Ими могут быть, например, стволы деревьев, оказавшихся на дне во время формирования котловины озера.

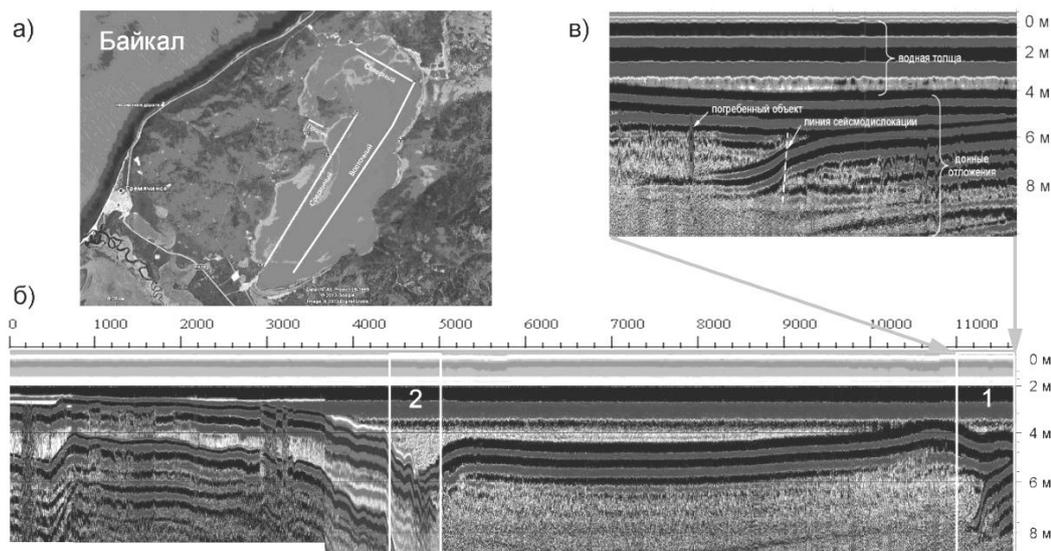


Рис. 1. Профиль «Восточный» на оз. Котокель. Георадар «Око-2». АБДЛ «Тритон» ($f_{ц} = 50$ МГц).

Черемшанское месторождение кварцитов. Совместная интерпретация данных радиоимпедансного и георадарного профилирования выявила строение разломной зоны в кристаллических породах Черемшанского месторождения кварцитов (рис. 2). Разлом имеет ширину 2 м со смещением крыльев по вертикали 2 м. УЭС кварцита в естественном залегании достигает 4000 Ом.м, доломитов 400 Ом.м. В зонах дробления УЭС пород снижается до 15-50 Ом.м.

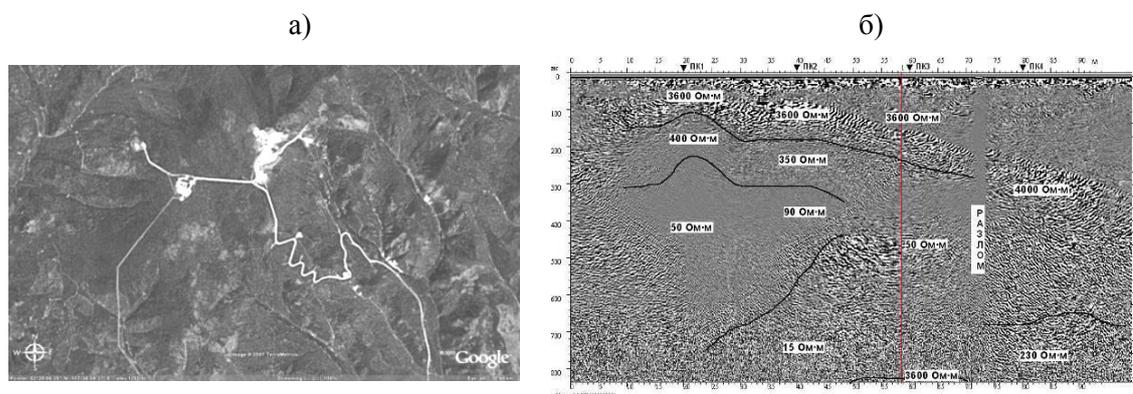


Рис. 2. Черемшанское месторождение кварцитов в Прибайкальском районе Республики Бурятия (а) и радарограмма зоны тектонического разлома в крест его простирания (б) с нанесенными результатами радиоимпедансного зондирования.

Байкальские дюны. Георадарным методом выявлено тектоническое нарушение типа сброс под Байкальскими дюнами в п. Горячинск. Линия сброса определяется на радарограмме сменой характера слоистости разреза. Сброс проходит под острым углом к берегу на расстоянии от 190 до 250 м.

Тугнуйский угольный разрез. На угольном разрезе «Тугнуйский» методами георадарного и радиоимпедансного зондирования установлено наличие 4 зон тектонических нарушений и хорошо проводящего обводненного слоя угленосных отложений на глубине более 20 м. По данным радиоимпедансных зондирований определены электрические параметры угленосных отложений, состоящих из тонких слоев алевролитов и угля.

Доказана перспективность комплексирования ОНЧ-НЧ и УВЧ-ОВЧ радиотехнических методов для радиоволновой диагностики и оконтуривания геологических тел и приповерхностных объектов в широком диапазоне радиоволн (от десятков килогерц до единиц

гигагерц). Используемые методы дополняют друг друга и позволяют объективно и количественно описать объект исследования.

Полученные результаты и разработанные методики радиоволнового зондирования и профилирования подстилающей среды могут быть использованы при инженерных изысканиях. Технология бесконтактной радиоинтроскопии горного массива и акваторий в ОНЧ-СЧ и УВЧ-СВЧ диапазонах повышает производительность мало-глубинных зондирований в 5-10 раз по сравнению с методом вертикального электрического зондирования.

Разработаны численные методы и создано программное обеспечение решения прямых и обратных задач для дискретно-слоистых и градиентных сред с учетом эффектов частотной дисперсии основных геоэлектрических параметров. Выполнена комплексная интерпретация данных радиоимпедансных и георадарных зондирований для изучения свойств, строения и структуры акваторий, осадочных и кристаллических комплексов пород Сибири и построены их геоэлектрические модели и карты.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта «Распространение радиоволн в неоднородных импедансных каналах» и гранта РФФИ №15-45-04355.

Список литературы

1. Афраимович Э.Л. и др. Сейсмоионосферные и сейсмoeлектромагнитные процессы в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. 304 с.
2. Башкуев Ю.Б. Электрические свойства природных слоистых сред. Новосибирск: Издательство СО РАН, 1996. 207 с.
3. Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования (георадар) ОКО-2. Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Версия 2.6. 2009 г. / <http://www.logsys.ru/>
4. Программа управления георадаром «Око» и визуализации получаемых данных. Руководство пользователя. 2009 г. / <http://www.logsys.ru/>

THE APPLICATION OF GPR AND RADIOIMPEDANCE TECHNOLOGIES FOR MAN-MADE CONTROL OF MINES AND WATER AREAS

Khaptanov V.B., Bashkuev Yu.B., Dembelov M.G.

Institute of physical materials science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

e-mail: vkhaptanov@mail.ru

Abstract: In the electromagnetic diagnostics laboratory of the IPMS RAS the basis of integration of VLF-LF and UHF-VHF radio-physical methods for radiowave diagnostics and delineation of geological bodies and scanning near-surface objects in a wide wavelength range (from kilohertz to gigahertz) was developed. It is shown that the integration radioimpedance and georadar soundings - new high-resolution technology for the diagnostics of subsurface layers of the lithosphere and hydrosphere.

Keywords: radiowaves, diagnostics, integration, mine, water area.

О СООТНОШЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО И ТЕХНОГЕННОГО ОНЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Нагулаева И.Б., Башкуев Ю.Б.

Институт физического материаловедения СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: idam@mail.ru

Абстракт: Представлены результаты мониторинга естественного и техногенного ОНЧ электромагнитного загрязнения на примере г. Улан-Удэ. Показано также, что уровень естественного электромагнитного поля в ОНЧ диапазоне в Тункинской долине значительно выше, чем в пригороде Улан-Удэ. Приведены результаты измерений уровня электромагнитного поля над зоной разлома в земной коре.

Ключевые слова: естественное и техногенное электромагнитное поле, зона разлома.

Измерения плотности потока очень низкочастотных (ОНЧ) электромагнитных излучений проведены многоканальными геофизическими регистраторами различных модификаций МГР-1М, МГР-01, разработанными и изготовленными в ИМКЭС СО РАН (г. Томск). Регистраторы предназначены для измерения временных и пространственных вариаций естественного электромагнитного поля Земли. Следует отметить, что при проведении одновременных измерений работа всех каналов регистраторов синхронизирована, параметры усилительных трактов каналов и режимы регистрации на одинаковых частотах идентичны. В работе приводится анализ экспериментальных данных исследований естественного и техногенного электромагнитного фона в условиях города, в пригороде, в Тункинской долине и на тектоническом разломе.

1. Мониторинг техногенного электромагнитного загрязнения в ОНЧ диапазоне

Измерительная установка МГР-1М располагалась в здании ИФМ СО РАН и круглосуточно регистрировала аддитивную смесь естественных и техногенных электромагнитных излучений, принимаемых на магнитную рамочную антенну, ориентированную плоскостью рамки по направлению «север – юг».

Источниками техногенных электромагнитных полей являются: 1) линии электропередач (ЛЭП) с частотой 50 Гц и их высшие гармоники; 2) электрифицированные железные дороги с питающим напряжением 27,5 кВ; 3) трамвайные электрические цепи; 4) системы сотовой связи и радиотелевизионные передающие центры; 5) компьютерные сети; 6) промышленные предприятия и мощные энергетические установки; 7) другое технологическое оборудование, потребляющее электрическую энергию.

Анализ результатов наглядно показывает динамику суточного, недельного и месячного уровня ОНЧ импульсного потока. Отмечен «воскресный» эффект, заключающийся в том, что в субботу, воскресенье и праздничные дни уровень ОНЧ электромагнитного поля уменьшается на 3-4 порядка относительно рабочих дней. Сравнение соотношения естественного и техногенного уровней ОНЧ полей проведено по данным измерений ОНЧ импульсного потока на базе «Верхняя Березовка», расположенной вблизи г. Улан-Удэ, где с 2008 года работает многоканальный геофизический регистратор МГР-01 на частоте 14,5 кГц. Пункт наблюдения «Верхняя Березовка» был выбран таким образом, чтобы техногенные составляющие электромагнитного поля были минимальны, связаны, в основном, с линиями электропередачи (50 Гц и кратные частоты).

Соотношение естественного фона (примерно до 400 импульсов в час) и техногенного фона (примерно до 2 000 000 импульсов в час) на частоте 14,5 кГц наглядно свидетельствует о сильном техногенном электромагнитном загрязнении территории г. Улан-Удэ (рис. 1).

2. Естественное электромагнитное поле в ОНЧ диапазоне

Установлен очень высокий уровень магнитной составляющей ОНЧ импульсного потока естественного электромагнитного поля Земли на частоте около 14,5 кГц в Тункинской долине (обсерватория ИСЗФ СО РАН «Горы») относительно базовой станции «Верхняя Березовка». Так, в период с 2 до 3 часов ночи 3 июля 2010 г. по каналу «запад-восток» в «Торах» зарегистрировано 335780 разрядов, а на станции «Верхняя Березовка» – 13827 разрядов, т.е. импульсный ОНЧ поток в «Торах» выше почти в 25 раз. По каналу «север-юг» это отношение составляло ~ 16. В минимуме ОНЧ-потока в 10 часов утра 5 июля 2010 г. для канала «запад-восток» отношение

составляло ~ 18 , а по каналу «север-юг» было равно 8. При этом коэффициент взаимной корреляции по каналам «север-юг» был равен 0,8, по каналам «запад-восток» - 0,88.

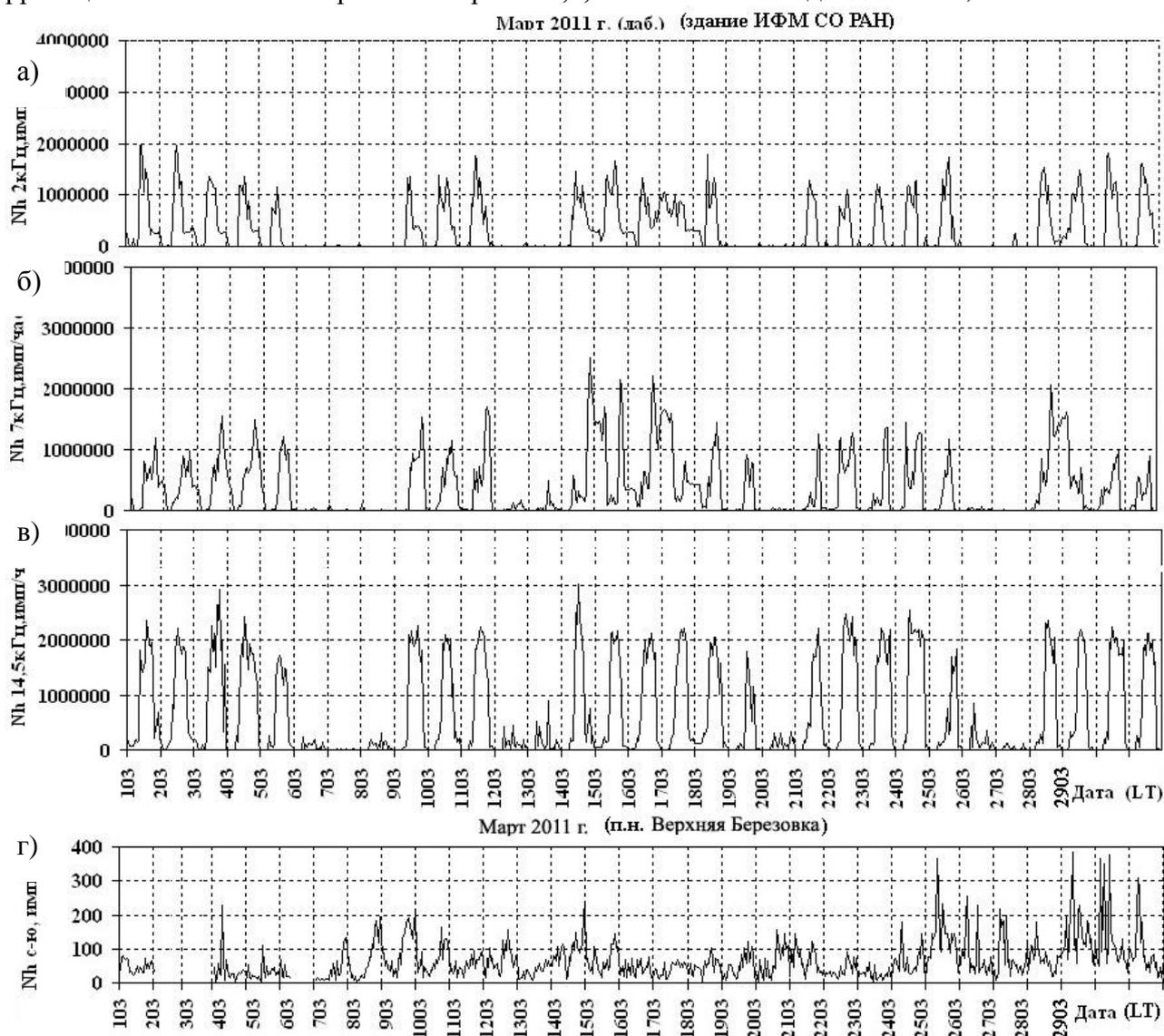


Рис. 1. а-в) – суточные вариации аддитивной смеси естественного и техногенного электромагнитного излучения на частотах 2; 7; 14,5 кГц (здание ИФМ СО РАН); г) суточный ход естественного электромагнитного излучения на частоте 14,5 кГц (Верхняя Березовка).

Причиной существенного (в 25-15 раз) превышения ОНЧ импульсного потока могут быть значительные различия в орографии мест расположения пунктов наблюдения – наличие альпийского рельефа местности в Восточных Саянах и, как следствие, существенно большая электризация приземной атмосферы при турбулентных движениях воздушных потоков. С бальнеологической точки зрения этот эффект большего импульсного потока может иметь положительное значение для отдыхающих на курорте «Аршан» вследствие образования большего количества озона в приземной атмосфере.

3. Электромагнитное поле в ОНЧ диапазоне над зоной разлома

Земная кора разбита разломами (разрывными нарушениями) на отдельные блоки. Ширина зон разломов составляет десятки – сотни метров - десятки километров, протяженность – единицы, десятки и сотни километров. Геоэлектрическая модель разлома представляет, как правило, линейную зону повышенной электропроводности с резко очерченными границами [2].

Естественное электромагнитное поле регистрировалось поперек оси разлома "Сажанная" с шагом 50 м на частоте 14,5 кГц с помощью полевого регистратора МГР-01. Эксперимент проведен в полуденное время в конце октября. Время измерений на каждом пикете составляло 5 мин. В результате измерений магнитной компоненты поля по двум направлениям приема "север-юг" и "запад – восток" установлен повышенный уровень случайного ОНЧ-импульсного потока над зоной разлома (на рис. 2а зона разлома начинается с расстояния 150 м). Увеличение

числа импульсов над зоной разлома составляет десятки и сотни раз. Одновременно на базовой станции "Верхняя Березовка" с помощью стационарного комплекта МГР-01 регистрировалась также магнитная компонента естественного поля. Её интенсивность по направлениям приема "север-юг" и "запад-восток" за каждые 5 минут измерений не превышала 90 импульсов (рис. 2б). При сопоставлении одновременных измерений обнаружено, что увеличение числа импульсов над зоной разлома "Саженьная" составляет десятки и сотни раз. Эффект увеличения ОНЧ–импульсного потока естественного поля над разломной зоной интерпретируется нами не как литосферное ОНЧ-излучение ("литосферики"), идущее из земной коры, а как результат увеличения уровня естественного поля над более проводящей зоной разлома (эффект "посадочной" площадки) [1].

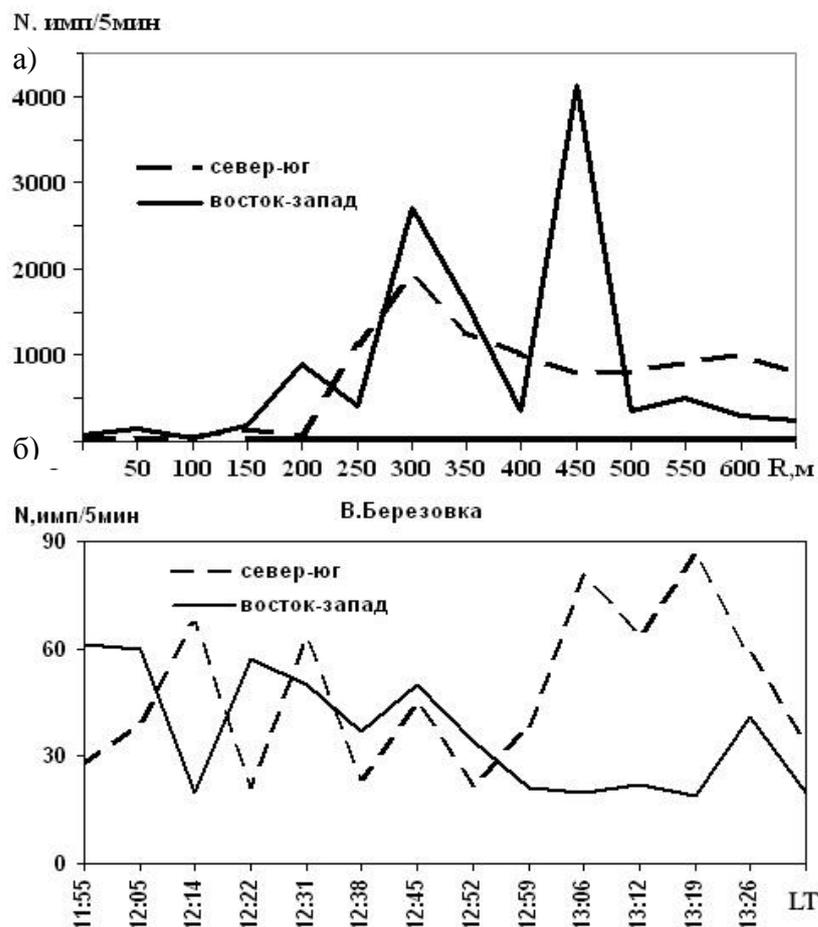


Рис. 2. Интенсивность импульсного потока магнитной компоненты естественного поля: а) на разломе "Саженьная"; б) на опытно-экспериментальной базе «Верхняя Березовка».

Высокие уровни техногенных электромагнитных полей в г. Улан-Удэ могут инициировать нежелательные физико-химические и биологические процессы и явления в организме человека и животных. Исследования целесообразно продолжить в направлении более тонкого анализа техногенного электромагнитного воздействия, а также определения вклада и природы конкретных источников электромагнитного излучения. Предложено проводить комплексные радиогеофизические исследования в зонах тектонических разломов с целью полного описания этих интереснейших природных объектов, которые в обыденном сознании ассоциируются с «геопатогенными зонами». Кроме радиоволновых методов необходимо привлечь электро-, магнито-, сейсмо-, гравиразведку, радиометрию, определение радона и другие доступные полевые геофизические методы. Привлечение повышенного внимания к зонам тектонических разломов – одно из актуальных направлений деятельности в области электромагнитной экологии и сейсмoeлектромагнетизма, имеющее важное практическое применение в жизни человеческой цивилизации.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 15-45-04355 в Институте физического материаловедения СО РАН.

Список литературы

1. Башкуев Ю.Б., Хаптанов В.Б., Нагуслаева И.Б., Буянова Д.Г., Адвокатов В.Р., Дембелов М.Г. Радиофизическая диагностика зон тектонических нарушений // Журнал радиоэлектроники. 2010. № 10. С. 405-421.
2. Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю.Б. Электромагнитная диагностика неоднородных сред сейсмоактивной области. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. Saarbrücken. Germany, 2012. 132 с.

ABOUT RATIO OF NATURAL AND TECHNOGENIC VLF ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE BAIKAL REGION

Naguslaeva I.B., Bashkuev Yu.B.

Institute of Physical Materials Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

e-mail: idam@mail.ru

Abstract: In work results of monitoring of technogenic electromagnetic pollution on an example of Ulan-Ude are presented. It is shown also that level of a natural electromagnetic field in VLF a range in the Tunkinsky hollow considerably above, than in suburb Ulan-Ude. Results of measurements of level of an electromagnetic field over a tectonic fault in earth crust are resulted.

Keywords: natural and technogenic electromagnetic field, a tectonic fault.

ОСОБЕННОСТИ СОБСТВЕННОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ПОКРОВОВ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ

Гурулев А.А., Цыренжапов С.В., Орлов А.О.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: lgc255@mail.ru*

Абстракт: В работе приведены экспериментальные данные радиояркостной температуры ледяных покровов карьерных водоемов расположенных в Забайкальском крае. Показано, что на мощность радиотеплового излучения техногенных водоемов существенную влияние оказывают следующие факторы: наледь на ледяном покрове, частицы во льду, концентрация примесей (солей и кислот и т.п.) в ледяном покрове. Данные факторы приводят к увеличению значения радиояркостной температуры в СВЧ-диапазоне.

Ключевые слова: ледяной покров, микроволновая радиометрия, техногенный водоем.

Многие горные выработки после разработки заполняются водой. Воды таких образований, как правило, имеют различные типы загрязнений. Так, например, вскрытые породы, вследствие наличия активных веществ, в том числе и содержащих серу, окисляются, образуя кислую среду [2]. Кроме того, в таких водоемах наблюдается и повышенное содержание солей. По этой причине карьерная вода становится непригодной для хозяйственных нужд. В связи с этим необходимо осуществлять мониторинг таких водоемов.

В современном мире широкое распространение получили дистанционные методы наблюдения за различными объектами, как с использованием наземной аппаратуры, так и аэрокосмические методы мониторинга с применением активных (радарных) и пассивных (радиометрических) методов [3]. Поэтому при исследовании карьеров, в том числе и карьерных вод, можно использовать радиофизические методы мониторинга.

В зимний период времени карьерные водоемы Забайкалья покрыты ледяным покровом, что затрудняет мониторинг таких объектов. На помощь может прийти СВЧ-радиометрический способ диагностики карьерных водоемов. В момент становления льда в него происходит захват различного рода примесей как химических (кислоты и соли), так и биологических (зоо и фитопланктон). Данные примеси оказывают существенное влияние на собственное радиотепловое излучение карьерного водоема, покрытого ледяным покровом. Так, например, в работе [1] показано влияние солевых включений на радиояркостную температуру ($T_{\text{я}}$), которая характеризует мощность теплового излучения. С увеличением концентрации происходит и увеличение $T_{\text{я}}$.

Для определения особенностей микроволнового собственного излучения ледяных покровов карьерных водоемов нами были выполнены натурные измерения на карьерах Тассеевский и Балейский, расположенных вблизи г. Балей Забайкальского края. Минерализация исходных вод составляла: Балейский карьер – порядка 1 г/л; Тассеевский карьер – 3.5 г/л. Измерения в радиометрическом режиме выполнялись на длинах волн 2.3 см и 0.88 см для двух ортогональных поляризаций вертикальной (ВП) и горизонтальной (ГП). Калибровка радиометров осуществлялась по собственному излучению открытой воды и излучению безоблачного неба. Вся аппаратура монтировалась на автомобиль «Нива», угол наблюдения составлял 50°. Измерения были выполнены в конце февраля 2015 года. Температура поверхности льда составляла -8.2°C, толщина снега – 10-15 см, толщина ледяного покрова водоемов была одинаковой и составляла 103 см.

Особенность данных водоемов заключается в том, что в них происходит постоянный подток воды по стенкам карьера, что, в свою очередь, приводит к образованию наледей. Тассеевский карьер содержит их большее количество. Кроме того, отличается и соленость льда.

Результаты радиометрических измерений следующие. $T_{\text{я}}$ как на вертикальной поляризации, так и на горизонтальной поляризации имеет повышенное значение для Тассеевского карьера. Пример трассовой записи для длины волны 2,3 см на ВП приведен на рис. 1 для двух карьеров. Как видно из рисунка, наблюдаются вариации $T_{\text{я}}$, что можно связать с неравномерным распределением включений в ледяном покрове по акватории водоемов. Кроме того, значение радиояркостной температуры на Тассеевском карьере существенно выше, чем на Балейском карьере. В местах, где наблюдается наледь на ледяном покрове, также наблюдается и увеличение значения $T_{\text{я}}$.

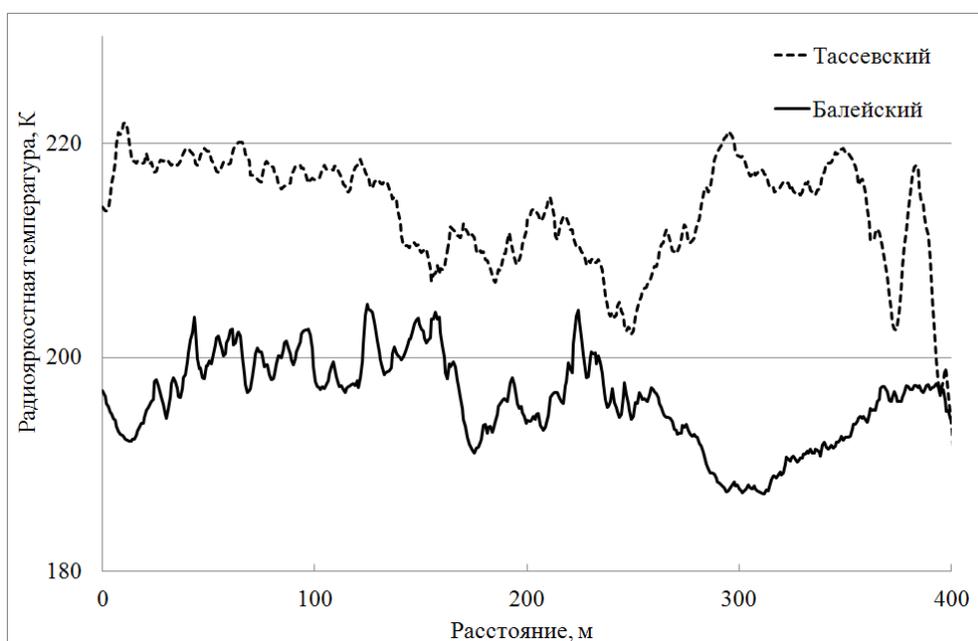


Рис. 1. Фрагмент трассовой записи радиояркостной температуры на длине волны 2.3 см на карьерных водоемах: Тасевский и Бале́йский (Забайкальский край). 19 февраля 2015 г. Вертикальная поляризация.

На рис. 2 приведен фрагмент трассовой записи на длине волны 0.88 см. В миллиметровом диапазоне формирование излучения происходит с гораздо меньших глубин в отличие от сантиметрового диапазона. Так скин слой, характеризующий глубину формирования радиотеплового излучения, для льда на длине волны 2.3 см на порядок больше, чем для излучения на длине волны 0.88 см, что приводит к повышенному значению радиояркостной температуры на меньшей длине волны, что и можно наблюдать из рис. 1 и рис. 2. Вариации значения $T_{я}$ на длине волны 0,88 см гораздо выше, чем на длине 2.3 см, что обусловлено большой вариацией неоднородностей в верхних слоях ледяного покрова данных водоемов (снег, наледь и т.п.).

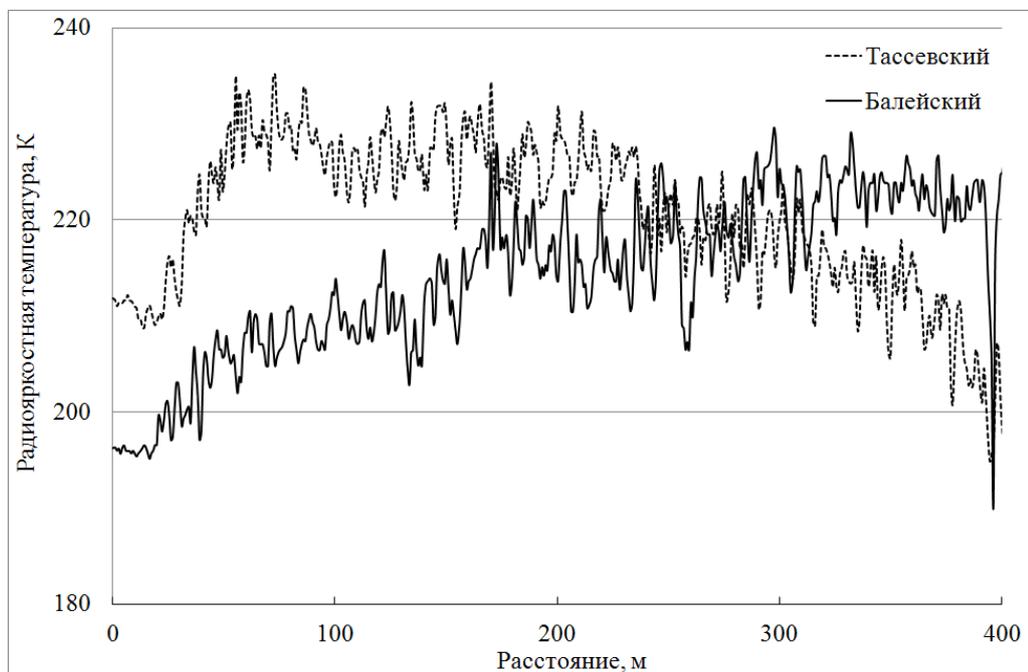


Рис. 2. Фрагмент трассовой записи радиояркостной температуры на длине волны 0.88 см на карьерных водоемах: Тасевский и Бале́йский (Забайкальский край). 19 февраля 2015 г. Вертикальная поляризация.

Таким образом, можно сделать вывод, что особенности карьерных водоемов влияют на мощность собственного радиотеплового излучения ледяного покрова. Особое влияние на

значение радиояркой температуры оказывает наледь на ледяном покрове, исходная минерализация карьерных вод, их химический состав, а также частицы, которые в результате эолового переноса попадают на снежный покров, расположенный на ледяном покрове.

Список литературы

1. Бордонский Г.С., Гурулев А.А. Особенности радиотеплового излучения ледяных покровов водоемов с различной степенью минерализации // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 2. С. 210-215.
2. Ведникова С.А. Геоэкологические последствия добычи угля открытым способом в подмосковном угольном бассейне // Автореферат дис. ... кандидата технических наук: 25.00.36 / Тульский государственный университет. Тула, 2013.
3. Лупян Е.А., Лаврова О.Ю. Ежегодная всероссийская открытая конференция “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)” // Исследование Земли из космоса. 2008. № 4. С. 87-92.

THE PECULIARITIES OF ITS OWN MICROWAVE RADIATION OF TECHNOGENIC WATER BODIES ICE COVERS

Gurulev A.A., Tsyrenzhapov S.V., Orlov A.O.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
e-mail: lgc255@mail.ru*

Abstract: The paper presents experimental data brightness temperature ice covers the career of reservoirs located in the Trans-Baikal Territory. It is shown that the power of radio emission of man-made water bodies significantly affected by the following factors: the frost on the ice cover, the ice particles, the concentration of impurities (salts and acids, etc.) in the ice cover. These factors lead to an increase in brightness temperature values in the microwave range.

Keywords: ice cover, microwave radiometry, career.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПУТЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ИЗ ГИДРОЗОЛОТВАЛА ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

Оленченко В.В.¹, Усманов М.Т.², Усманова Л.И.², Цыренжапов С.В.²

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

² *Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия*
e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Абстракт: В работе приводятся результаты опытно-методических работ методом электротомографии в пределах гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1. Выявлено два типа аномалий низкого удельного электрического сопротивления горных пород, связанных с надмерзлотным стоком техногенных вод и с фильтрацией по разломам. Минерализация подземных вод, оцененная по геофизическим данным, составляет 1 г/л, что не противоречит результатам гидрохимических исследований.

Ключевые слова: электротомография, гидротехническое сооружение, фильтрация, подтопление.

Эксплуатация гидротехнических сооружений (ГТС) нередко сопровождается утечками техногенных вод, вызывающих подтопление прилегающих территорий. Так, например, существующий с 70-х годов прошлого века золоотвал Читинской теплоэлектростанции № 1 (ТЭЦ-1) является причиной подтопления взлетно-посадочной полосы аэропорта Кадала, расположенной в 3 км к югу от ГТС, и автодороги местного значения, находящейся в 1,5 км к востоку от ГТС [Отчет..., 1978]. Кроме того, отсутствие противофильтрационного экрана в ложе золоотвала, литологический состав пород, наличие разлома, по которому происходит разгрузка техногенных вод в подземный горизонт и миграция их по потоку до озера Кенон, расположенному в 3 км к юго-востоку, привели к загрязнению природных вод такими химическими компонентами как сульфаты, фториды, марганец, медь [3]. Для предотвращения утечек из ГТС, борьбы с подтоплением территорий и загрязнением подземных вод применяется ряд инженерных мероприятий, таких как устройство противофильтрационных завес, оборудование перехватывающих водопонизительных скважин. Однако эффективность применяемых инженерно-технических решений будет зависеть от качества предшествующих изысканий, на основе которых формируется инженерно-геологическая и гидрогеологическая модель строения участка исследований. Современные электроразведочные технологии позволяют существенно дополнить представления об инженерно-геологическом строении объекта, основанные на данных бурения. С помощью геофизических методов выявляются особенности строения изучаемой территории, неучтенные при буровых работах, уточняется инженерно-геологическое строение территории. Главной целью проведенных исследований являлось оценка геологической информативности метода электротомографии при выявлении путей фильтрации техногенных вод из гидрозолоотвала в разрезе пород.

Характеристика объекта исследований. После введения в эксплуатацию золоотвала Читинской ТЭЦ-1 в 1973 г. спустя некоторое время на территории взлетно-посадочной полосы аэропорта Кадала и автодороги местного значения, расположенных в 3 и 1,5 км от ГТС соответственно, появились выходы подземных вод (ПВ). В 1976-1977 гг. проведены комплексные гидрогеологические и геофизические исследования по выявлению причин подтопления и путей фильтрации подземных вод из гидротехнического сооружения, в результате которых установлено, что инфильтрация воды из золоотвала вызвала местный подъем уровня подземных вод, вследствие которого в пониженных частях рельефа образовались родники с суммарным дебитом около 150 л/сек.

В геологическом строении территории исследований принимают участие озёрно-континентальные отложения доронинской свиты нижнего мела, представленные переслаивающимися песчаниками и алевролитами, реже – аргиллитами. Породы свиты осложнены тектоническими нарушениями северо-западного и северо-восточного простираний [1]. На территории исследований распространены многолетнемерзлые породы (ММП). Глубина залегания кровли ММП 3-5 м, а подошвы (по геофизическим данным) – 25-30 м. Под чашей ГЗО вследствие его утепляющего действия мерзлота деградировала. Уровень подземных вод вблизи золоотвала находится на глубинах 4,4-7,4 м.

По химическому составу воды золоотвала ТЭЦ-1 в 2002 и 2006 гг. были сульфатными магниевыми-кальциевыми. В 2008 г. произошел рост содержания хлора, анионный состав стал хлоридно-сульфатным, а катионный – натриево-магниевыми-кальциевыми. Воды щелочные с рН до 9,4. Величина минерализации в 2002-2008 гг. изменялась в пределах 0,94-1,13 г/л. Содержания сульфат-ионов и фторид-ионов составили 450-600 мг/л и 15-17 мг/л соответственно [4].

Химический состав водных проб из родниковой разгрузки, расположенной южнее золоотвала на расстоянии 1 км, и самоизливающейся скважины в долине р. Кадалинка в этот же период характеризуется содержаниями сульфатов до 635 и 580 мг/л, величиной минерализации – до 1,77 и до 1,2 г/л соответственно. Вне зоны влияния фильтрационного потока от золоотвала концентрация сульфатов составила 66 мг/л.

Технология электротомографии является современной модификацией метода вертикального электрического зондирования. Электротомография (ЭТ) основана на многоэлектродных измерениях и автоматической инверсии полученных данных [Loke, 2009]. В пределах участка исследований выполнены электрические зондирования по двум профилям, расположенным с восточной (Профиль № 1) и южной (Профиль № 2) сторон ГТС. Длина профиля № 1 составила 1795 м, профиля № 2 – 1195 м.

Измерения выполнялись аппаратурой «Скала-48», разработанной в ИНГГ СО РАН, Шаг измерений по профилю составлял 5 м, при этом, последовательность подключения электродов соответствовала симметричной Шлюмберже и дипольно-осевой установкам. Для обработки данных применялась программа Res2Dinv [6]. По результатам двумерной инверсии строились геоэлектрические разрезы. В основе геологической интерпретации данных ЭТ лежат известные зависимости удельного электрического сопротивления (УЭС) пород от литологического состава, влажности и минерализации поровой влаги и температуры [5]. Как правило, УЭС пород возрастает в ряду аргиллит-алевролит-песчаник и уменьшается при увеличении влажности и минерализации поровой влаги. УЭС многолетнемерзлых пород в разы выше, чем талых. Пониженным электросопротивлением выделяются обводнённые зоны разломов. Геофизические исследования проведены в мае 2014 года, когда сезонномерзлый слой имел максимальную глубину промерзания.

На рисунке 1 показаны геоэлектрические разрезы по профилям 1 и 2. Слой повышенного УЭС в приповерхностной части разреза выделяются сезонномерзлые породы. На профиле № 1 в интервале глубин 9-30 м отмечается опорный горизонт высокого УЭС (100-200 Ом/м), интерпретируемый как высокотемпературные многолетнемерзлые породы.

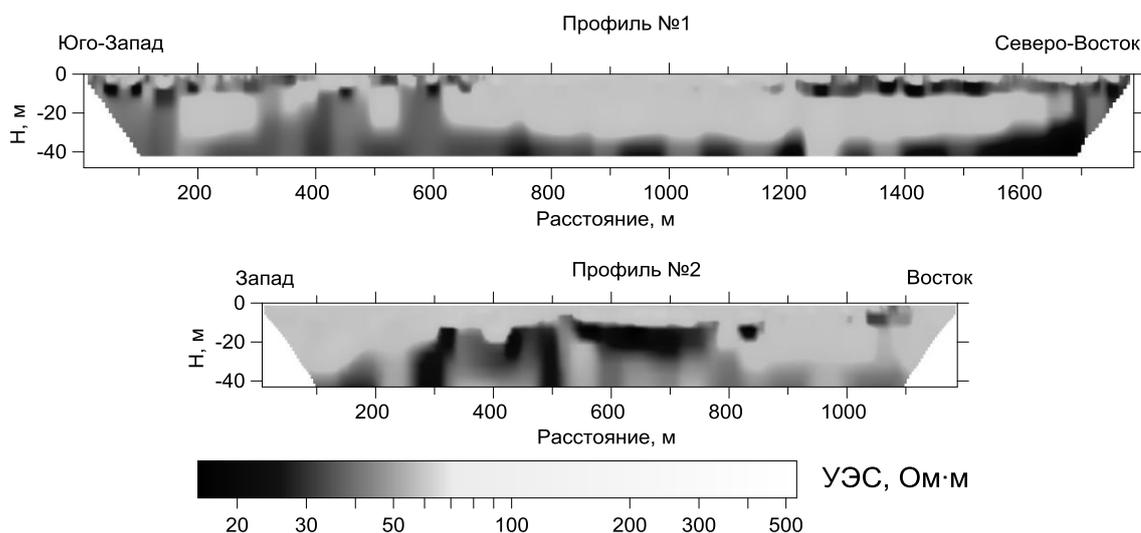


Рисунок 1. Геоэлектрические разрезы по профилям № 1, № 2 по данным электротомографии.

Участки фильтрации подземных вод локализуются на разрезах аномалиями пониженного УЭС (20-30 Ом/м). Выделяется два типа аномалий, связанных с фильтрацией ПВ. Первый тип – аномалии над опорным высокоомным горизонтом. Такие аномалии соответствуют надмерзлотному стоку техногенных вод, они проявляются на профиле № 1 в интервале 1200-1600 м на глубине около 10 м. Второй тип – низкоомные аномалии, связанные с фильтрацией по трещинам зон разломов (трещино-жильные и трещино-пластовые воды). Такие низкоомные

аномалии выявлены на профиле № 1 в интервале 1400-1700 м на глубине 20-40 м и на профиле № 2 в интервале 300-500 м и 500-800 м на глубинах 13-20 м.

По известной зависимости УЭС от концентрации солей [2] можно оценить минерализацию подземных вод. По данным ЭТ, сопротивление обводнённых пород составляет 20-30 Ом/м, что соответствует минерализации подземных вод порядка 1 г/л.

В результате геофизических исследований выявлено два типа аномалий пониженного УЭС, связанных с фильтрацией ПВ. Первый тип аномалий отмечается над опорным высокоомным горизонтом и связан с надмерзлотным стоком техногенных вод. Второй тип аномалий низкого УЭС вызван обводнёнными зонами разломов. По геофизическим данным минерализация ПВ оценивается в 1 г/л, что не противоречит результатам гидрохимических исследований. Данные геофизических исследований методом ЭТ нужно использовать при принятии инженерно-технических решений по противοфильтрационным мероприятиям.

Список литературы

1. Коростелева А.Я., Цыганок В.И. и др. Отчет о гидрогеологических исследованиях по установлению причин подтопления Читинской ГРЭС и аэропорта. Чита, 1978. 126 с.
2. СП 11-105-97. «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. «Правила производства геофизических исследований» / Госстрой России. – М.: Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) Госстроя России, 2004.
3. Усманова Л.И. Современное химико-экологическое состояние оз. Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Труды Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. С. 179-181.
4. Усманова Л.И., Усманов М.Т. Влияние золоотвалов Читинских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 на природные воды прилегающих территорий // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского Госуниверситета, 2010. № 2. В. 16. С. 231-242.
5. Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С., Номоконова Г.Г. Физика горных пород: учебник для вузов. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 520 с.
6. Loke M.H. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys // 2009. 144 p.

APPROBATION OF ELECTRON TOMOGRAPHY TO IDENTIFY WAYS FILTERING WATER FROM ASH DISPOSAL AREA CHITA HPS-1

Olenchenko V.V.¹, Usmanov M.T.², L.I. Usmanova L.I.², Tsyrenzhapov S.V.²

¹*Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Abstract: This paper presents the results of research and methodological papers electron tomography method within ash disposal area Chita HPS-1. Two types of anomalies in the low electrical resistivity of rocks associated with man-made suprapermafrost drain water and filtered by faults. Mineralization of groundwater, estimated from geophysical data, is 1 g/l, which is consistent with the results of hydrochemical investigations.

Keywords: electron tomography, hydraulic engineering construction, filtration, flooding.

ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУДЕРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ БАЛЕЙСКОГО И ТАСЕЕВСКОГО ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Макаров В.П.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: vm2853@mail.ru*

Абстракт: Выявлен флористический состав рудеральных сообществ Балейского и Тасеевского золоторудных месторождений. Более многочисленны по числу видов семейства Бобовые, Астровые, Розовые, Ивовые и Мятликовые. Высокой частотой встречаемости (более 50%) характеризуются сосна обыкновенная, лиственница Гмелина, береза повислая, ива Шверина, тополь бальзамический и душистый, горошек приятный, донник ароматный и одуванчик рогатый.

Ключевые слова: рудеральные растительные сообщества, золоторудное месторождение.

В современном ландшафте рудеральная растительность играет немаловажную роль, открывая процессы самовосстановления растительности, предотвращая развитие эрозии. Рудеральная растительность может играть роль фильтров, препятствующих распространению карантинных сорняков, так как по своей стратегии рудеральные виды обычно обладают большей конкурентной способностью по сравнению с сегетальными. В то же время в составе рудеральной растительности могут быть виды, являющиеся источниками аллергенов, или промежуточных хозяев сельскохозяйственных вредителей [1]. Рудеральная растительность является важным компонентом ландшафта и может служить надежным индикатором его экологических условий. Индикационное значение рудеральных сообществ определяется связью с условиями экотопа, тесной зависимостью этих сообществ от внешнего антропогенного фактора, интенсивности и типа антропогенного воздействия. Для рудеральной растительности характерно преобладание видов с широкими экологическими амплитудами и большими ареалами, охватывающими несколько континентов (виды-космополиты). Видовой состав может быть достаточно стабильным или, напротив, неустойчивым. Исследование рудеральных сообществ необходимо для решения практических задач экологического контроля за деградацией растительного покрова, для построения прогнозов изменения антропогенно нарушенного растительного покрова.

Цель проведенных исследований – выявить флористический состав рудеральных сообществ и наиболее приспособленные к нарушенным экотопам виды растений.

В задачи исследований входило: выявление флористического состава рудеральных сообществ, их таксономический анализ, оценка степени синантропизации флоры.

Исследования растительного покрова проведены в период с 19 по 28 июня 2007 г. Исследованы фитоценозы на отвалах горных пород, дамбах и хвостохранилищах. Всего заложено 12 пробных площадей, характеризующих рудеральную растительность. Размеры пробных площадей зависели от наличия на исследуемых участках тех или иных жизненных форм растений (деревьев, кустарников, трав) и составляли от 10 до 400 м². Для оценки участия видов растений в сложении растительного покрова растений использовали шкалу проективного покрытия и обилия видов Браун-Бланке [1]. Для определения растений использовали коллективную сводку «Флора Сибири» [3].

Согласно схеме природного районирования Читинской области район исследований входит в состав природного округа Верхне-Амурское среднегорье.

Округ представляет собой лесостепное среднегорье с очень широким распространением степных, лесостепных и луговых межгорных понижений. Основные территории заняты березовыми, лиственнично-березовыми, осиновыми лесостепями, реже сосновыми лесостепями с луговыми степями и степями. Лесостепи на более высоких участках хребтов сменяются южной лиственничной тайгой, а в понижениях и долинах рек – лугами. На равнинных степных участках множество замкнутых мелких впадин с озерами и солончаками на наиболее пониженных участках [2].

В составе флоры высших сосудистых растений рудеральных сообществ выявлено 29 ботанических семейств, 69 родов и 91 видов растений. Более многочисленны по числу видов растений семейства Бобовые (*Fabaceae*) – 15, Астровые (*Asteraceae*) и Розовые (*Rosaceae*) – 12,

Ивовые (*Salicaceae*)—10 и Мятликовые (*Poaceae*) – 8 видов растений (список). Преобладают в составе рудеральных сообществ травянистые растения – 76%, кустарники составляют 16 и деревья 8%.

Список флоры рудеральных сообществ в районе БалеЙского
и Тасеевского золоторудных месторождений

EQUISETACEAE: *Equisetum arvense* L. (встречаемость 25%); *PINACEAE*: *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.(75%), *Pinus sylvestris* L. (92%); *POACEAE*: *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribn. et Merr.(8%), *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev (8%), *Bromopsis inermis* (Leysser) Holub (17%), *Poa angustifolia* L. (17%), *Festuca litvinovii* (Tzvelev) E. Alexeev (42%), *Elytrigia repens* (L.) Nevski (25%), *Elymus sibiricus* L. (25%), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel(17%); *CYPERACEAE*: *Carex heterolepsis* Bunge (17%), *Carex duriuscula* C.A. Meyer (8%); *JUNCACEAE*: *Juncus compressus* Jacq. (8%); *LILIACEAE*: *Lilium pumilum* DC. (8%); *SALICACEAE*: *Salix abscondita* Laksch. (17%), *Salix bebbiana* Sarg. (17%), *Salix miyabeana* Seemen (42%), *Salix rorida* Laksch. (8%), *Salix taraiensis* Kimura (8%), *Salix schwerinii* E. Wolf (75%), *Populus tremula* L. (50%), *Populus balsamifera* L. (58%), *Populus suaveolens* Fischer (58%), *Chosenia arbutifolia* (Pallas) A.Skvortsov (50%); *BETULACEAE*: *Betula pendula* Roth (100%), *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr. (17%); *POLYGONACEAE*: *Polygonum aviculare* L. (8%), *Aconogonon divaricatum* (L.) Nakai ex Mori (17%); *CHENOPODIACEAE*: *Salsola collina* Pallas (8%); *CARIOPHYLLACEAE*: *Eremogone capillaries* (Poiret) Fenzl (8%), *Lychnis sibirica* L. s.str. (8%); *RANUNCULACEAE*: *Aquilegia viridiflora* Pallas (8%), *Pulsatilla dahurica* (Fisch. ex DC.) Sprengel (50%); *PAPAVERACEAE*: *Papaver nudicaule* L. (17%); *GROSSULARIACEAE*: *Ribes diacantha* Pall. (8%), *Ribes nigrum* L. (8%); *ROSACEAE*: *Crataegus dahurica* Koehne ex Schneider(25%), *Geum aleppicum* Jacq. (25%), *Sanguisorba officinalis* L. (8%), *Potentilla acaulis* L. (8%), *Potentilla bifurca* L. (17%), *Potentilla anserina* L. (33%), *Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht. (25%), *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br. (17%), *Spiraea media* Franz Schmidt (17%), *Padus avium* Miller (33%), *Rosa acicularis* Lind. (8%), *Malus baccata* (L.) Borkh. (42%); *FABACEAE*: *Astragalus davuricus* (Pallas) DC. (8%), *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge (8%), *Astragalus adsurgens* Pallas (33%), *Vicia venosa* (Willd. ex Link.) (25%), *Vicia unijuga* A. Br. (8%), *Vicia popovii* Nikiforova (8%), *Vicia amoena* Fischer (67%), *Melilotus suaveolens* Ledeb. (67%), *Melilotus albus* Medikus (8%), *Lupinaster pentaphyllus* Moench (33%), *Asmoria repens* (L.) C. Presl. (8%), *Lespedeza juncea* (L. fil.) Pers. (17%), *Medicago trautvetteri* Sumn. (42%), *Oxytropis myriophylla* (Pallas) DC. (25%), *Thermopsis lanceolata* R. Br. s.str. (8%); *GERANIACEAE*: *Geranium sibiricum* L. (8%); *LINACEAE*: *Linum baicalense* Juz. (17%); *EUPHORBIACEAE*: *Euphorbia fischeriana* Steudel (8%); *VIOLACEAE*: *Viola variegata* Fisch. ex Link (8%); *ONAGRACEAE*: *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (25%); *PYROLACEAE*: *Pyrola rotundifolia* L. (8%); *BORAGINACEAE*: *Hackelia deflexa* (Wahlenb.) Opiz (17%); *LAMIACEAE*: *Phlomis tuberosa* L. (25%), *Thymus dahuricus* Serg. (8%), *Scutellaria scordiifolia* Fisch. ex Schrank (8%); *SOLANACEAE*: *Physochlaina physaloides* (L.) G. Don fil. (8%); *PLANTAGINACEAE*: *Plantago media* L. (33%); *RUBIACEAE*: *Rubia cordifolia* L. (8%), *Galium verum* L. (8%); *VALERIANACEAE*: *Valeriana alternifolia* Ledeb. (8%), *Patrinia rupestris* (Pallas) Dufur. (50%); *ASTERACEAE*: *Aster tataricus* L.f. (8%), *Cirsium esculentum* (Siev.) (17%), *Scorzonera austriaca* Willd. (8%), *Scorzonera radiata* Fisch. (8%), *Senecio jacobaea* L. (25%), *Taraxacum ceratophorum* (Ledeb.) DC. (67%), *Artemisia gmelinii* Web. ex Stechm. (25%), *Artemisia commutata* Bess. (42%), *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. (8%), *Artemisia laciniata* Willd. (17%), *Saussurea amara* (L.) DC. (8%), *Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauverd (50%).

Встречаемость видов растений различна. Высокой частотой встречаемости (более 50%) характеризуются сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*), береза повислая (*Betula pendula*), ива Шверина (*Salix schwerinii*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) и душистый (*Populus suaveolens*), горошек приятный (*Vicia amoena*), донник ароматный (*Melilotus suaveolens*) и одуванчик рогатый (*Taraxacum ceratophorum*).

Более высокое разнообразие флоры отмечено на дамбах (73% от общего числа видов), несколько меньше на отвалах горных пород (63%) и низкое разнообразие – 23% на хвостохранилищах. Рудеральные сообщества расположены вблизи города БалеЙ, поселков, сельскохозяйственных угодий. Поэтому в составе сообществ встречаются синантропные растения как тополь бальзамический, люцерна посевная (*Medicago trautvetteri*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), спорыш птичий (*Polygonum aviculare*), подорожник средний (*Plantago media*) и полынь метельчатая (*Artemisia scoparia*), что составляет около 7% от числа растений рудеральных сообществ.

Древесные растения рудеральных сообществ **на отвалах горных пород** представлены подростом березы повислой, лиственницы Гмелина, осины (*Populus tremula*), сосны обыкновенной, тополя бальзамического и душистого, чозении толокнянколистной (*Chosenia arbutifolia*). Высота растений составляет 3-8 м. Проективное покрытие тополя бальзамического и местами чозении толокнянколистной от 5 до 25%. У других растений покрытие незначительное или растения встречаются единично.

Кустарники включают ивы Бебба (*Salix bebbiana*), Миаба (*Salix miyabeana*), росистую (*Salix rorida*), Шверина, боярышник даурский (*Crataegus dahurica*), таволгу среднюю (*Spiraea media*), черемуху обыкновенную (*Padus avium*) и яблоню ягодную (*Malus baccata*). Большинство кустарников встречаются разреженно или единично. Только ива Шверина местами имеет большее проективное покрытие, чем другие кустарники – до 25-30%. Средняя высота кустарников от 1,5 до 5 м.

Проективное покрытие травянистых растений от 10 до 30%, средняя высота – 50-60 см. Проективное покрытие большинства видов растений незначительно. Отдельные виды растений, такие как донник ароматный, прострел даурский (*Pulsatilla dahurica*), горошек приятный, хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и термопсис ланцетный (*Thermopsis lanceolata*) имеют местами проективное покрытие от 10 до 25%. На отдельных участках развивается моховой покров, проективное покрытие которого до 30%.

Древесные растения дамб включают чозению толокнянколистую, березу повислую, ольху волосистую (*Alnus hirsuta*), тополь душистый и бальзамический, сосну обыкновенную, лиственницу Гмелина. Высота растений находится в пределах от 4 до 12 м. Более высокое покрытие чозении толокнянколистной, тополя бальзамического и осины до 25-30%. Другие растения встречаются единично или расположены разреженно.

Кустарники представлены яблоней ягодной, ивами Шверина, скрытной (*Salix abscondita*), тарайкинской (*Salix taraiakensis*), Миаба, смородинами таранушкой (*Ribes diacantha*) и черной (*Ribes nigrum*), таволгой средней, черемухой обыкновенной, шиповником иглистым (*Rosa acicularis*) и рябинником рябинолистным (*Sorbaria sorbifolia*). Высота кустарников от 2 до 5 м. Проективное покрытие незначительно, менее 5%. Такие растения как яблоня, ивы тарайкинская и скрытная, смородина и черемуха встречаются редко.

Проективное покрытие травянистых растений от 10 до 60%, средняя высота 40-60 см. Проективное покрытие отдельных видов растений незначительное, до 5%. Лишь в отдельных местах отмечено более высокое покрытие люцерны посевной и горошка жилкового (*Vicia venosa*) – до 25-30%. Напочвенный покров из мхов и лишайников не сформирован.

На хвостохранилищах отмечен подрост березы повислой, осины, сосны обыкновенной, тополя бальзамического и душистого. Средняя высота растений – от 0,5 до 2,5 м. Проективное покрытие менее 5%, за исключением березы повислой, у которой покрытие местами достигает 25-30%.

Разнообразие кустарников низкое, произрастают ивы Миаба и Шверина, редко встречается рябинник рябинолистный. Средняя высота кустарников от 0,5 до 3,0 м.

Проективное покрытие травостоя до 10%, средняя высота 20 см. Доминирующее положение в травостое местами занимают лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), ситник сплюснутый (*Juncus compressus*), тростник южный (*Phragmites australis*) – до 30%. Участие других видов незначительное – до 5% или единичное.

На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Наиболее представительны по числу видов во флоре рудеральных сообществ семейства Бобовые, Астровые, Розовые, Ивовые и Мятликовые.
2. Преобладают в составе рудеральных сообществ травянистые растения (76%).
3. Из древесных растений высокой встречаемостью (более 50%) характеризуются сосна обыкновенная, лиственница Гмелина, береза повислая, ива Шверина, тополь бальзамический и душистый.
4. Из травянистых растений высокой встречаемостью характеризуются горошек приятный, донник ароматный и одуванчик рогатый.
5. К числу синантропных видов, образующих рудеральные сообщества, относится 7% видов растений.

Список литературы

1. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 222 с.
2. Типы местности и природное районирование Читинской области. М.: Изд-во Академии наук, 1961. 157 с.
3. Флора Сибири в 14 т. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1988-2003.

**FLORISTIC COMPOSITION OF RUDERAL COMMUNITIES BALEYSKAYA
AND TASEEVSKOE GOLD DEPOSITS**

Makarov V.P.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: vm2853@mail.ru

Abstract: Identified floristic composition of ruderal communities Baleyskaya and Taseevskoe gold deposits.. More numerous in number of species in the family *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Poaceae*. A high frequency of occurrence (over 50%) are characterized by *Pinus sylvestris*, *Larix gmelinii*, *Betula pendula*, *Salix schwerinii*, *Populus balsamifera* and *Populus suaveolens*, *Vicia amoena*, *Melilotus suaveolens* and *Taraxacum ceratophorum*.

Keywords: ruderal plant communities, gold mine.

ДИНАМИКА ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Малых О.Ф.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: mas16o@yandex.ru*

Абстракт: приводятся результаты исследований лесных массивов Центрального Забайкалья вблизи лесного стационара ИПРЭК СО РАН. Установлено, что за 60 летний период (1956-2015 гг.) из различных видов воздействия – рубки, пожары, ветровалы – самое разрушительное воздействие на леса оказывают пожары. Динамика пожароустойчивости лесов характеризуется увеличением доли площадей, занятых невозобновившимися гарями разной давности, а также насаждениями на разных стадиях восстановительно-возрастной динамики.

Ключевые слова: пожары, нарушенность, восстанавливаемость, производно-восстановительные сообщества, пожароустойчивость.

Основной чертой современных технопроцессов является время и скорость преобразования природных мест, которая превышает скорость их образования и существования в сотни, тысячи раз. Настоящее исследование направлено на изучение динамики пожароустойчивости лесов Центрального Забайкалья одного из показателей региональных особенностей техногенеза «процесса изменения природных комплексов и биогеоценозов под воздействием производственной деятельности человека» [1].

Пожароустойчивость лесов – это способность восстанавливаться после долговременного воздействия лесных пожаров [3].

Цель – выявление динамики пожароустойчивости лесов, в связи с изменением характера пожаров и их последствий на одних и тех же территориях по сравнению со второй половиной 20 века.

Методика исследования: сопряженный анализ таксационных материалов лесоустройства Сивяковского лесничества (1998), данных полученных в результате закладки пробных площадей и их описания в период экспедиционных работ 2015 г. и обработки космических снимков района исследования.

Лесной массив – объект исследования, расположен в Центральном Забайкалье, в наиболее освоенной полосе примыкающей к Транссибирской магистрали. В середине прошлого века И.И. Панарин писал: «Ненарушенных лесов в этой полосе найти сейчас не представляется возможным (интенсивные рубки с середины и особенно конца XIX века, а также частые сильные пожары). Лесовозобновление в сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых лесах идет довольно успешно естественным путем. В молодняках, возникающих на месте вырубленных или погибших от пожаров древостоев, господствующее положение остается за сосной и лиственницей. На этих же пространствах в возобновившихся естественным путем лесах и в настоящее время ведутся усиленные рубки главного пользования» [2]. В лесах, где проводились исследования, рубки главного пользования, начались с 1956 года, когда здесь был создан лесоучасток.

Лесной массив рассматривается в разрезе 12 кварталов Сивяковского лесничества Читинского территориального отдела общей площадью 11224 га. Три высотных уровня горного рельефа обуславливают мозаичность лесорастительных условий и различный экологический потенциал восстанавливаемости нарушенных насаждений. По лесотаксационным данным 1998 года наиболее нарушены были рододендроновые сосняки нижнего горного пояса (700-800 м над ур.м.). Значительные площади спелых и приспевающих сосняков здесь были вырублены; часть древостоев на площади 148 га погибли от ветровала; площадь гарей составила 947 га или 28% от общей площади пяти кварталов (58,67,68,61,62). Небольшие участки рододендроновых сосняков 60-70 летнего возраста составляли: в 58-25%; в 67-22%; 68-21%; 61-1,5%; 62-22%. Такая структура площадей кварталов нижнего среднегорного пояса свидетельствовала о том, что степень их пожароустойчивости к 1998 году значительно понизилась. В лиственнично-сосново-березовых лесах среднего и верхнего поясов (900-1200 м над ур.м.) лиственница достигала 100-140 лет, сосна 100-120, береза 50-60 лет. Такие насаждения в среднем занимали

50-60% площадей (рис. 1). Естественный процесс лесовозобновления лиственниц и сосной не был нарушен пожарами, площади послепожарных насаждений были незначительны или отсутствовали. Эти показатели характеризовали достаточно высокую степень пожароустойчивости этих кварталов на тот период.

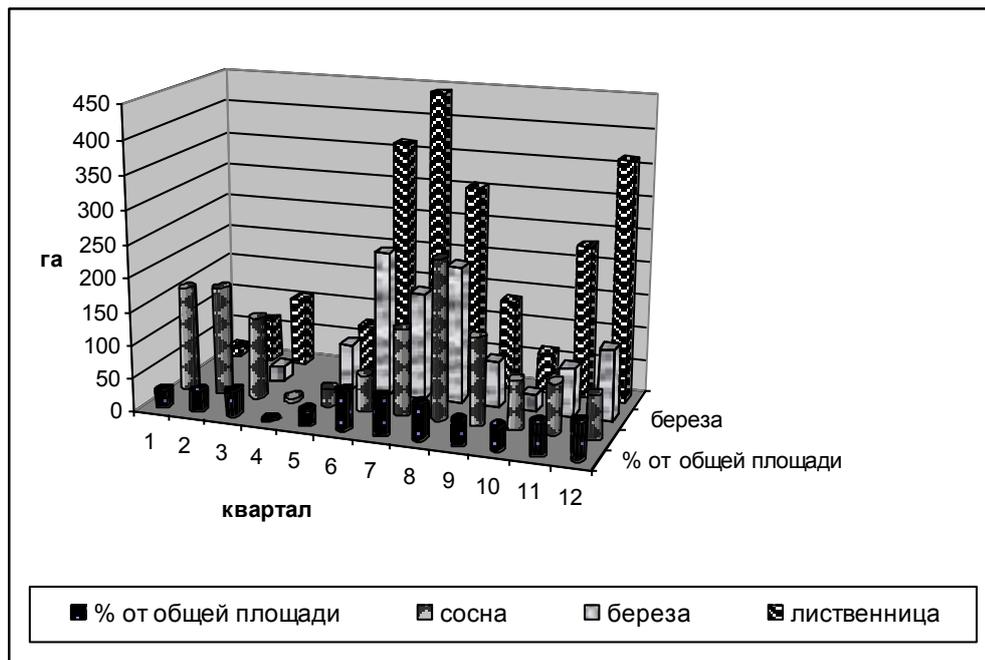


Рис. 1. Площади основных лесобразующих пород 5-7 класса возраста и их доля от общей площади каждого из 12 кварталов Сивяковского лесничества на 1998 г.

По результатам экспедиционных исследований 2015 года и анализу космических снимков установлено, что древостои на исследуемой площади за 2000-2015 гг. в той или иной степени неоднократно пройдены пожарами. Ненарушенных рододендроновых лиственнично-сосновых лесов 6-7 класса возраста и 3-4 класса бонитета, в среднегорном поясе практически не осталось.

На пробных площадях от 30 до 70% из оставшихся деревьев ослаблены, преобладает старый сухостой и бурелом. Насаждения, которые возникли за последние 5 лет, находятся на различных стадиях восстановительно-возрастной динамики и занимают 60% площадей. В послепожарных насаждениях стали преобладать береза и осина.

Динамика пожароустойчивости лесов Центрального Забайкалья за рассматриваемый период значительно возросла. Степень экологических последствий с каждым последующим пожаром изменяется. Лесорастительные условия произрастающих здесь коренных светлохвойных лесов трансформируются, нарушая и замедляя процесс их восстановления. В структуре лесных кварталов за 2000-2014 гг. площади производных послепожарных сообществ увеличились, стали преобладать участки крупных гарей, сухостоя и общая захламленность. Сохранение высокого уровня внешних воздействий приводит к быстрому снижению экологического и ресурсного потенциала геосистемы, время восстановления которого значительно увеличивается. Процессы восстановления всегда хроничны т.к. приурочены к геотопу с характерным для него сочетанием значимых экологических факторов. Поэтому детальный и локальный уровни мониторинга этих процессов являются базовыми и характеризуют региональные особенности техногенеза.

Список литературы

- ГОСТ 17.5.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения., 1984. С. 3.
- Панарин И.И. Лесохозяйственное районирование Востока Забайкалья (Читинская область) // Записки Забайкальского филиала ГО СССР. Вып. XXVI. Чита, 1966. С. 43-55.
- Фурьев В.В., Киреев Д.М., Самсоненко С.Д. Идентификация пожароустойчивости лесов Западной Сибири // Лесоведение. 2015. № 1. С. 3-9.

THE DYNAMICS OF THE FIRE RESISTANCE OF THE FORESTS OF CENTRAL TRANSBAIKALIA

Malich O.F.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: mas16o@yandex.ru

Abstract: Results of studying the forests of Central Transbaikalia near forest hospital iprehk so ran. Found that over the 60 year period (1956-2015 gg.) from different types of impact - cutting, fires, windfalls – the devastating impact on forests have fires. The dynamics of the fire resistance of forests is characterized by an increase in the proportion of space occupied novosormovskaya the different areas of limitation and the plantings at different stages of the restoration-age dynamics.

Keywords: fires, nereshennost, recoverability derived recovery community, flammability.

РОЛЬ ПРИРОДООХРАННЫХ РАСХОДОВ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕГИОНОВ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Нечушкина Е.В.¹, Забелина И.А.², Клевакина Е.А.³

¹Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

²Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

e-mail: lenanechnech@gmail.com

Абстракт: В работе исследуется влияние экономической деятельности на окружающую среду в восточных регионах РФ, вовлеченных в процессы трансграничного взаимодействия. В частности, рассматривается влияние модернизации экономики и природоохранных расходов на экологические показатели. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значимыми факторами, влияющими на объем загрязнений в группе регионов трансграничного взаимодействия, являются объемы ВРП и инвестиции в модернизацию производства.

Ключевые слова: негативное воздействие, приграничные регионы, природоохранные инвестиции, текущие затраты на охрану окружающей среды, ВРП.

В последние годы в приграничных и тяготеющих к ним регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока осуществляются проекты приграничного сотрудничества с КНР [4]. В связи с этим исследуются различные аспекты российско-китайских взаимоотношений [5]. В работе [2] выполнена оценка одного из показателей качества экономического роста [1] и показано, что эко-интенсивность хозяйственной деятельности в регионах РФ по некоторым показателям существенно выше, чем в регионах КНР, что означает для нашей страны более высокий уровень негативного воздействия на природные среды в расчете на единицу созданной добавленной стоимости. Для поддержания соответствующего качества окружающей среды необходим комплекс природоохранных мероприятий, важным источником финансирования которых являются текущие затраты и инвестиции в основной капитал, направленные на ее охрану. Далее проанализируем, как действующий природоохранный механизм справляется с нынешней нагрузкой на окружающую среду и каковы его возможности в будущем при современном состоянии технологических процессов. Как известно, экологические платежи за оказанное негативное воздействие в настоящее время поступают в бюджет и не имеют целевого назначения, поэтому отследить, на какие цели они были израсходованы, не представляется возможным. Таким образом, исходя из имеющихся статистических данных в работе выполнена оценка эффективности природоохранных инвестиций бизнеса и текущих затрат в задаче охраны окружающей среды в приграничных регионах Сибири и Дальнего Востока.

В теории взаимосвязь между уровнем экономического развития и негативного воздействия на окружающую среду описывается экологической кривой Кузнеца (ЭКК). Предполагается, что с ростом макроэкономических показателей до определенного момента усиливается и загрязнение окружающей среды, но после какой-то поворотной точки объем загрязнений начинает снижаться в связи с модернизацией экономики. Таким образом, ЭКК описывает взаимосвязь между величиной негативного воздействия на окружающую среду и экономическим развитием, и, исходя из этого, «классический» вид ЭКК имеет форму перевернутой U-образной кривой. В работе [3] предложен подход, при котором в анализ включаются инвестиционные процессы, что позволяет оценить эффективность проведенных природоохранных мероприятий. Таким образом, изучаемая зависимость между экологическими и экономическими показателями может быть представлена в следующем виде:

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, t),$$

где X_1 – фактор, отражающий экономическое развитие (его влияние на окружающую среду, как правило, негативное – инвестиции в новое строительство, ВРП и др.); X_2 – фактор, отражающий природоохранную деятельность (его влияние на окружающую среду, как правило, положительное – инвестиции, направленные на охрану окружающей среды и рациональное природопользование; текущие затраты на охрану окружающей среды и др.); X_3 – фактор, отражающий модернизационные процессы в экономике (влияние, как правило, положительное – инвестиции, направленные на модернизацию производства и др.); t – год.

На основе рассмотренного подхода можно определить влияние природоохранных расходов на изменение объема загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду.

Для этого в исследовании были использованы следующие индикаторы (экономические показатели приведены к сопоставимому виду):

- ВРП;
- инвестиции в основной капитал, направленные на охрану атмосферы и водных ресурсов;
- инвестиции в основной капитал, направленные в новое строительство;
- инвестиции в основной капитал, направленные на модернизацию производства;
- текущие затраты на охрану водных объектов и атмосферного воздуха;
- объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и сбросов сточных вод.

В данной работе для выявления общероссийских тенденций рассматривались панельные данные по всем субъектам РФ, а также по группе регионов, вовлеченных в трансграничное взаимодействие между РФ и КНР для того, чтобы определить особенности влияния экономической деятельности на окружающую среду в природно-ресурсных регионах данной группы. В процессе исследования использовалась регрессионная модель с фиксированными эффектами. При анализе результатов важно принимать во внимание, что инвестиционные процессы, как правило, не дают немедленной отдачи. Мы рассмотрели различные варианты, при которых временной лаг составлял от 1 до 3 лет.

На уровне РФ не удалось получить зависимость, которая бы достаточно хорошо описывала наблюдаемую ситуацию в отношении сбросов загрязнённых сточных вод. Объемы поступающих в атмосферу загрязняющих веществ более чем на 50% зависят от рассматриваемых факторов (табл. 1), при этом наиболее подходящая величина временного лага для инвестиционных процессов составляет два года, а наиболее значимыми факторами признаны величина текущих затрат на охрану атмосферного воздуха и инвестиции в модернизацию. Согласно полученным результатам, модернизационная деятельность сокращает объем загрязняющих веществ. Высокий уровень текущих затрат на охрану окружающей среды отражает большие объемы добычи и переработки природных ресурсов, при этом объемы финансирования мероприятий, направленных на снижение экологической нагрузки, недостаточны для масштабного сокращения негативного воздействия.

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов линейной зависимости от факторов (1)-(5)

| Регион | ВРП (1) | Инвестиции в | | | Текущие затраты (5) | R ² |
|----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|----------------|
| | | основной капитал (2) | модернизацию (3) | новое строительство (4) | | |
| <i>Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу</i> | | | | | | |
| Забайкальский кр. | -0,0028* | -1,539 | -0,0019 | -0,0069 | -2,8741 | 0,94 |
| Иркутская обл. | +0,0018* | -0,1280 | +0,0053 | -0,004* | -0,5144* | 0,99 |
| Респ. Бурятия | -0,0010 | +0,336 | +0,0192* | +0,0059* | +0,044 | 0,93 |
| Хабаровский кр. | -0,0008* | +0,136* | -0,0053* | +0,0002 | +0,0011 | 0,97 |
| Группа регионов трансграничного взаимодействия | +0,0022* | +0,0977 | -0,0051* | -0,0012* | -0,2858* | 0,75 |
| РФ | +0,0001 | +0,0147 | -0,0128* | -0,0005 | +0,1757* | 0,53 |
| <i>Сбросы сточных вод</i> | | | | | | |
| Амурская обл. | -0,001* | -0,1025 | -0,0116* | +0,00001 | +0,25 | 0,97 |
| Забайкальский кр. | -0,0025* | 0,0019 | +0,0019 | +0,0052* | -0,6121* | 0,97 |
| Респ. Бурятия | +0,054* | -0,2915 | -0,015 | -0,0011 | +0,65* | 0,93 |
| Группа регионов трансграничного взаимодействия | -0,0018* | +0,0585 | +0,0035 | +0,0035* | +0,039 | 0,62 |
| РФ | -0,0006 | +0,0073 | +0,0001 | +0,0018 | +0,0701 | 0,18 |

Примечание. * - коэффициенты, значимые при 5%-м уровне значимости.

Сопоставление полученных результатов для России и регионов трансграничного взаимодействия позволяет выявить общие тенденции: рост ВВП (ВРП) увеличивает объем

загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, в то время как увеличение инвестиций в модернизацию и новое строительство – сокращает. Эффект, оказываемый природоохранными инвестициями, незаметен, и это объясняется тем, что существующие потоки капитальных вложений в рациональное природопользование недостаточны и не могут повлиять на сокращение экологической нагрузки.

Несмотря на то, что условия, в которых развиваются приграничные субъекты РФ, во многом схожи, для каждого региона существует своя специфика, обусловленная, прежде всего, структурой внутреннего производства. В связи с этим аналогичные исследования были проведены по каждому региону, для того чтобы учесть региональные особенности отдачи от природоохранных расходов. В большинстве случаев полученные результаты достаточно хорошо описывают наблюдающуюся зависимость ($R^2 > 0,9$ при различных значениях временного лага для инвестиций). В отдельных случаях (см. табл. 1) инвестиции, направленные на модернизацию производств и текущие затраты, сокращают величину выбросов загрязняющих веществ, а инвестиции в строительство новых объектов усиливают воздействие на окружающую среду.

Выполненный анализ эффективности действующего природоохранного механизма показал, что в регионах трансграничного взаимодействия величина негативного воздействия слабо зависит от рассмотренных выше факторов. Тем не менее в настоящее время одним из наиболее эффективных направлений расходования денежных средств в регионах трансграничного взаимодействия, сокращающим величину выбросов, являются текущие затраты на охрану окружающей среды. Можно заключить, что в условиях предполагаемого расширения приграничного сотрудничества одним из важных направлений для достижения сбалансированного эколого-экономического развития регионов является совершенствование и повышение эффективности собственного экономического природоохранного механизма.

Статья выполнена в рамках проекта СО РАН (IX.88.1.6).

Список литературы

1. Глазырина И.П., Ван дер Вейн А., Мазнева М.А., Фалейчик Л.М., Филатова Т.В. Экологические индикаторы качества экономического роста // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2005. № 6. С. 104-110.
2. Глазырина И.П., Забелина И.А., Клевакина Е.А. Экологическая составляющая экономического развития: приграничные регионы России и Китая // ЭКО. 2014. № 6 (480). С. 5-24.
3. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т. Влияние развития экономики на окружающую среду // Труды Карельского научного центра РАН. 2012. № 6. С. 106-114.
4. Забелина И.А., Клевакина Е.А. Приграничное сотрудничество и его влияние на качество экономического роста (на примере Забайкальского края) // ЭКО. 2013. № 5 (467). С. 108-123.
5. Zabelina I.A., Klevakina E.A. Environmental and economic aspects of natural resource use and problems of cross-border cooperation in regions of Siberia // Problems of Economic Transition. 2012. T. 55. №7. С. 39-48.

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL COSTS IN ENVIRONMENT OF SIBERIA AND THE FAR EAST REGIONS

Nechushkina E.V., Zabelina I.A., Klevakina E.A.

Transbaikal State University, Chita, Russia

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: lenanechnech@gmail.com

Abstract: The article examines the impact of economic activities on the environment in the Eastern border regions of the Russian Federation. The main purpose of this study is to estimate the impact of modernization and environmental treatments on the volumes of sewage water and air emissions. The results show that GDP and investments for modernization are the most significant factors influencing on the level of environmental impact in the some border regions.

Keywords: environmental impact, border regions, environmental investments, current environmental costs, GRDP.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Дайнеко Д.В.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
Отдел региональных экономических и социальных проблем ИНЦ СО РАН, г. Иркутск, Россия
e-mail: dayneko@oresp.irk.ru*

Абстракт: Сегодня в Байкальском регионе, когда Россия преодолевает санкциями ЕС и США, требуется поддержание инновационных видов деятельности в различных отраслях экономики. Именно экологический туризм должен стать важным компонентом способствующим как экономическому развитию Байкальского региона так и сохранению его природных и культурных ценностей. Представлены современные концепция и подходы к экологическому туризму реализация которых необходима для устойчивого социально-экономического развития Байкальского региона.

Ключевые слова: экологический туризм, устойчивое развитие, Байкальский регион, экоэффективность.

Популярность экологического туризма, под которым понимаются путешествия в места представляющие природный или экологический интерес, с целью обозрения дикой природы и получения представления о природных и культурно-этнографических особенностях данной местности, которые не нарушают при этом целостности экологических систем [4], возрастает с каждым годом. По прогнозам всемирной туристической организации (ВТО), темпы роста экологического туризма в XXI в. и предполагаемые доходы будут расти, определяя значительный вклад в развитие экономики России, особенно в развивающихся регионах [3].

Одним из самых перспективных направлений российского экологического туризма является Байкальский регион. Следует отметить тот факт, что экологический туризм в России начал развиваться именно на Байкале. Озеро Байкал и прилегающая к нему территория – это участок Всемирного природного наследия, который имеет особое значение для экологического туризма и других рекреационных мероприятий. Более 60% побережья Байкала относится к особо охраняемым территориям, включающим национальные парки, заповедники, заказники [2]. Именно здесь вдоль береговой линии и в местах с уникальными природными ландшафтами, где расположены 26 минеральных источников и около 130 памятников природы, 94 историко-культурных объекта, размещено большинство круглогодичных и сезонных баз отдыха. Однако, из-за отсутствия современной и продуманной политики в области туризма концепция экологического туризма в Байкальском регионе до сих пор не получила должного развития.

Байкальский регион обладает уникальными природно-историческими ресурсами, к числу которых можно отнести богатую сибирскую тайгу и живописные пейзажи в долинах рек Ангара, Лена, Иркут, Селенга, Витим, Чуя, Хилок и другие. В Байкальском регионе находятся такие достопримечательности как остров Ольхон и пос. Хужир, острова Огой, Ушканьи острова, пос. Листвянка, пос. Большое Голоустное, порт Байкал, пос. Танхой, Кяхта, Тункинская долина, архитектурно-этнографический музей Тальцы, Круго-Байкальская железная дорога, рекреационные территории с экологическим маршрутами Малое море, бухта Песчаная, бухта Ая, залив Чивыркуйский и полуостров Святой нос, Тажеранская степь и ее пещеры, Соболиные озера, озеро Котокель, Арангутуйские озера. Хорошо известные в России и за рубежом горы Мамай, Хамар-Дабан, Мунку-Сардык, Барагхан, пики Черского, Порожистый, Шапка Мономаха, перевал Нуху-Дабан.

В Бурятии также популярны долина Шумацких источников, Теплые озера, водолечебный курорт Аршан, Баргузинская долина и заповедник, национальный парк Тункинский, государственный природный биосферный заповедник Байкальский, Забайкальский национальный парк, Иволгинский дацан, этнографический музей народов Забайкалья, государственный природный заказник Фролихинский, Джергинский заповедник, каскады водопадов, Байкальская гавань, пещеры мыса Турали.

В Забайкальском крае среди достопримечательностей можно выделить: Забайкальский исток, урочище Чарские пески, Сохондинский заповедник, государственный биосферный заповедник Даурский, Алханайский национальный парк, озера Беклемишевские, Горбунка, Арей, Баин-Цаган и другие.

Актуальность задачи развития экологического туризма в Байкальском регионе обоснована и необходимостью поддержания устойчивого потребления природных ресурсов.

Экологическое значение флоры и фауны, проблема вреда и возможного ущерба окружающей среде зачастую пренебрегается в интересах развития массового туризма и максимизации прибыли туристических фирм.

В отличие от массового туризма предлагаемая концепция экотуризма в Байкальском регионе не требует столь развитой туристской инфраструктуры (отелей, ресторанов, досуговых центров) из расчета на каждого туриста и характеризуется гораздо меньшими инвестициями и затратами. Но в любом случае подразумевает получение экономических выгод и должна ориентироваться на охрану природных и культурных ценностей региона.

Современная трактовка экологического туризма не всегда реализуется на практике. До сих пор многие операторы предлагают экологические туры в качестве альтернативы традиционным поездкам, что безусловно требует внесения изменений в туристические программы. Причем прибыль от экологических путешествий направляется, как правило, только на нужды самих туристических фирм, без учета необходимости сохранения окружающей среды и интересов местных жителей. Согласно международным стандартам экологического туризма часть средств получаемых от экологических туристов должна поступать принимающему сообществу. Кроме того, важно отметить необходимость сохранения и поддержания посещаемых экосистем в их первозданном нетронутым виде, предотвращение возможных причин экологической деградации природной среды.

В соответствии с традиционными подходами к экологическому туризму необходимо особое внимание уделять охране местной дикой природы, культуры и других ресурсов, а также искать пути сохранения привлекательных или нетронутых туристических достопримечательностей. В предлагаемой модели существует по крайней мере, пять секторов вовлеченных в развитие экологического туризма в порядке своей значимости для Байкальского региона: местные жители, научные сотрудники, индустрия туризма и туристы, правительство и администрации [1]. Предлагаемый экологический подход к туризму в Байкальском регионе должен соответствовать определенному набору условий и требует соблюдения представленной концепции и правил экотуризма. При соблюдении условий и правил экотуризма, будет достигнута устойчивость туристической деятельности и использование связанных ресурсов.

Отличительной особенностью экотуризма является его экоэффективность, т.е. способность если не предотвращать негативное воздействие на природу, то, по крайней мере, минимизировать его и содействовать охране природы и социально-экономическому развитию. Экотуризм является важным компонентом устойчивого развития природных территорий. Причем, те виды туристической деятельности, которые обладают наиболее высоким суммарным положительным экологическим, экономическим и социальным эффектом являются более устойчивыми.

Установлено, что наибольший вред природе наносит местное население, зачастую незаконно использующее природные ресурсы. Именно поэтому традиционные сельские занятия, такие как охота и земледелие, заготовка древесины, рыбная ловля, должны быть если не запрещены, то ограничены не только в пределах особо охраняемых природных территорий, но и вблизи них. Для снятия социально-экономического напряжения, и в свою очередь для поднятия доходов местного населения, предлагается его вовлечение в развиваемую сферу экологического туризма. Здесь возможно создание рабочих мест как непосредственно для организации экологических туров так и для обеспечения вспомогательной инфраструктуры и индустрии питания, развлечений и художественно-прикладного творчества.

Необходимость системного подхода с учетом всех институциональных факторов к решению проблем развития экологического туризма в Байкальском регионе, обусловлена существующими условиями и обстоятельствами формирования конкурентной туристической среды и экологического туризма как приоритетного направления. Важно создание профессиональной кадровой базы и проведение образовательных программ, в том числе совместных, как для местного населения так и для туристов посещающих экологические достопримечательности в Байкальском регионе, что позволит достичь положительных результатов и добиться устойчивого развития экологического туризма. Специфика экотуризма заключается в том, что он не только стимулирует и удовлетворяет желание общаться с природой, но при этом предотвращает или, по крайней мере, минимизирует негативное воздействие на окружающую природную среду и культуру и побуждает туроператоров и

туристов содействовать охране природы и социально-экономическому развитию. Таким образом, именно экотуризм должен стать важным компонентом устойчивого развития природной территории Байкальского региона.

Существующие проблемы, сдерживающие развитие экологического туризма в Байкальском регионе, определяют необходимость разработки системы мер, направленных на создание условий для развития устойчивого экотуризма в Иркутской области, в Бурятии и в Забайкалье. Такими условиями являются прежде всего: формирование и развитие интегрированного туристического пространства в Байкальском регионе, повышения качества туристических услуг, разработка новых экологических туристических продуктов и современных маркетинговых программ, направленные на их продвижение на внутреннем и международном рынках туристических услуг.

Список литературы

1. Дайнеко Д.В. Сравнительный подход к экологическому туризму в Байкальском регионе // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы VI Международной научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна, 2016. С. 104-110.
2. Огаркова Я.В. Воздействие туристической деятельности на экосистему озера Байкал / Я.В. Огаркова // Экономическая психология. Туризм. Экология: материалы восьмой науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2007. С. 333-340.
3. Сергеева Т.К. Экологический туризм – перспективная форма организации природно-ориентированного туризма в России // Байкальский регион и Монголия как составные части мирового рынка экотуризма: Сб. докладов и рекомендаций междунар. науч. конф. Ч.2. М.: РМАТ, 2003. С. 3-18.
4. Ecological tourism. (n.d.) *Collins English Dictionary – Complete and Unabridged*. (1991, 1994, 1998, 2000, 2003). URL: <http://www.thefreedictionary.com/Ecological+tourism>

ECOLOGICAL TOURISM IN BAIKAL REGION

Dayneko D.V.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Department of Regional Economic and Social Problems ISC SB RAS, Irkutsk, Russia

e-mail: dayneko@oresp.irk.ru

Abstract: Today, when Russia undergo EC and USA sanctions, the support of innovative activities is required in various industries of economy in Baikal region. It is the ecological tourism which is to be an important component to facilitate economic development of Baikal region and to preserve its natural and cultural values. The modern concept and approaches to ecological tourism are presented, implementation of which is required for the sustainable socio-economic development of the Baikal region.

Keywords: ecological tourism, sustainable development, Baikal region, eco-effectiveness.

РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Фалейчик Л.М.^{1,2}, Фалейчик А.А.^{3,2}, Пьянова Э.А.⁴

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

²Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

³Читинский институт Байкальского государственного университета, г. Чита, Россия

⁴Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,

г. Новосибирск, Россия

e-mail: lfaleychik@bk.ru

Абстракт: процессы реиндустриализации в Забайкальском крае наряду с экономическими перспективами несомненно имеют существенные экологические риски, в числе которых атмосферный перенос загрязнений, воздействие на природные комплексы ООПТ. Один из важных аспектов при изучении возможных неблагоприятных последствий и оценки ущерба от загрязнения атмосферы является использование методов математического моделирования в комплексе с современными информационными технологиями. В работе рассмотрены некоторые возможности такого подхода на примере Быстринского ГОКа.

Ключевые слова: экологические риски, горнопромышленный комплекс, загрязнение атмосферы, математическое моделирование локальных атмосферных процессов, геоинформационные технологии

В научном сообществе складывается определенный консенсус о необходимости постановки задачи реиндустриализации экономики России, как одной из первоочередных и в высшей степени актуальных. Можно сказать, что уже сформировался ряд концептуальных подходов к этой проблеме: прежде всего то, что речь должна идти не просто о реструктуризации экономики и внедрении новых технологий, а о системном долгосрочном проектировании индустриально-технологических цепочек и связей, включающем компоненты ресурсного и кадрового обеспечения и мотивацию бизнеса. В целом ряде работ констатируется значительная инерция процесса послереформенной деиндустриализации, которая является серьезным негативным фактором. Во многих регионах этот процесс еще продолжается, и преодоление этой инерции – одна из самых трудных задач.

В развитии восточных приграничных регионов России в последние два десятилетия факторы, связанные с близостью АТР, играли весьма существенную роль, как положительную, так и отрицательную. Близость к границе с КНР и российско-китайские экономические связи (формальные и неформальные) следует отнести к наиболее значимым факторам. В условиях существующих институтов в России близость к КНР выступала во многих случаях как фактор деиндустриализации и экологической деградации. Изменения глобального геополитического и экономического пространства, «восточный вектор» развития России, замедление роста китайской экономики, изменение структуры спроса на ресурсы в странах АТР и новые концепции, выдвинутые руководством КНР, в том числе идеи интеграции в рамках «Шелкового пути», требуют тщательного изучения, анализа перспектив и рисков, разработки методов прогнозирования последствий трансграничных взаимодействий в новых условиях с учетом специфики конкретных регионов, вовлеченных в эти связи.

Исторически сложившаяся природно-ресурсная специализация восточных регионов России, очевидно, будет во многом определять характер процессов реиндустриализации. Долгосрочные перспективы развития Забайкальского края связывают в основном с реализацией инвестиционных проектов в приоритетных отраслях экономики, в первую очередь в минерально-сырьевом комплексе и горнорудной промышленности. Таким образом, наиболее вероятным путем новой индустриализации применительно к Забайкальскому краю может стать возвращение на новом современном технологическом уровне к проектам освоения природных богатств территории. Ключевым приоритетом развития горнодобывающей отрасли объявлено создание горнорудных комплексов за счет реализации крупных инвестиционных проектов, которые должны повысить эффективность и комплексность использования природных ресурсов. Однако такой путь развития существенно увеличивает экологические риски. Поэтому требуется выявление и очень существенная их проработка на всех этапах освоения территории; необходимо достигать компромисса экономических и экологических интересов.

В настоящее время на Юго-Востоке края создается крупный горнопромышленный кластер, одним из первых его объектов будет Быстринский ГОК, срок ввода в эксплуатацию которого намечен на 2017 или 2018 гг.

Масштабы воздействия на природные комплексы объектов горнорудной промышленности Юго-Востока Забайкалья, оставшихся на территории с предыдущих этапов освоения, оценены в [5 и др.]. С использованием ГИС-технологий выявлены территории, в той или иной степени уже подвергшиеся антропогенному влиянию, и оценены их площади. Однако проведенные исследования в меньшей степени касаются вопросов, связанных с загрязнением воздушного бассейна территории выбросами предприятий ГПК. Учет информации об атмосферном загрязнении, которое в значительной степени зависит от характера рельефа местности и проявлений особенностей мезоклимата, позволит уточнить границы областей влияния объектов ГПК на окружающую территорию.

В данной работе авторы хотели бы уделить особое внимание использованию математического моделирования в комплексе с возможностями современных геоинформационных технологий не только для анализа существующего положения дел, но и для прогнозных оценок вариантов развития ситуаций. Совместное использование математического и геоинформационного моделирования представляет мощный инструмент, успешно использованный авторами в ряде конкретных исследований по оценке последствий хозяйственной деятельности человека. Центральным ядром используемого подхода является информационно-вычислительная технология получения, обработки и анализа многофакторной информации о территории, начиная с получения исходных данных для численного моделирования и заканчивая пространственным анализом и представлением результатов расчетов по математическим моделям в виде, удобном и понятном для конечных пользователей, принимающих решения [3, 4].

Для математического описания гидротермодинамических режимов атмосферы и процессов переноса примеси над выбранной территорией использовалась разработанная в ИВМиМГ СО РАН мезомасштабная негидростатическая модель динамики атмосферы, объединенная с моделью переноса примеси [1, 2].

Геоинформационная часть информационно-вычислительного комплекса для получения сценарных оценок включает в себя 2 блока. Первый предназначен для получения входной информации для численной модели, второй – для отображения и анализа результатов расчетов в среде ГИС [4].

В работе представлены некоторые предварительные оценки возможного атмосферного загрязнения в результате строительства Быстринского ГОКа. Сценарные расчеты и оценки были получены для территории (расчетной области) $100 \times 100 \text{ км}^2$, представленной на рис. 1.

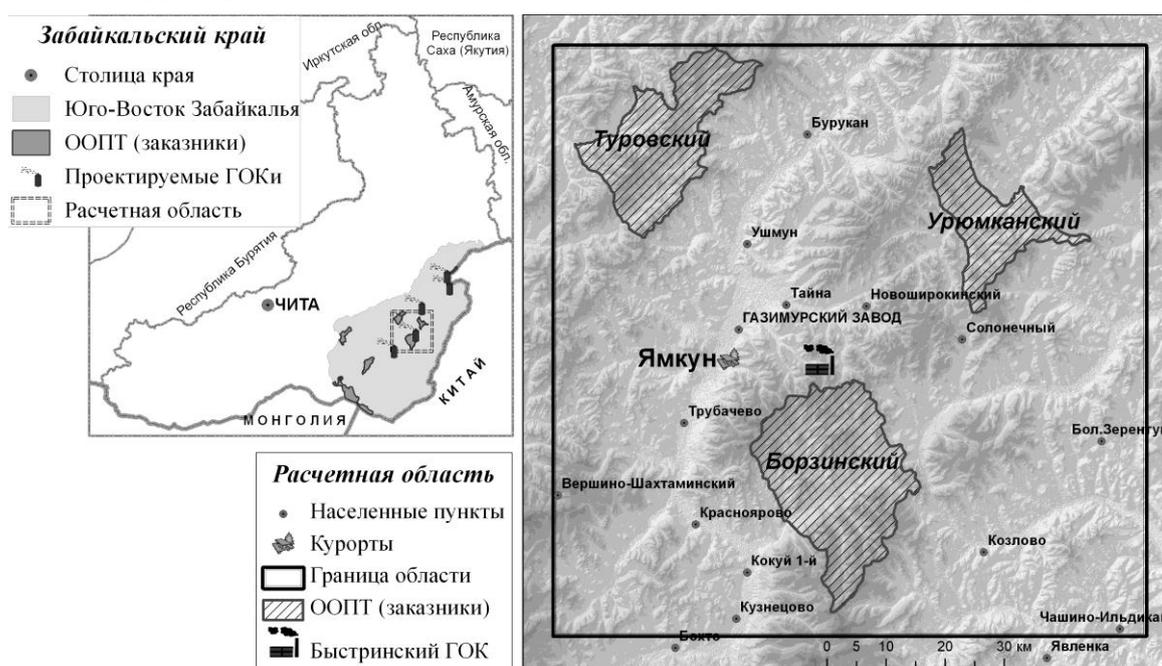


Рис. 1. Территория Забайкальского края, объекты проектируемого горнопромышленного кластера и область моделирования.

В силу природно-климатических особенностей Забайкалья наиболее опасным с точки зрения возникновения высоких уровней загрязнения воздушного бассейна является зимний период. Зимой Забайкальский край и его юго-восток находятся под действием отрога Сибирского антициклона. Это обуславливает высокую повторяемость температурных инверсий и маловетреной погоды, что, в свою очередь, способствует застойным явлениям, особенно в котловинах. По этой причине при проведении численных экспериментов в первую очередь были рассмотрены зимние сценарии, представляющие типичные для юго-восточной части края варианты метеорологических ситуаций: (1) штиль при устойчивой стратификации фоновой атмосферы; (2) штиль при инверсионном распределении температуры в нижних слоях фоновой атмосферы; (3) юго-западный фоновый ветер 4 м/с при инверсионном распределении температуры в нижних слоях фоновой атмосферы; (4) северо-западный фоновый ветер 4 м/с при устойчивой стратификации фоновой атмосферы.

В качестве источника выбросов в наших сценариях рассматривалась труба котельной высотой 60 м. Во всех экспериментах моделировалось распространение двух видов пассивной примеси: «легкой» (невесомой) и «тяжелой» (со средней скоростью оседания 0,4 м/с). Во всех экспериментах мощность источника задавалась как 1 условная единица выброса за единицу времени.

Анализ результатов модельных расчетов переноса загрязняющих выбросов котельной ГОКа по перечисленным зимним сценариям показал, что при штилевых фоновых условиях в зимний период вынос «тяжелых» загрязнений (например, неорганической пыли) от котельной ГОКа за его пределы будет незначительным. Однако такие метеорологические условия будут неблагоприятными для проветривания долины, в которой располагается ГОК. При юго-западном фоновом ветре выраженного переноса примесей в направлении Урюмканского заказника не наблюдалось: за счет рельефа формируется локальный ветер, способствующий переносу «тяжелой» и «легкой» примесей в западном направлении против основного фонового потока. Метеоситуация с северо-западным фоновым ветром – неблагоприятная для природных систем Борзинского заказника: фоновый поток способствует переносу загрязнений к их границам. Хотя основные концентрации как «тяжелой», так и «легкой» примесей локализируются в радиусе 1-1,5 км от трубы котельной, в незначительных концентрациях примеси могут достигать границ данной ООПТ (рис. 2), и за продолжительный период времени это может привести к накоплению негативного воздействия на ее природный комплекс.

На очереди следующий проект в русле реиндустриализации Юго-Востока Забайкальского края – освоение Бугдаинского месторождения рудного золота, молибдена, свинца и серебра, строительство на его базе Бугдаинского ГОКа. В планах дальнейших исследований авторов – прогнозная оценка загрязнения атмосферы окружающей территории выбросами этого объекта, а также оценка кумулятивного воздействия на качество атмосферы территории Юго-Востока этих и остальных планируемых к вводу ГОКов данного горнопромышленного кластера.

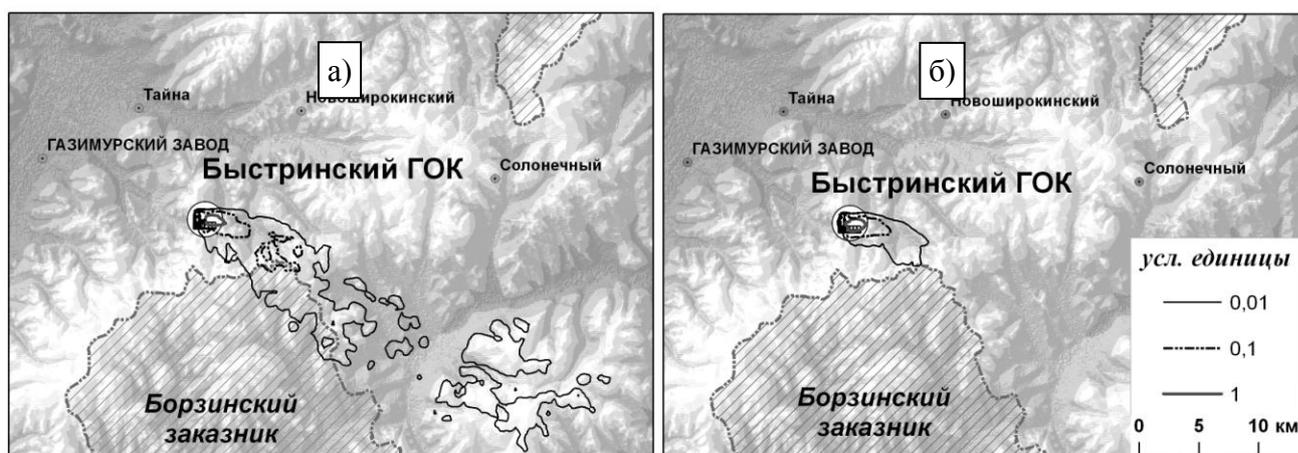


Рис. 2. Изолинии пассивных примесей на высоте приземного слоя через 16 ч с начала работы источника: а) – «легкая», б) – «тяжелая» примеси; сценарий (4).

Работа выполняется при частичной поддержке РГНФ, проект № 16-02-00102а (экологические риски реиндустриализации для Юго-Востока Забайкальского края,

интерпретация результатов сценарных расчетов), РФФИ, проект № 14-01-00125-а (численные алгоритмы), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН I.33П (математическая модель, авторская модификация и адаптация), проекта IX.88.1.6 Фундаментальных исследований СО РАН (геоинформационный инструментарий для получения и обработки данных моделирования). Расчеты выполнены на ССКЦ СО РАН.

Список литературы

1. Пененко В.В., Алюян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. Новосибирск: Наука, 1985. 256 с.
2. Пьянова Э.А. Исследование трансформации воздушного потока над термически и орографически неоднородной подстилающей поверхностью // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10. № 3. С. 106–111.
3. Пьянова Э.А., Фалейчик Л.М. Информационно-вычислительная технология для сценарных оценок динамики и качества атмосферы // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17. № 1. С. 109-119.
4. Фалейчик Л.М. Геоинформационное обеспечение численного моделирования локальных атмосферных процессов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2012. Т. 10. № 2. С. 14-24.
5. Фалейчик Л.М., Кириллюк О.К., Помазкова Н.В. Опыт применения ГИС-технологий для оценки масштабов воздействия горнопромышленного комплекса на природные системы Юго-Востока Забайкалья // Вестник ЗабГУ. 2013. № 6 (97). С. 64-79.

REINDUSTRIALIZATION IN TRANSBAIKALIE: ECONOMIC PERSPECTIVES AND ENVIRONMENTAL RISKS

Faleychik L.M.^{1,2}, Faleychik A.A.^{3,2} and Pyanova E.A.⁴

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia,*

²*Transbaikal State University, Chita, Russia,*

³*Chita Institute of the Baikal State University, Chita, Russia,*

⁴*Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia*
e-mail: lfaleychik@bk.ru

Abstract: The processes of reindustrialization in Zabaikalsky krai have the economic perspectives and significant environmental risks, including atmospheric transport of pollution, impact on natural protected areas. The important aspect of this study is the complex use of mathematical modeling techniques with modern GIS technology. The paper discusses some of the capability of this approach on the example Bystrinsky GOK.

Keywords: ecological risks, mining complex, air pollution, mathematical modeling of local atmospheric processes, GIS technology.

СОЦИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОПРОСЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Лукиянов П.Ю., Матюгина Е.Б., Борзенко С.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: Lukyanovpu@yandex.ru*

Абстракт: Рассматриваются закономерности в стоимости исходных ТЭР, расходуемых на теплоснабжение, от количества социальных норм жилья для населенных пунктов Забайкальского края и анализируются их причины. Для условий Сибири предлагаются две ресурсосберегающие технологии централизованного теплоснабжения объектов в малых населенных пунктах, а также для очистки и обеззараживания сточных вод с использованием управляемого меромиктического режима искусственных водоемов.

Ключевые слова: социальная норма, паровая винтовая машина, меромиктический водоем, очистка и обеззараживание сточных вод, бактериальная сульфатредукция.

На рис. 1 приведена зависимость годовой стоимости исходных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), расходуемых на теплоснабжение, от общей отапливаемой площади, выраженной количестве социальных норм жилья для различных населенных пунктов Забайкальского края. Расход ТЭР в натуральных единицах (тонны, кВт*ч и т.п.) был пересчитан с учетом цен, сложившихся на конец 2015 г. С целью выявления закономерностей, связанных исключительно с техническими особенностями систем теплоснабжения, стоимость доставки топлива к удаленным объектам в расчетах не учитывалась. Также не учитывались и сверхнормативные потери по причинам неудовлетворительного технического состояния элементов инфраструктуры.

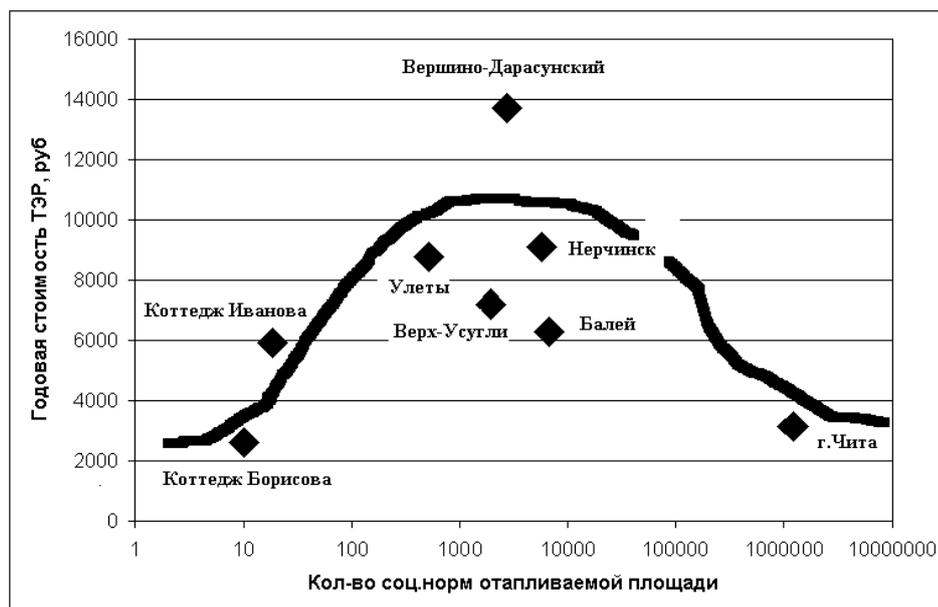


Рис. 1. Годовая стоимость исходных ТЭР, расходуемых на теплоснабжение, в зависимости от количества социальных норм отапливаемой площади для различных населенных пунктов Забайкальского края.

Заслуживает внимание значительный диапазон годовой стоимости исходных ТЭР – от 2600 руб. до 13700 руб. в различных населенных пунктах. Также из графика видно, что в условиях г. Читы существующая система теплоснабжения обеспечивает близкую к минимальной стоимость расходуемых ТЭР (3140 руб./год). Максимум годовой стоимости ТЭР в середине графика, относящийся к малым городам и поселкам городского типа (Нерчинск, Вершино-Дарасунский и др.), связан со следующими причинами.

1) Малоэтажные строения имеют более высокие удельные тепловые потери (в пересчете на единицу отапливаемой площади или объема). Однако, из левой части графика следует, что

применение современных утеплительных материалов и строительных решений позволяет компенсировать данный фактор.

2) Для малоэтажной застройки является характерной относительно большая длина теплотрасс. В условиях малых городов и ПГТ значительная часть вырабатываемой теплоэнергии теряется в теплотрассах, не доходя до потребителя.

3) Также при относительно большой длине трубопроводов и их малом диаметре требуется повышенная мощность сетевых насосов.

4) Отсутствие проработанной технологии сжигания бурых углей, добываемых в основных угольных разрезах Забайкальского края, в котлоагрегатах мощностью до 3 ГКал/час.

Таким образом, существующие в настоящее время в малых городах и ПГТ системы централизованного теплоснабжения на основе технологий, оптимальных для условий крупных городов с многоэтажной застройкой, приводят к существенному завышению себестоимости тепловой энергии, доведенной до потребителя.

В целях повышения эффективности использования ТЭР в системах теплоснабжения малых городов и ПГТ предлагается комбинированная пароводяная система теплоснабжения (рис. 2).

Система теплоснабжения предполагает замену водогрейных котлов на паровые и передачу вырабатываемой теплоэнергии от котельной к тепловым узлам посредством 1-трубного паропровода, который также периодически используется в качестве конденсатопровода. Так как объем образующегося конденсата при той же тепловой мощности составляет 1/30 часть от объема подачи теплоносителя в водяной системе теплоснабжения, для возврата конденсата от тепловых узлов в котельную потребуется всего 1-2 часа в сутки. Синхронный перевод теплотрассы из режима паропровода в режим конденсатопровода должен обеспечиваться автоматикой тепловых узлов по управляющей команде из котельной.

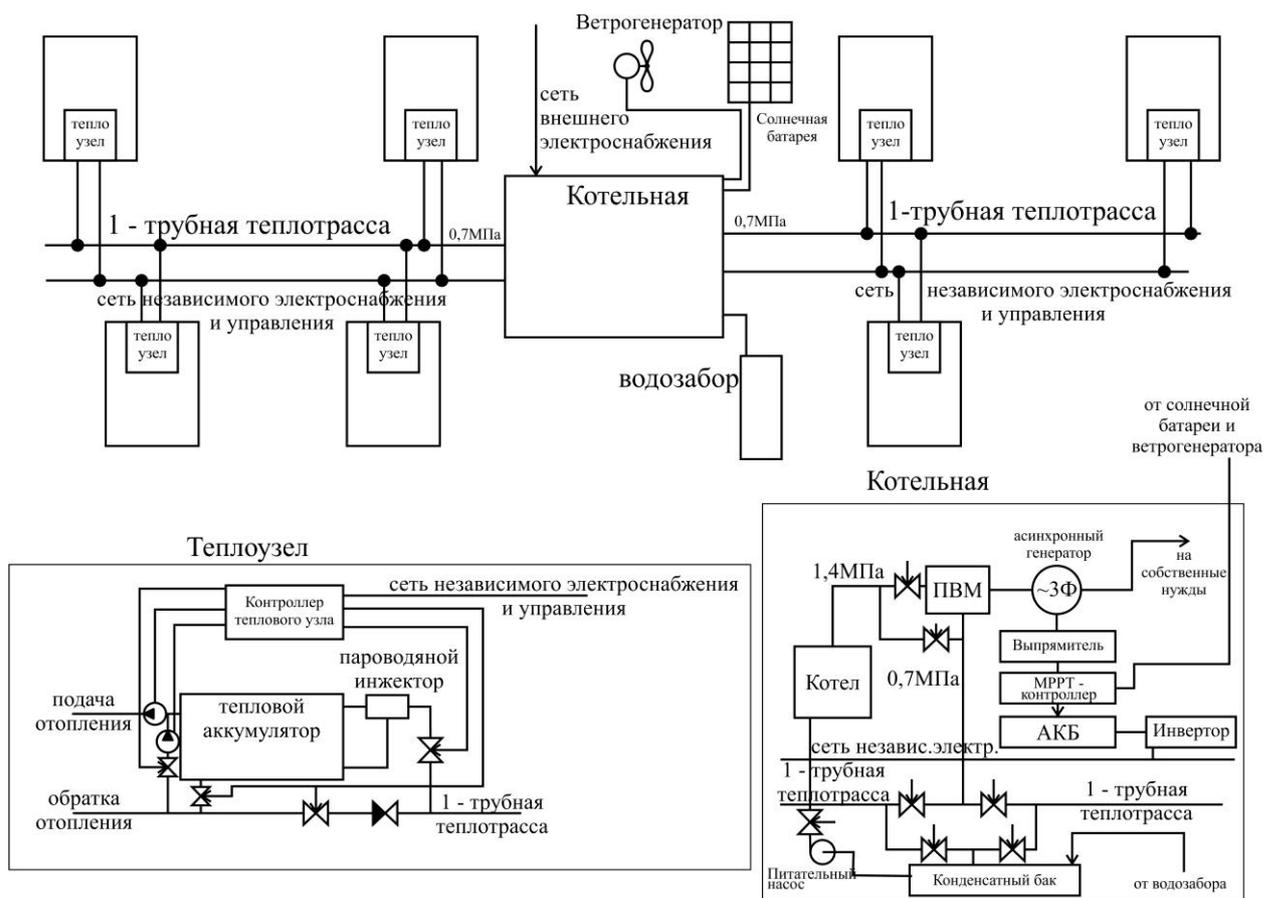


Рис. 2. Упрощенные схемы системы теплоснабжения, теплового узла и котельной.

Системы отопления зданий остаются без изменений. Тепловые узлы зданий оснащаются дополнительно тепловыми аккумуляторами (водяная емкость объемом 1-2 м³), циркуляционными насосами относительно небольшой мощности и системой автоматики с исполнительными устройствами. Предполагается осуществлять передачу теплоты от пара к

воде посредством пароводяных инжекторов. Также возможно использование пароводяных теплообменников, что является более дорогим вариантом [2]. Отопление зданий в режиме возврата конденсата осуществляется за счет энергии, запасенной в тепловом аккумуляторе. Подогрев воды для ГВС также может осуществляться в тепловом узле здания при помощи отдельного водно-водяного теплообменника.

Для функционирования системы является желательным наличие двух или более плеч теплотрассы (при расположении котельной в центре тепловой нагрузки). В противном случае потребуется оснащение котельной паровым ресивером для работы теплотрассы в режиме конденсатопровода.

Выработка насыщенного пара паровым котлом хорошо сочетается с отбором незначительной части энергии пара (3-6%) при помощи паровой винтовой машины (ПВМ) и преобразованием ее в электрическую энергию для собственного потребления [1]. Учитывая, что основное оборудование котельной приводится в действие асинхронными электродвигателями, допускающими «плавание» частоты питающего напряжения в широких пределах, а также не ставится задача синхронизации с внешними сетями электроснабжения, наиболее рациональным решением представляется использование в паре с ПВМ 3-фазного асинхронного генератора напряжением 0,4 кВ, питающего наиболее энергоемкое оборудование котельной непосредственно без дополнительных преобразований.

Выработка электроэнергии при помощи 3-фазного асинхронного генератора также хорошо сочетается с технологиями альтернативной энергетики. Так, избыточная мощность может преобразовываться по схеме «трехфазный выпрямитель – МРРТ-контроллер заряда – аккумуляторная батарея – инвертор» и использоваться для питания автоматики и электроснабжения циркуляционных насосов в тепловых узлах зданий, а также для обеспечения других потребителей, критичных для функционирования системы ЖКХ в целом.

Представляется целесообразным оснащение котельной установкой альтернативной энергетики (солнечная батарея + ветрогенератор) небольшой мощности (5-10 кВт), используемой для дежурных нужд, а также для запуска котельной в отсутствие внешнего электроснабжения.

Энергосберегающий эффект достигается за счет следующих технических особенностей предлагаемой системы теплоснабжения.

- Более чем двукратное сокращение теплопотерь в теплотрассе за счет использования только одной нитки трубопровода и уменьшения его диаметра вдвое (по сравнению с двухтрубной теплотрассой с температурным графиком 90/70°C). В данном случае экономически оправданным становится использование биметаллических труб с пенополиуретановой теплоизоляцией, предназначенных для бесканальной укладки.

- Экономия электроэнергии за счет исключения из тепловой схемы котельной наиболее мощного потребителя – сетевых насосов. Общая мощность питательных и циркуляционных насосов в предлагаемой системе теплоснабжения составит, по оценкам, 10-25% от мощности сетевых насосов в исходном случае.

- Выработка электроэнергии для собственных нужд при помощи асинхронного генератора, приводимого в действие от ПВМ. Стоимость ПВМ и дополнительного электрооборудования не приведет к существенному удорожанию котельной и является сравнимой со стоимостью исключаемых из тепловой схемы сетевых насосов.

- Уменьшению себестоимости тепловой энергии, доведенной до потребителя, будет способствовать 3-5 кратное удешевление теплотрассы (1-трубная система с биметаллическим трубопроводом вдвое меньшего диаметра, бесканальная укладка), а также увеличение расчетного срока эксплуатации котлов за счет более «щадящего» теплового режима поверхностей нагрева.

В целом, внедрение предлагаемых систем теплоснабжения приведет к уменьшению себестоимости тепловой энергии в малых городах в 1,5 раза, а в условиях ПГТ – до 2 раз.

К очевидным недостаткам предлагаемой системы следует отнести требование более высокой культуры эксплуатации и обслуживания паровых котлов, по сравнению с водогрейными, возможность управления предлагаемой системой только посредством микропроцессорных контроллеров, связанных между собой для передачи сигналов в компьютерную сеть, отсутствие в настоящее время промышленно выпускаемой автоматики для управления системами такого типа и сравнительно узкая область применения.

Также в качестве ресурсосберегающей технологии в условиях Забайкальского края может рассматриваться использование управляемого меромиктического режима искусственных водоемов для биологической водоочистки и обеззараживания сточных вод (рис. 3).

По сравнению с традиционной водоочисткой, основанной главным образом на аэробных процессах, водоочистные сооружения меромиктического режима могут иметь следующие преимущества [4].

- Попутное обеззараживание бытовых стоков в сероводородной зоне водоема, без образования токсичных хлорорганических соединений, что имеет место при обеззараживании хлором, а также при практически нулевых энергозатратах, по сравнению с обеззараживанием УФ-излучением и другими подобными способами.

- Восстановление сульфат-аниона в сточных водах до сероводорода с последующим выводом серы в донные отложения в виде элементарной серы (при создании определенных условий в зоне хемоклина) или сульфидов металлов.

- Отсутствие выделения в атмосферу газообразных продуктов разложения органики (метан, ароматические углеводороды, тиолы и т.п.), поскольку разложение органики может происходить в результате бактериальной сульфатредукции в зоне мнимомлимниона.

- Очистка и обеззараживание бытовых сточных вод может хорошо сочетаться с нейтрализацией сернокислотных вод карьеров гидрокарбонатами, образующимися в меромиктическом водоеме в ходе цепочки биохимических процессов.

- Также возможна очистка воды от растворенного двухвалентного железа за счет реакции с сероводородом и образованием сульфида железа.

Для перевода водоема в управляемый меромиктический режим на первом этапе предлагается производить подмешивание к бытовым сточным водам 3-5‰ природного галита с подачей образуемой смеси в придонную зону. В дальнейшем, при возрастании содержания гидрокарбонатов в зоне мнимомлимниона, подмешивание природного галита предполагается заменить на смешивание в соотношении до 15:1 с водой из придонных слоев.

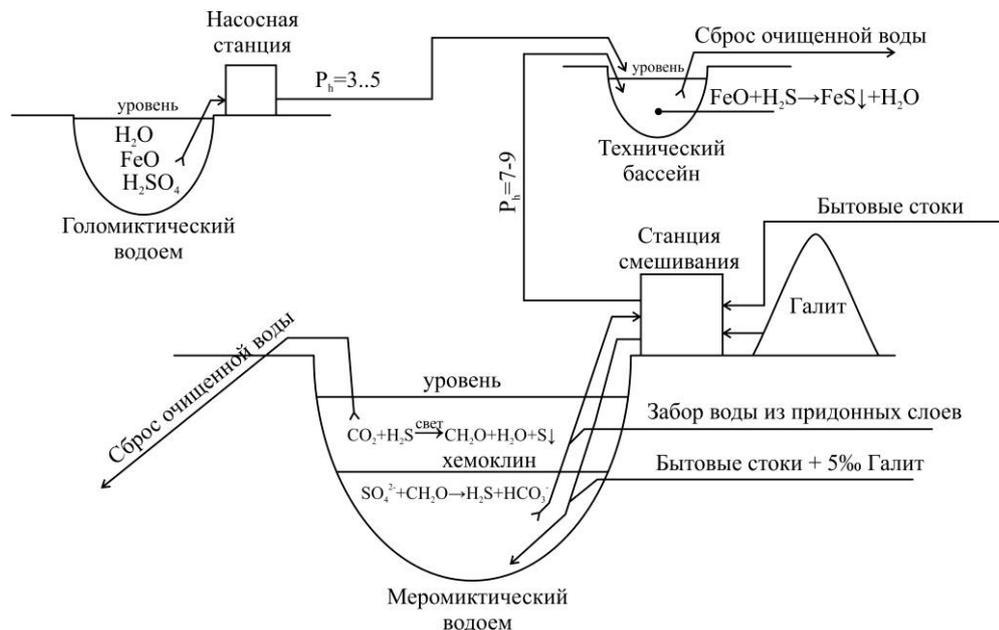


Рис. 3. Схема водоочистки и обеззараживания на основе управляемого меромиктического режима водоема.

Сброс очищенных вод предполагается осуществлять из зоны мнимомлимниона [5], также возможно смешивание вод мнимомлимниона с кислотными водами с высоким содержанием двухвалентного железа в дополнительном техническом бассейне-отстойнике с образованием сульфида железа в результате реакции с сероводородом и нейтрализацией кислот за счет реакции с гидрокарбонатами.

Себестоимость водоочистки и обеззараживания бытовых сточных вод составит, по оценкам, на начальном этапе 20-30 руб/м³ с уменьшением до 8-12 руб/м³ по истечении 5-8 лет.

Ожидаемым недостатком водоочистных сооружений на основе меромиктического режима является меньшая (на 1-2 порядка) интенсивность анаэробных процессов по сравнению

с аэробными. Однако, в случаях изначального существования искусственного водоема достаточно большого объема (напр., отработанного карьера) данный недостаток не является существенным. Также является возможным проникновение сероводорода из зоны мнимомлимниона в близко расположенные водозаборы.

Для проведения инженерно-технических обоснований потребуются исследования устойчивости меромиктического режима и кинетики биохимических реакций с учетом геохимических особенностей водоемов, а также разработка математической модели теплообмена в водоеме с учетом химических и биохимических процессов [3]. По этим причинам для реализации проекта на конкретных объектах необходимы дополнительные научные и инженерно-геологические изыскания.

Список литературы

1. Березин С.Р., Боровков В.М., Ведайко В.И., Богачева А.И. Паровая винтовая машина как средство энергосбережения // «Новости теплоснабжения». 2009. №7 (107).
2. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.
3. Belolipetskii P. V., Belolipetskii V. M., Genova S. N., Mooij W. M. Numerical modeling of vertical stratification of Lake Shira in summer // *Aquat Ecol.* 2010. V. 44. P. 561-570.
4. Boehrer B, Schultze M. Stratification of lakes // *Rev Geophys.* 2008. doi:10.1029/2006RG000210.
5. Lukyanov P.Y., Petrov O.I., Gurulev A.A., Orlov A.O., Krylov S.D., Shegrina K.A., Tsyrenzhapov S.V. All Season Observations of Meromictic Regime at Lake Doroninskoye // *Acta Geologica Sinica (English Edition)*. 2014. V. 88. Supp. 1. P. 20-22.

SOCIAL STRUCTURE OF ENERGY CONSUMPTION AND ENERGY EFFICIENCY OF RESOURCE USE IN TRANSBAIKAL REGION

Lukyanov P.Y., Matyugina E.B., Borzenko S.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: Lukyanovpu@yandex.ru

Abstract: The regularities in the cost of raw fuel and energy, being spent on heat supply, versus the number of dwell social norms for different settlements in the Transbaikal are discussed and analyzed. The two resource-saving technologies for district heat supply in small settlements, as well as for purification and decontamination of sewage with using the artificial meromictic regime of lakes are proposed for Siberia conditions.

Keywords: social norm, steam screw machine, meromictic lake, purification and decontamination of sewage, bacterial sulfate reduction.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРИГРАНИЧНЫХ РЕГИОНАХ РФ В КОНТЕКСТЕ РОССИЙСКО-КИТАЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Денисенко И.С.¹, Забелина И.А.², Клевакина Е.А.²

¹Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

² Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: innessadis@mail.ru

Абстракт: В статье рассматривается процесс трансформации воспроизводственной структуры в российских и китайских регионах, вовлеченных в процессы трансграничного взаимодействия между РФ и КНР, что ввиду существования особых геополитических интересов страны представляется актуальной задачей в рассматриваемом контексте. Особое внимание уделено анализу произошедших изменений в структуре занятости населения в Забайкальском крае.

Ключевые слова: регион, приграничное сотрудничество, РФ, КНР, структурные сдвиги Экономический пояс Шелкового пути.

В последние годы обозначенная Китаем инициатива «Экономический пояс Шелкового пути...» привлекает к себе повышенное внимание со стороны РФ. В соответствии с этой концепцией стратегические интересы Китая существенно выходят за границы страны и сосредотачиваются на территории евроазиатских стран в виде «формирования крупномасштабного регионального сотрудничества». Реализация столь масштабного проекта так или иначе затронет экономику стран-участников «пояса» и в случае с РФ некоторое влияние коснется приграничных регионов Сибири и Дальнего Востока.

В данной работе на основе эмпирических данных выполнен динамический анализ показателей структуры и их различий в контексте межстранового сопоставления хозяйственных систем регионов, вовлеченных в трансграничное взаимодействие между РФ и КНР, с использованием нескольких наиболее распространенных показателей [4]. Особое внимание уделено анализу произошедших изменений в структуре занятости населения в одном из приграничных регионов – Забайкальском крае. Анализ проводился в рамках той секторальной структуры экономики, которая лежит в основе базы данных статистической информации, предоставляемой национальной статистической службой Китая. По сравнению с традиционным подходом, в состав первичных отраслей экономики включаются только сельское хозяйство, охота, рыболовство и лесная отрасль, в состав вторичных – добывающая и обрабатывающая промышленности, а также деятельность по производству электроэнергии, строительство рассматривается как отдельная отрасль, а остальные виды деятельности относятся к сфере услуг. Для достижения сопоставимости результатов данные Росстата были сгруппированы в соответствии с секторальной структурой экономики. Таким образом, обозначенная секторальная структура экономики в регионах, вовлеченных в трансграничное взаимодействие между РФ и КНР, в 2004 г. характеризовалась следующими параметрами:

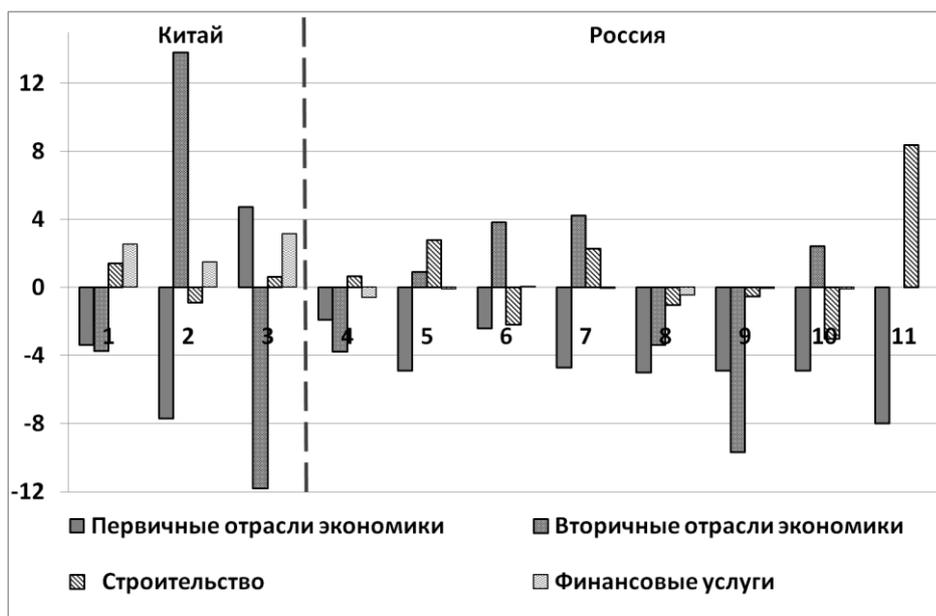
- доля первичного сектора в регионах РФ составляла от 7,5 (Забайкальский край) до 14,5% (Еврейская АО);
- доля вторичного сектора в регионах РФ значительно колебалась от 15,3 (Забайкальский край) до 32,7% (Иркутская область);
- доля третичного сектора составляет от 33 до 42%;
- в регионах КНР на первичный сектор приходится 12-17%, вторичный – 41 - 52% и на сферу услуг – около 30%.

К 2013 г. структура экономики трансформировалась следующим образом:

- во всех регионах значительно (в 1,5 -2 раза) сократилась доля первичных отраслей, за исключением добычи полезных ископаемых;
- в ряде регионов произошел существенный рост добычи полезных ископаемых, например, в Забайкальском крае, Иркутской области и Республике Бурятия;
- в Хабаровском и Приморском краях произошло заметное сокращение доли вторичного сектора – в 1,2-1,5 раза;
- за исключением Забайкальского края во всех регионах наблюдается рост сферы услуг в 1,1 -1,2 раза;

- в приграничных регионах КНР отмечаются различные тенденции – в провинции Хэйлуцзян выросла доля первичного сектора в 1,4 раза, незначительно выросла сфера услуг и сократилась доля вторичного сектора (в 0,8 раза); во Внутренней Монголии выросла доля вторичного сектора в 1,3 раза и сократилась доля первичного сектора (в 0,6 раза).

В составе третичного сектора также наблюдаются определенные трансформации: в КНР отмечается рост доли других услуг, к которым относятся расходы на образование, здравоохранение и т.д., в то время как в РФ этот объем в процентном соотношении от ВРП сокращается и составляет 70-90% от уровня 2004 года. Аналогичная ситуация наблюдается в финансовом секторе – в КНР отмечается рост величиной в 1,8-5,7 раза, в РФ этот и без того небольшой объем сокращается и составляет 40-90% от уровня 2004 года. В российских регионах наблюдается незначительное увеличение в оптовой и розничной торговле, гостиничном и ресторанном бизнесе, а также в деятельности по представлению услуг связи и транспорта (рис. 1).



1. КНР; 2. Внутренняя Монголия; 3. Хэйлуцзян; 4. РФ; 5. Республика Бурятия;
6. Забайкальский край; 7. Иркутская область; 8. Приморский край; 9. Хабаровский край;
10. Амурская область; 11. Еврейская автономная область.

Рисунок 1. Изменение доли отдельных отраслей в регионах, РФ и КНР (в процентных пунктах), 2004-2013 гг.

Индексы Салаи, Гатева и Рябцева, характеризующие структурные сдвиги, были рассчитаны за весь рассматриваемый период (2004-2013 гг.), период, прошедший после мирового финансового кризиса (2009-2013 гг.), а также получены ежегодные изменения индексов. В докризисный период структура воспроизводства в большинстве регионов слабо подвержена изменениям, исключение составляет только Амурская область и Забайкальский край (2005-2006, 2006-2007 гг.), в которых значение индекса Салаи достаточно высоко: 0,34-0,35 (значительный уровень различия структур). В период финансового кризиса (2008-2009 гг.) произошла ощутимая трансформация практически во всех регионах: наиболее слабые изменения отмечаются в Хабаровском и Приморском краях, наиболее сильные – в Республике Бурятия и Еврейской АО. За период 2009-2013 гг. во всех регионах РФ произошли заметные структурные сдвиги, причем превосходящие по силе изменения, наблюдаемые в приграничных регионах Китая и на макроуровне. Заметная трансформация в провинциях Внутренняя Монголия и Хэйлуцзян наблюдается за весь анализируемый период времени (значение индексов Салаи, Гатева и критерия Рябцева изменяются в диапазоне от 0,14 до 0,27).

Одним из положительных эффектов от реализации совместных инвестиционных проектов в приграничных регионах, способствующих закреплению местного населения на данных территориях, является создание новых рабочих мест. Однако на сегодняшний день наблюдается устойчивая миграционная убыль населения. Так, среди наиболее часто упоминаемых студентами Забайкальского края причин, по которым выпускники ВУЗов

высказывают миграционные намерения, названы отсутствие возможностей получить интересную работу и сделать карьеру, низкие заработные платы и ощущение оторванности от мира [1]. Поэтому следующим этапом исследования является выявление изменений в структуре занятости населения в приграничном регионе. Сравнительный анализ среднегодовой численности занятых в экономике Забайкальского края показал, что основная часть населения распределена в таких ВЭД как «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; рыболовство, рыбоводство», «Оптовая и розничная торговля», «Транспорт и связь» (рис. 2). Наиболее существенный рост численности занятых за период с 2005 по 2013 гг. был отмечен в таких ВЭД, как «Строительство» (на 46%), «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (17%), «Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг» (19%). Наиболее заметное снижение численности отмечено в следующих ВЭД: «Гостиницы и рестораны» (18%), «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; рыболовство, рыбоводство» (12%) и «Образование» (11%).

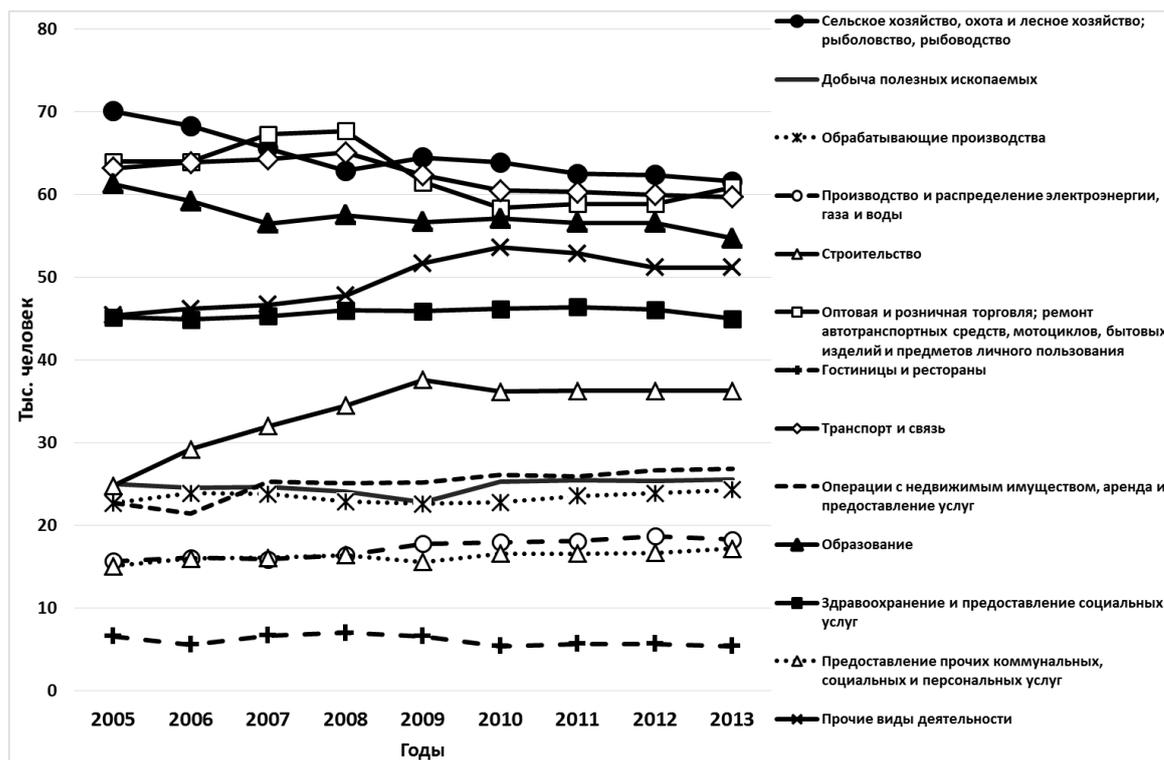


Рис. 2. Динамика среднегодовой численности занятых, 2005-2013 гг.

За рассматриваемый временной интервал структура занятости в Забайкальском крае слабо изменилась: значение индекса Салаи составило 0,08 (низкий уровень различия структур). Изменения, произошедшие в приграничном регионе под влиянием реализуемой программы приграничного сотрудничества еще менее заметны. Уровень различия структур занятости в базовом (2009 г.) и рассматриваемом (2013 г.) периодах характеризуется как весьма низкий (значение индекса структурных сдвигов составляет 0,04).

Таким образом, в процессе исследования была выполнена количественная оценка структурных изменений в экономических системах приграничных регионов. Установлено, что реализуемые российско-китайские инвестиционные проекты в рамках действующей программы сотрудничества не оказали существенного влияния на протекающие трансформационные процессы в приграничных регионах. В работе [5] также отмечается, что эффект приграничности не оказывает положительного влияния на инвестиционные процессы и не меняет тенденцию общего отставания восточных регионов от среднероссийского уровня. Выявленная в данном исследовании тенденция увеличения доли первичного сектора в региональных экономиках требует особого внимания со стороны органов государственной власти, поскольку усиление ресурсной направленности экономики делает ее более уязвимой (по сравнению с диверсифицированной экономикой) к различным воздействиям [2, 3].

Статья выполнена в рамках проекта СО РАН (IX.88.1.6).

Список литературы

1. Богомолова Т.Ю., Глазырина И.П., Сидоренко Н.Л. Приграничье востока России: миграционные настроения студенческой молодежи // Регион: экономика и социология. 2013. № 4 (80). С. 154-173.
2. Глазырина И.П., Забелина И.А., Клевакина Е.А. Экологическая составляющая экономического развития: приграничные регионы России и Китая // ЭКО. 2014. № 6 (480). С. 5-24.
3. Глазырина И.П., Забелина И.А., Трынкина Е.А. Сырьевая экономика и проблемы трансграничного сотрудничества регионов России // Экономика природопользования. 2008. № 1. С. 65-76.
4. Забелина И.А., Клевакина Е.А. Структурные сдвиги в экономике приграничных регионов РФ и КНР // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 46. С. 41-55.
5. Glazyrina I.P., Faleichik A.A., Faleichik L.M. Cross-border cooperation in the light of investment processes: more minuses than pluses so far // Problems of Economic Transition. 2012. Т. 55. № 6. С. 43-62.

STRUCTURAL CHANGE IN THE BORDER REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE CONTEXT OF RUSSIAN-CHINESE COOPERATION

Denisenko I.S., Zabelina I.A., Klevakina E.A.

Transbaikal State University, Chita, Russia

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: innessadis@mail.ru

Abstract: The article discussed the transformation of economic structure in Russian and Chinese regions involved in the processes of cross-border collaboration between Russia and China. Its relevance caused by the existence of special geopolitical interests of the Russian Federation, the researches of economic transformation in Russian and Chinese boundary regions. Special attention was paid to the analysis of the changes in the employment structure of the population in Trans-Baikal Territory.

Keywords: region, international co-operation, Russia, China, structural shift, Silk Road Economic Belt.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ Г.ЧИТЫ

Самойленко Г.Ю., Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н.

Читинская государственная медицинская академия, г. Чита, Россия

e-mail: g.s.311278@mail.ru

Абстракт: в работе определяли степень загрязнения почв г. Читы тяжелыми металлами (Zn, Cd, Pb, Cu) и их накопления в лекарственных растениях. Почвы исследуемых территорий характеризуются высоким значением суммарного показателя загрязнения (Z_c) тяжелыми металлами. Произрастающие на таких почвах лекарственные растения, без каких-либо признаков патологических изменений, активно поглощают ионы, которые далее поступают в наземные органы, являющихся основным сырьем для приготовления из них настоек, вытяжек и отваров.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, лекарственные растения, коэффициент техногенной концентрации.

Охрана окружающей среды – одна из важных задач современности. Среди многочисленных загрязнителей особое место занимают тяжелые металлы, так как их накопление в природной среде происходит высокими темпами, и они являются наиболее частыми компонентами антропогенных химических ассоциаций.

С ростом урбанизации происходит изменение городской среды, которая во многих отношениях отличается от природной. Загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды городов существенно ухудшает экологическое состояние территорий, вызывает изменение химического состава всех природных компонентов урбоэкосистемы [4]. Технологические выбросы поступают в атмосферу, затем, выпадая на почвенную поверхность, накапливаются в ее верхних горизонтах и вновь включаются в природные и техногенные циклы. Одним из критериев оценки степени техногенной трансформации окружающей среды является изучение содержания и миграции тяжелых металлов в системе «почва-растение». В естественных условиях почвы и произрастающие на них растения содержат определенное количество тяжелых металлов. Чрезмерное накопление поллютантов может оказаться причиной новых техногенных аномалий [3, 5]. В г. Чита сформирована устойчивая природно-антропогенная территория с определенным содержанием тяжелых металлов. В настоящее время достаточно изучен характер загрязнения городских территорий. Значительно меньше внимания уделялось проблеме накопления и миграции химических элементов.

В связи с этим, цель работы заключалась в определении степени загрязнения почв г. Читы, используя расчет коэффициента техногенной концентрации Zn, Cd, Pb, Cu и коэффициента их накопления в лекарственных растениях.

Образцы почв и растения отбирали согласно общепринятым методикам [5] в июне 2015. Почвенные образцы были взяты из корнеобитаемого слоя (0-15 см). Для определения подвижных форм тяжелых металлов образцы высушивали и извлекали вытяжки ацетатно-аммонийным буферным раствором с $pH = 4,8$ (соотношение проба : раствор – 1:10). Полученные вытяжки выпаривали в камере печи при температуре 160-180 °С до сухого остатка. Перед анализом золу растворяли в концентрированной муравьиной кислоте.

Корневища растений высушивали на воздухе и мелко измельчали [4]. Навеску пробы высушивали в выпаривателе печи при температуре 150-350 °С с добавлением концентрированной азотной кислоты и перекиси водорода до получения однородной золы белого, серого или рыжеватого цвета без угольных включений. Перед анализом золу растворяли в концентрированной муравьиной кислоте.

Определение подвижных форм тяжелых металлов в почве и золе растений определяли вольтамперометрическим методом на анализаторе «ГА-Lab».

Для оценки интенсивности и степени опасности загрязнения почвы химическими веществами, был рассчитан коэффициент техногенной концентрации элемента (K_c), полученный отношением концентрации элемента в исследуемой почве к концентрации элемента в фоновой почве, общая формула имеет вид:

$$K_c = K_{\text{общ}} / K_{\text{фон}}$$

Произведен расчет суммарного показателя загрязнения (Z_c), согласно формуле:

$$Z_c = \sum^n K_c - (n - 1), \text{ где } i = 1$$

Корневое поступление элементов из почвы определяли с помощью коэффициента накопления (K_n), который выражает отношение содержания элемента в корнях к таковому в почве:

$$K_n = K_{\text{корни}} / K_{\text{почва}}$$

Для исследования были выбраны участки в г. Чита в районе Титовской сопки, территория вблизи заводов – (пункт № 1), СибВО - верхняя часть склона, район Орбиты, степной склон, южная экспозиция (пункт № 2), СибВО - верхняя часть склона, район Орбиты, степной склон, западная экспозиция (пункт № 3), Сосновый бор, ул. Украинский бульвар, вблизи автомагистрали – (пункт № 4). Коэффициент накопления рассчитывался по содержанию тяжелых металлов в подземных органах (корнях и корневищах) следующих видов дикорастущих травянистых лекарственных растений: лапчатка (*Potentilla tanacetifolia Willd. ex Schltldl.*), стеллера карликовая (*Stellera chamaejasme L.*), остролодочник тысячелистный (*Oxytropis myriophylla (Pall.) DC.*) и полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii Web.*).

Полученные данные обрабатывались общепринятыми методами статистического анализа с использованием среднестатистической ошибки среднего.

Важным показателем загрязнения почв тяжелыми металлами является содержание их подвижных форм (табл. 1). По результатам проведенных исследований нами было установлено, что цинк на исследуемых участках накапливается в количестве $0,00051 - 4$ мг/кг сухой почвы, что не превышает ПДК - 23 мг/кг. Высокая концентрация цинка отмечалась в районе Титовской сопки – 4 мг/кг. Содержание кадмия изменялось в пределах от $6,9 \cdot 10^{-4}$ до 0,19 мг/кг сухой почвы. Максимальная его концентрация была зафиксирована в районе Сосновый бор, вблизи автомагистрали ул. Украинский бульвар. Концентрация свинца в почвах не превысила значений ПДК – 30 мг/кг и колебалась в пределах $0,0031 - 0,63$ мг/кг сухой почвы. ПДК меди составляет 3 мг/кг. В почвах металл накапливался в пределах от $5,5 \cdot 10^{-4}$ до 0,35 мг/кг. ПДК меди не превышена ни на одной из исследуемых территорий.

Коэффициенты техногенной концентрации (табл. 1) отражают особенности накопления тяжелых металлов в почвах. Опасность загрязнения тем выше, чем больше K_c превышает единицу [4]. Следует отметить, что на территории пункта № 2 (СибВО, верхняя часть склона, район Орбиты, степной склон, южная экспозиция) коэффициент не превышал единицу для всех исследуемых тяжелых металлов. В почве пункта № 3 (район Сосновый бор, ул. Украинский бульвар) суммарный показатель загрязнения (Z_c) максимален и составил 210,12 единиц. Пробы в этом пункте отбирались вблизи автомагистрали, где в результате интенсивного движения автотранспорта образуются своеобразные техногенные аномалии [3].

Таблица 1

Среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов (в мг/кг) в почвах г. Читы, ($M \pm m$), средние коэффициенты техногенной концентрации тяжелых металлов (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) для почв г. Читы

| Район исследования | Среднее содержание подвижных форм / K_c | | | | Z_c |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------|
| | Zn | Cd | Pb | Cu | |
| Титовская сопка | $4 \pm 1 / 1,14$ | $0,011 \pm 0,003 / 11,22$ | $0,26 \pm 0,07 / 6,84$ | $0,35 \pm 0,09 / 2,18$ | 18,38 |
| СибВО – верхняя часть склона, район Орбиты, степной склон, южная экспозиция | $1,9 \pm 0,5 / 1,45 \cdot 10^{-4}$ | $0,01 \pm 0,003 / 0,704$ | $0,29 \pm 0,07 / 0,081$ | $0,26 \pm 0,07 / 3,43 \cdot 10^{-3}$ | – |
| Сосновый бор | $1,3 \pm 0,3 / 0,37$ | $0,19 \pm 0,05 / 193,8$ | $0,63 \pm 0,16 / 16,57$ | $0,28 \pm 0,07 / 1,75$ | 210,12 |
| СибВО – верхняя часть склона, район Орбиты, степной склон, западная экспозиция | $0,31 \pm 0,08 / 0,54$ | $1 \pm 0,3 / 10,24$ | $0,44 \pm 0,11 / 7,63$ | $0 / 1,62$ | 17,49 |

На придорожной территории почва содержит кадмия и цинка в сотни и десятки больше, чем почвы пунктов № 1, № 2 и № 4, удаленных от автомагистралей. Оценку степени опасности загрязнения почв по показателю Z_c проводили по оценочной шкале по общепринятой методике. На основании полученных данных почвы пунктов № 1 и № 4 относятся к категории умеренно опасных, почва пункта № 3 – к категории чрезвычайно опасных. Почвы этих категорий

считаются непригодными для посадки растений и оказывают сильнейшее отрицательное влияние на здоровье населения. Загрязнение тяжелыми металлами, действуя длительное время, способно вызвать серьезные сдвиги в биологическом равновесии.

Высшие растения без каких-либо признаков отравления и патологических изменений могут содержать опасные для животных и человека концентрации химических элементов. В большей степени это касается лекарственных растений. Вместо ожидаемого положительного эффекта можно организму нанести непоправимый вред при использовании загрязненного лекарственного сырья [6]. Поглощение ионов осуществляется главным образом молодой частью корней. Поступившие в корни ионы затем направляются в наземные органы, которые в большей степени являются сырьем для приготовления настоек и отваров.

С целью оценки риска попадания тяжелых металлов в наземные органы растений, был изучен коэффициент накопления (K_n), который характеризует корневое поступление элементов из почвы (табл. 2). Знак «-» в таблице означает то, что растение на данной территории не обнаружено.

Таблица 2

Коэффициент накопления тяжелых металлов в травянистых лекарственных растениях в условиях городской среды (июнь, 2015 г)

| Растение | № пункта | Металлы | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------|---------|------|-------|-------|
| | | Zn | Cd | Pb | Cu |
| <i>Stellera chamaejasme</i> L. | 1 | 1,35 | 0,47 | 1,27 | 5,7 |
| | 2 | - | - | - | - |
| | 3 | 1,78 | 1,34 | 1,75 | 3,24 |
| | 4 | 960,8 | 1,6 | 90,32 | 0 |
| <i>Artemisia gmelinii</i> Web. | 1 | 0,02 | 0,17 | 0,07 | 0,4 |
| | 2 | 13,7 | 6 | 6,89 | 0 |
| | 3 | - | - | - | - |
| | 4 | 13,68 | 4 | 6,8 | 0,08 |
| <i>Potentilla</i> <i>tanacetifolia</i> Willd. ex Schltld. | 1 | 4,95 | 0 | 11,1 | 8,8 |
| | 2 | 0 | 0 | 0,04 | 8,4 |
| | 3 | 50,76 | 0 | 0,95 | 7,85 |
| | 4 | 0 | 0 | 164,5 | 872,7 |
| <i>Oxytropis myriophylla</i> (Pall.) | 1 | 0,85 | 0 | 1,38 | 6,85 |
| | 2 | 0 | 0 | 0,093 | 0 |
| | 3 | - | - | - | - |
| | 4 | 960,8 | 1,59 | 90,32 | 0 |

В пункте № 4 коэффициент цинка достигал значений 960,8 у стеллеры карликовой; свинца – 164,5 у лапчатки; меди – 872,7 так же у лапчатки, что превышает предел даже для элементов группы энергичного накопления. У полыни Гмелина, произрастающей на территории пунктов № 2 и № 4 происходило сильное накопление Zn, Cd и Pb. Этот факт, возможно, является следствием того, что данные металлы находятся в почве в подвижном состоянии и наиболее доступны растениям. Резкое возрастание подвижности тяжелых металлов, таких как Pb и Zn, как правило, связано с изменением pH почвы. С другой стороны, такое увеличение K_n может так же объясняться тем, что либо растения на данной территории испытывают дефицит этих элементов для метаболизма, либо нарушены защитные механизмы корневой системы.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать выводы о том, что почвы исследуемых территорий характеризуются высоким значением суммарного показателя загрязнения (Z_c) тяжелыми металлами и, согласно оценочной шкале, могут быть отнесены к категории умеренно и чрезвычайно опасных. Произрастающие на таких почвах лекарственные растения, без каких-либо признаков патологических изменений, активно поглощают ионы, которые далее поступают в наземные органы, являющихся основным сырьем для приготовления из них настоек, вытяжек и отваров.

Список литературы

1. Багдасарян А.С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред // Экология и промышленность России. 2007. С. 44-48.
2. Воронкова И.П. Содержание токсичных микроэлементов в сопряженных средах / И.П. Воронкова, Л.А. Чеснокова // Гигиена и санитария. 2009. № 4. С. 17-19.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 220 с.
4. Копылова Л.В. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях урбанизированных территорий (Восточное Забайкалье) / Л.В. Копылова, Е.А. Войтюк, О.А. Лескова, Е.П. Якимова; Забайкал. гос. ун-т. Чита, 2013. 154 с.
5. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. Москва: Гидрометеоздат, 1981. 109 с.
6. Реутова Н.В. Определение мутагенного потенциала неорганических соединений ряда тяжелых металлов / Н.В. Реутова, Т.В. Реутова, Т.И. Воробьева // Гигиена и санитария. 2011. № 5. С. 55-57.
7. Чупарина Е.В. Определение металлов Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba и Pb в лекарственных растениях методом рентгенофлуоресцентного анализа / Е.В. Чупарина, Т.С. Айсуева, О.И. Жапов, Т.П. Анцупова // Аналитика и контроль. 2008. Т. 12. № 1-2. С. 2-10.

ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION THE City of CHITA

Samoilenko G.Yu., Bondarevich E.A., Kazurinsky N.N.,

Chita state medical Academy, Chita, Russia

e-mail: g.s.311278@mail.ru

Abstract: the paper determined the extent of soil pollution in the city of Chita with heavy metals (Zn, Cd, Pb, Cu) and their accumulation in medicinal plants. The soils of the studied area are characterized by a high value of the total pollution index (Zc) heavy metals. Growing on such soils plants medicinal, without any signs of pathological changes, actively absorb ions, which will make it into the terrestrial bodies, which is the main raw material for the preparation of these tinctures, extracts and decoctions.

Keywords: heavy metals, soil, plants medicinal, the coefficient of technogenic concentration.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТРАБОТКИ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Абрамова В.А.¹, Паршин А.В.², Птицын А.Б.¹

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

e-mail: vera_abramova79@mail.ru

Абстракт: разработана геоинформационная технология для прогнозирования эколого-геохимических последствий разведочно-эксплуатационных работ на горнорудных объектах в криолитозоне на примере проекта освоения Удоканского месторождения (Северное Забайкалье). Представлены основные методические рекомендации по выполнению геоинформационных расчетов поисковых и геоэкологических задач.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, криолитозона, сульфидные месторождения, соединения азота, техногенез.

Горнопромышленное освоение рудных месторождений и последующая переработка минерального сырья сопровождаются значительными изменениями природных ландшафтов и ухудшением состояния окружающей среды. В результате после разработки рудных тел, особенно открытым способом, на земной поверхности остаются огромные горные выработки в виде канав, расчисток, карьеров, штолен и других форм техногенного рельефа. Складирование и хранение больших объемов некондиционных руд и вмещающих пород на значительных площадях зачастую происходит без соблюдения экологических норм, требований и учета их долговременного воздействия на природные компоненты. В результате разрушения материала исходных коренных пород в зоне гипергенеза вследствие процессов выветривания и денудации образуются потоки рассеяния химических элементов. В этой связи еще на предпроектной стадии освоения месторождений необходимо ставить задачи исследования повышения подвижности рудных элементов вследствие вскрытия и отработки месторождений, а также обязательной подготовки оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). В свою очередь оценка влияния разведки и отработки месторождений также определяет разработку проектных решений по освоению объекта, что напрямую связано с геолого-экономическими условиями. Отсюда возникает потребность в создании и совершенствовании экономичных и эффективных механизмов геоэкологического мониторинга и прогнозирования. Методы и средства контроля не могут являться полностью универсальными и должны быть построены с учетом выявленных региональных или локальных факторов, учитываемых при моделировании воздействий производства. Стандартным подходом для решения задач геоэкологического контроля признаны геоинформационные системы, включающие базы данных с результатами режимных наблюдений и информационные системы доступа к ним, обычно позволяющие представлять информацию в картографическом виде.

Цель работы связана с разработкой геоинформационной технологии для прогнозирования эколого-геохимических последствий разведочно-эксплуатационных работ на горнорудных объектах, расположенных в зонах распространения многолетней мерзлоты. В данной работе основное внимание уделено исследованию геохимических особенностей поведения элементов в условиях криолитозоны Удоканского медного месторождения (Северное Забайкалье) — одного из крупнейших в мире по запасам меди. Необходимые условия для геоинформационных расчетов применительно к территории Удоканского месторождения в некоторой степени были определены согласно «Отчету о предварительной экологической и социальной оценке проекта Удокан» [4].

Как известно, классические ГИС-системы обеспечивают сбор и хранение информации, анализ сложившейся геоэкологической обстановки, изучение и визуализацию временной динамики процессов. Однако подсистемы прогнозирования в таких ГИС основаны на накопленной фактографической информации, из которой с помощью методов регрессионного анализа производится экстраполяция выявленных закономерностей в будущее. Это значительно затрудняет их использование на первых этапах промышленного освоения новых рудных объектов, поскольку они не позволяют напрямую оценить потенциальные последствия от проектных решений.

Высокое качество прогноза при минимуме входных данных предлагается достигнуть за счет интеграции в математико-картографическое обеспечение ГИС подсистемы физико-химического моделирования (ФХМ). Результаты ФХМ в сочетании с пространственными данными, полученными геоинформационными методами из открытых источников, позволяют перевести удельное количество вещества в потоки или ореолы рассеяния, которые, в свою очередь, можно классифицировать в соответствии с действующими нормативами качества среды. Также для формирования прогноза воздействия горнопромышленного производства на окружающую среду в предлагаемом подходе необходимы следующие данные: масса и кондиции отвалов, их пространственное расположение, сведения о климатической характеристике района и режиме осадков, морфология рельефа, гидрологическая сеть, геологическая основа. На рисунке приведена модель методической и технической реализации интегрированной системы.



Рисунок. Информационный поток системы.

В результате авторами создан геоинформационный проект (на примере хвостохранилища № 2 Удоканского месторождения [4]), демонстрирующий расчет возможных концентраций меди во взвешях и в воде р. Нижний Ингамакит в полукилометре от впадения ручья Эмегачи на первый год складирования отвала [1]. Здесь же учитывается роль региональной поправки на содержание соединений азота и их влияние на ход криогеохимических процессов. Последнее обусловлено тем, что содержащиеся в атмосферных осадках соединения азота техногенного происхождения, существенно интенсифицируют процессы окисления и выщелачивания сульфидных минералов согласно результатам экспериментальных и термодинамических исследований [2, 5]. Наиболее интенсивному воздействию при этом подвергаются горнопромышленные отвалы.

Результаты моделирования показали, что на коротких расстояниях (до первых километров) содержания меди в воде довольно высоки. Максимальное прогнозное значение концентрации меди достигает 24 мг/л в водах хвостов и отвалов в пределах лицензионного участка. Однако на расстоянии в первые десятки километров от хозяйственных объектов концентрация меди в водотоках падает ближе к фоновым значениям. Полученные данные хорошо согласуются с результатами экспериментальных данных [5] и реальной обстановкой на месторождении. Так, например, по данным гидрогеохимического опробования концентрация

меди в водах существующих штолен достигает 15 мг/л [3]. Итоговая картина позволяет сделать вывод о том, что расположение отвалов и хвостохранилищ по данному проекту в верховьях небольших рек и ручьев, впадающих в реки с большой протяженностью и водосборной площадью, значительно сокращает техногенную нагрузку на окружающую среду в масштабе региона, делая ее допустимой. При этом в пределах лицензионной площади концентрации меди в воде ручьев, дренирующих отвалы и хвосты, могут значительно превышать ПДК.

Разработанная методология и геоинформационная технология [1] обеспечивают количественный расчет и более корректное визуальное представление результатов потенциально возможных геолого-геохимических процессов в региональных геохимических условиях. Предложенный подход применим к широкому кругу геологических и геоэкологических задач.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-3747.2015.5.

Список литературы

1. Абрамова В.А. Геоинформационное и физико-химическое моделирование геолого-геохимических процессов на сульфидных месторождениях в криолитозоне // автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук: 25.00.35 и 25.00.09 / Абрамова Вера Александровна. Иркутск, 2015. 25 с.
2. Абрамова В.А., Паршин А.В., Будяк А.Е. Физико-химическое моделирование влияния соединений азота на протекание геохимических процессов в криолитозоне // Криосфера Земли. 2015. Т. IX. № 3. С. 40-47.
3. Замана Л.В., Чечель Л.П., Усманов М.Т. Рудные элементы в гидрогеохимических ореолах некоторых типов месторождений Забайкалья // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Материалы научной конференции, посвященной 100-летию профессора Томского политехнического университета П.А. Удодова. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. С. 156-159.
4. Отчет о предварительной экологической и социальной оценке проекта Удокан [Электронный ресурс]. 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.bgk-udokan.ru/Socialresponsibility>.
5. Павлюкова В.А., Маркович Т.И. Геохимические процессы в криогенных зонах окисления сульфидных месторождений с участием соединений азота // Химия в интересах устойчивого развития. 2006. Т. 14. № 1. С. 89-93.

THE USE OF GIS TECHNOLOGY FOR PREDICTIVE ASSESSMENT OF GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE MINING OF SULPHIDE DEPOSITS IN PERMAFROST ZONE

Abramova V.A.¹, Parshin A.V.², Ptitsyn A.B.¹

¹*Institute of Natural Resources Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

²*Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia*

e-mail: vera_abramova79@mail.ru

Abstract: developed geoinformation technology for predicting ecological and geochemical consequences of the exploratory works on mining sites in the cryolithozone on the example of the project of development of Udokan Deposit (the North Transbaikalia). Presents the main guidelines for the implementation of GIS calculations search and geoecological tasks.

Keywords: geoinformation modeling, cryolithozone, nitrogen compounds, technogenesis.

МЕСТО И РОЛЬ УЧЕБНО-НАУЧНЫХ СТАЦИОНАРОВ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ООПТ

Агафонов Г.М.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: agmles51@gmail.com*

Абстракт: В Забайкальском крае в законодательный оборот введена новая форма региональной ООПТ – «Учебно-научный стационар. Работа стационаров внесёт свой вклад в сохранение природных богатств, улучшит информированность населения, положительно повлияет на социально-экономические условия территории, а также повысит качество студенческих практик и привлечет научные кадры для совместной работы.

Ключевые слова: Региональное законодательство, учебно-научный стационар.

В России наряду с развитием ООПТ федерального уровня, развивается законодательство об особо охраняемых природных территориях на региональном уровне, в т.ч. и в Забайкальском крае [2]. Это связано не только с задачей охраны природы, но и с увеличивающейся потребностью в знаниях, необходимых обществу в области образования, бизнеса, основанного на природопользовании, приемах и навыках общения с природой, выработки и принятия управленческих решений. Сейчас эти задачи в рамках ООПТ решаются по большей части с участием федеральных структур. Однако, учитывая большое разнообразие природных условий России, нередко эти рекомендации для конкретного субъекта не являются сколько-нибудь значимыми, а важные для него не учитываются. Для этого не хватает местной научной базы, работающей на постоянной основе по программам, интересным для территории. Такая форма региональной ООПТ как «Учебно-научный стационар» позволит улучшить ситуацию в этом вопросе.

На территории Забайкальского края ранее существовало несколько научных стационаров различных институтов (Институт географии Сибири и Дальнего Востока им. В.Б. Сочавы, Иркутский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока, Восточно-Сибирское отделение Всесоюзного НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова), объекты и территории для учебных практик факультетов Читинского государственного университета. Часть из них в рамках бывших структур прекратило свое существование (реорганизация, нехватка финансовых ресурсов, ликвидация). Однако при этом остались их архивы с накопленными сведениями по разным научным направлениям и объектам. При этом работа на некоторых из них продолжается до настоящего времени силами бывших сотрудников чаще всего за счет их собственных средств, что не обеспечивает устойчивости и эффективности их работы. С изменением законодательства и созданием на этих участках полноценных стационаров регионального статуса их работа станет более устойчивой, планомерной и особенно значимой в сфере распространения информации о природных ресурсах региона.

Первые объекты, включенные по инициативе Министерства природных ресурсов (МПР) и Объединенной дирекции ООПТ в «Концепцию развития системы ООПТ регионального значения в Забайкальском крае на период до 2030 г.» были 5 учебно-научных стационаров, в т.ч. стационар «Усть-Менза» (основное направление исследований- археология) и стационар «Менза» (изучение экосистемы Хэнтей-Чикойского нагорья) в Красночикойском районе. Следует особо отметить народ и администрацию Красночикойского района, уделяющих неустанный внимание развитию своей территории, используя наличие разнообразных природных ресурсов, а также богатой истории и культурных традиций.

Оба эти стационара были выбраны в первую очередь по причине долговременных непрерывных наблюдений, продолжающихся и поныне: «Усть-Менза» работает с 1980 года [3], «Менза» – с 1960 года [4]. Накоплен большой объем данных, опубликовано множество научных работ, как в стране, так и за рубежом, многократно проведены учебные и производственные практики студентов, научные конференции, по результатам работ защищены дипломные работы и диссертации. Однако пока эти сведения и результаты работ не представлены широкой публике на понятном всем языке, так как исследователи решали свои конкретные задачи.

Само название «учебно-научный стационар» предполагает возможности для очень широкой тематики и специфики проводимых на них исследований и программ обучения и просвещения. Это может быть археология, этнография, метеорология, дендрохронология,

ботаника и геоботаника, териология, орнитология, ихтиология, методы природопользования, методы определения возраста биологических объектов, экология растений и животных, процессы микроэволюции, геология, геоморфология и т.д. Проведение комплексных исследований и обучение студентов в процессе этих исследований позволит расширять знания о природных процессах и интерпретировании их для понимания всеми интересующимися, а также предлагать информацию для принятия управленческих решений. Здесь же могут отрабатываться приемы, методы и технологии использования растительных и животных ресурсов, а также лучшие практики взаимодействия людей и их природного окружения.

Деятельность стационаров расширит и повысит уровень научных данных о территории в целом, что обычно привлекает внимание научных кругов, учебных заведений, бизнеса, связанного с природопользованием. Это может помочь более разнообразному использованию ресурсов района и края. Работа небольших коллективов будет направлена и на совместное сотрудничество с жителями района, так как немало вопросов требуют участия многих активных наблюдателей и участников.

Например, наблюдения за весенним и осенним пролетами птиц, миграциями животных, регистрацией мест встреч редких видов животных, невозможно без участия жителей, которые много времени проводят непосредственно в природной среде. Массовые сведения о территориальном распределении урожайности растительных ресурсов для прогноза их заготовок будут значимым дополнением для детальных исследований этих вопросов на стационарах. Для этого необходимо будет осуществлять интерактивное общение через современные средства коммуникации.

Компьютерные технологии позволяют задействовать местный интеллектуальный ресурс, что расширяет возможности стационаров по представлению территории и местного сообщества путем распространения информации о различных аспектах своей жизни в Интернете.

Размещение на сайтах стационаров фотографий и видеороликов с комментариями и статьями позволит наглядно показать растительный, животный мир и другие достопримечательности района для улучшения знаний о них. Создание электронной библиотеки позволит всем желающим использовать её ресурсы для написания курсовых и дипломных работ, статей, получения сведений из научных и научно-популярных источников. Не исключено создание архива видеолекций ученых разных специальностей для прослушивания и скачивания.

Могут готовиться базы данных о разных коллекциях для выкладывания сведений о них на сайты стационаров для всеобщего пользования (например, уже готова база данных по мечению обыкновенной белки, бурундука и поползня на проектируемом учебно-научном стационаре «Менза» в период с 1981 по 1988 гг.). Это расширит возможности для научных контактов.

В социально-экономических системах биологические ресурсы выполняют много разных функций. И одна из них – биоразнообразие как источник информации [5]. Таким образом, научная информация, полученная в результате исследований на стационарах, может быть капитализирована (экономически оценена). Например, прогноз урожайности кедровников в конкретный год, может интересовать не только заготовителей этого ресурса, но и кредитные учреждения, которые выдают займы клиентам, надеющимся на быстрое (надежное) их погашение в результате доходов от добычи кедрового ореха.

В самом общем смысле для учебно-научных стационаров было бы полезно и очень выигрышно использовать элементы работы, используемые Институтом Приобретения Знаний на Протяжении Всей Жизни (Institute for Lifelong Learning), работающему под эгидой ЮНЕСКО. Аудитория без ограничения возраста, сфера деятельности, ограниченная законодательством позволяет решать задачу повышения степени образованности общества не только в экологических проблемах, но и в вопросах культуры, экономики природопользования и образа жизни в содружестве с природой.

Учебно-научные стационары как специфические ООПТ будут вносить свой вклад в общее дело сохранения природных богатств, улучшения степени информированности граждан особенно на местном уровне. В то же время возможно партнерство с другими формами ООПТ (заповедниками, национальными парками, природными парками, заказниками) о котором мы упоминали в своей более ранней работе [1].

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН, проект 88.1.6. (№ 0386-2014-0004).

Список литературы

1. Агафонов Г.М. Сетевое партнерство для национальных парков Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. С. 8-10.
2. Закон Забайкальского края «О внесении изменений в Закон Забайкальского края "Об особо охраняемых природных территориях в Забайкальском крае" // Принят Законодательным Собранием Забайкальского края 22 октября 2014 года.
3. Константинов М.В., Константинов А.В., Екимова Л.В., Разгильдеева И.И. Усть-Менза // Малая энциклопедия Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2011. С. 302-306.
4. «Положение о постоянном научно-исследовательском участке Восточно-Сибирского отделения ВНИИЖП в Красночикоийском районе Читинской области» // Утвержден Заведующим отделением Н.С. Свиридовым 15.02.1960 г. Архив автора.
5. Сабадаш В.В. Анализ эффективности организационно-экономического инструментария сохранения природно-ресурсного потенциала // Материалы совещания «Проект ТЕЕВ-экономика экосистем и биоразнообразия: перспективы участия России и других стран ННГ». М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2010. С. 33-41.

THE PLACE AND ROLE OF BIOSTATIONS IN REGIONAL SYSTEM OF CONSERVATION AREAS

Agafonov G.M.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
e-mail: agmles51@gmail.com*

Abstract: The new conservation area - "scientific station" is entered into legislative practice in Transbaikalian region. Work of scientific stations will bring the contribution to preservation of natural resources, will improve knowledge of the citizens, will positively affect socially – economic conditions of territory, and also will raise quality student's practice and will involve scientific for teamwork.

Keywords: Regional legislation, biostation, scientific cooperation.

РОСТ И РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В ДЕНДРАРИИ ИПРЭК СО РАН

Банщикова Е.А.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: kait1986@mail.ru*

Абстракт: В статье приводятся результаты исследований фенологического развития некоторых видов древесных интродуцентов дендрария ИПРЭК СО РАН. Приведены фенологические спектры, дающие наглядное представление о сроках прохождения интродуцентов основных фенологических фаз и позволяющие в практике озеленения формировать смешанные композиции, декоративные в разные периоды вегетации растений.

Ключевые слова: интродукция, дендрарий, фенологические наблюдения, климатические данные.

Интродукция – это внедрение новых пород в культуры за пределами их естественного ареала. Она включает и натурализацию, и акклиматизацию, но разграничение этих двух понятий очень условно, так как за пределами ареала обитания интродуцируемого вида невозможно подобрать районы с аналогичным сочетанием условий среды для проведения натурализации этого вида. При любом переносе растения из его ареала распространения в новый район ему необходимо в той или иной мере приспособляться к новым условиям местопроизрастания [4]. Наблюдения за ростом и развитием интродуцентов отражают их экологические и адаптационные возможности. Различные виды растений обладают неодинаковой требовательностью к экологическим факторам. Научная работа по интродукции, акклиматизации и селекции проводится в дендрариях.

Дендрарий ИПРЭК СО РАН расположен на территории Ингодинского лесного стационара Забайкальского горного лесного района в 40 км на юго-запад от г. Читы, на правом берегу среднего течения р. Ингода (приток р. Амур) и нижнего течения р. Какова, на юго-западном склоне хребта Черского (51°51' с.ш., 113°10' в.д.) на высоте 700-800 м над уровнем моря, постепенно переходящего в надпойменную террасу.

Климат территории расположения стационара имеет целый ряд неблагоприятных факторов для естественного роста древесных пород и создания искусственных древостоев. Зима начинается в третьей декаде октября – начале ноября и заканчивается в апреле. Январь – самый холодный месяц зимнего периода, средняя месячная температура воздуха составляет 26-35°C. Средняя высота снежного покрова составляет 10-40 см. Снег испаряется и почву не увлажняет. Малоснежные и суровые зимы приводят к глубокому промерзанию почвы, достигающему 3-3,5 м, а на песчаных грунтах – даже 4-5 м [1].

Целью данной работы явилось изучение и сравнительная характеристика сезонного роста и развития некоторых интродуцентов в дендрарии ИПРЭК СО РАН.

Ежегодно за растениями проводятся фенологические наблюдения по общепринятым методикам. Результаты фенологических исследований используются для оценки жизнеспособности, эстетических и репродуктивных свойств растений, обеспечивающих повышение биологической устойчивости насаждений. Основными биологическими показателями растений является срок и продолжительность прохождения отдельных фенологических фаз развития [2, 3]. На примере некоторых видов древесных растений дендрария Ингодинского лесного стационара предоставляется анализ фенологических наблюдений за период 2014-2015 гг. по фазам развития растений.

Объектом исследований послужили виды евроазиатской флоры: боярышник черный (*Crataegus nigra* Waldst. & Kit.), миндаль черешковый (*Amygdalus pedunculata* Pall.); восточно-азиатской флоры: боярышник перисто-надрезанный (*Crataegus pinnatifida* Bunge), бересклет Маака (*Euonymus maackii* Rupr.).

Установлено, что по годам меняются лишь сроки и продолжительность цветения видов, а последовательность фенологических фаз остается неизменной [2]. Весеннее набухание почек, их распускание и появление первых листьев наблюдается у миндаля черешчатого в третьей декаде апреля – середине мая, у бересклета Маака – со второй половины апреля и до середины

мая, а у боярышника перисто-надрезного и черного – в I-III декадах мая. Период от начала вегетации до зацветания варьирует в пределах: от 35 до 40 суток (*Amygdalus Pedunculata*), от 44-46 суток (*Euonymus maackii*), от 23 до 25 суток (*Crataegus pinnatifida*), от 22-25 суток (*Crataegus nigra*). Продолжительность фазы цветения варьировала от 13-16 дней (*Amygdalus Pedunculata*), 11-18 дней (*Euonymus maackii*) и у видов боярышника (*C. pinnatifida* и *nigra*) была почти одинакова – 20 суток. Период от завязывания плодов до их полного созревания у всех наблюдаемых видов был различен и составил: 70-83 суток (*Amygdalus Pedunculata*), 60-64 суток (*Euonymus maackii*) и плоды могут провисеть всю зиму, и до 60 суток (у рода *Crataegus*).

По данным наблюдений были построены фенологические спектры изучаемых видов, дающие наглядное представление о сроках прохождения ими основных фенологических фаз и позволяющие в практике озеленения формировать смешанные композиции из древесных растений, декоративных в разные периоды вегетации – «цветение», «расцвечивание листьев» и др. (рис. 1).

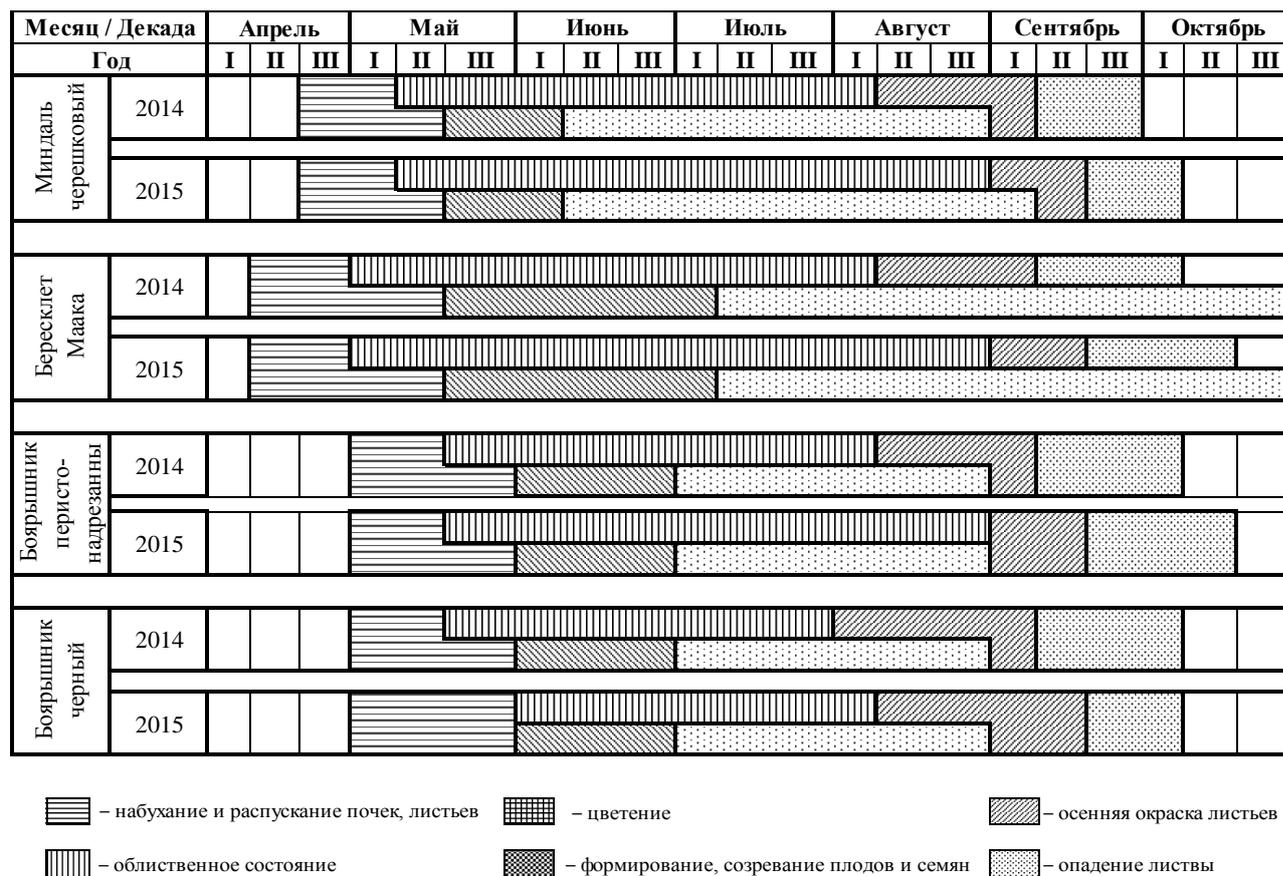


Рис. 1. – Фенологические спектры некоторых древесных пород Ингодинского лесного дендрария ИПРЭК СО РАН.

В целом 2015 году у всех представленных видов было отмечено более позднее наступление фенологической фазы окраски листьев, по сравнению с 2014 годом. Очевидным является факт взаимосвязи с влажностью и температурой воздуха, которая была выше, чем в предыдущем году. Далее представлен график климатических данных по температуре воздуха и по относительной влажности за вегетационный период 2014-2015 гг. по месяцам в районе Ингодинского лесного стационара (рис. 2).

Таким образом, наиболее изменчивыми по срокам наступления основных фенологических фаз за период 2014-2015 г. среди видов одного рода *Crataegus* является *Crataegus pinnatifida* и растения *Amygdalus pedunculata*. Минимальной индивидуальной изменчивостью отличаются виды *Crataegus nigra* и *Euonymus maackii*.

Отмечено, что большая часть древесных и кустарниковых интродуцентов Ингодинского лесного дендрария имеет феноспектры устойчивого типа, т.е. их ритм жизни соответствует условиям новой среды. Они регулярно и массово цветут, плодоносят, размножаются вегетативным путем.

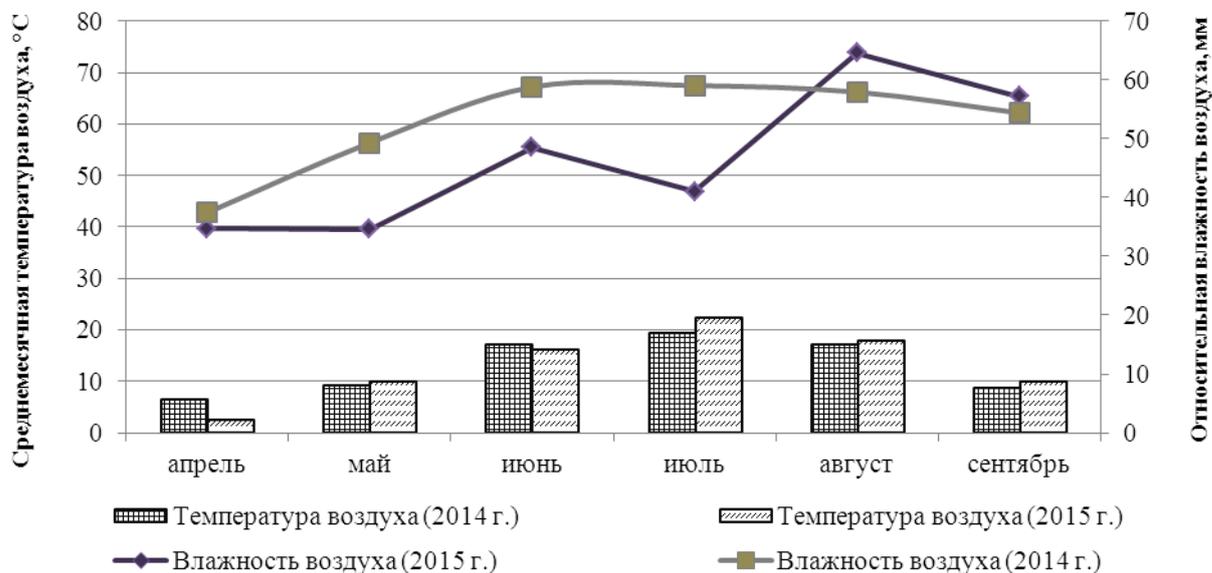


Рис. 2. Климатические данные за вегетационные периоды 2014-2015 гг.

Список литературы

1. Бобринев В.П. Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае / В.П. Бобринев, Л.Н. Пак. Чита: Поиск, 2011. 492 с.
2. Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над лиственными древесными растениями / Н.Е. Булыгин. Л.: ЛТА, 1976. 70 с.
3. Елагин И.Н. Методика проведения и обработка фенологических наблюдений за деревьями и кустарниками в лесу / И.Н. Елагин // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1975. С. 3-20.
4. Леса России [Электронный ресурс]: URL: <http://lesa-rossii.ru/usloviya-rosta/introduktsiya-rasteniy>

THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOME INTRODUCED TREE SPECIES IN THE ARBORETUM INREC SB RAS

Banshchikova E.A.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: kait1986@mail.ru

Abstract: The article presents the results of studies of phenological development of some species of alien woody plants of the arboretum INREC SB RAS. Phenological spectra are shown, giving a visual representation of the timing of the passage of exotic species the main phenological phases and permitting in the practice of landscaping to form the mixed composition, decorative in different periods of plant vegetation.

Keywords: establishment, arboretum, phenological monitoring, introduction, climate data.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ УРАНА, ЛИТИЯ И МЫШЬЯКА В ВОДАХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕР ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Борзенко С.В., Замана Л.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: svb_64@mail.ru*

Абстракт: Выполнен анализ распределения лития, урана и мышьяка в водах минеральных озер Восточного Забайкалья, отличающихся по степени минерализации, макрокомпонентному составу и рН вод. Установлено, что в содовых озерах накапливаются уран и мышьяк, а в хлоридных – литий. Такое поведение микроэлементов обусловлено различной геохимической средой.

Ключевые слова: минеральные озера, литий, уран, мышьяк.

В последние годы соленые озера все чаще рассматриваются в качестве источников минеральных возобновляемых ресурсов, эксплуатация которых не требует дорогостоящих технологий и считается экологически безопасной [1, 4]. Ранее соленые озера изучались преимущественно как объекты возможной добычи солей, в основном соды, мирабилита, галита. Между тем, многие минеральные озера Восточного Забайкалья, наряду с озерами Алтая, Китая, Монголии и других стран, могут рассматриваться как перспективные на промышленные воды, аккумулирующие многие химические элементы, том числе редкие и редкоземельные [2, 4, 5 и др.]. Поэтому целью данной работы наряду с определением содержаний урана, мышьяка и лития в соленых озерах Восточного Забайкалья является выделение ключевых факторов, обеспечивающих их накопление в водах.

На территории Восточного Забайкалья насчитывается несколько сотен минеральных озер, локализованных во впадинах, выполненных осадочными и эффузивно-осадочными породами. Наиболее крупные озера Зун-Торей, Баин-Цаган, Цаган-Нур, Доронинское даже в период засухи имеют площадь от первых до сотен км². Площадь остальных менее 1 км², глубина их редко превышает первые метры. При этом мелкие озера пересыхают до дна, а в увлажненные периоды вновь наполняются водой. Все рассматриваемые озера бессточные, повышенная соленость их вызвана испарительным концентрированием вод. Большая часть озер относится к содовому типу с минерализацией вод от 1.17 в оз. Хойто-Торум до 342 г/л в оз. Борзинское. Анионный состав, как правило, смешанный с доминированием углекислотных ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) или хлоридных ионов. Реже встречаются хлоридные озера, соленость которых в среднем существенно выше. Смешанный катионный состав отмечается в слабоминерализованных озерах, с ростом солености он изменяется на натриевый.

Отбор проб был осуществлен в 2013-2015 гг. в ходе экспедиционных исследований в рамках интеграционных проектов СО РАН. Химический анализ вод проведен стандартными методами.

По средним оценкам в содовых озерах в больших масштабах по сравнению с хлоридными накапливаются уран, ванадий, молибден, вольфрам, цирконий и мышьяк, тогда как литий, стронций, барий, селен, бор содержатся в меньших количествах (таблица).

В самом соловом содовом оз. Борзинское отмечаются максимальные содержания As – 6 мг/л, U – 2.8 мг/л, тогда как концентрация Li (173 мкг/л) лишь немногим превосходит среднее по всей выборке (123 мкг/л). Среди хлоридных озер выделяется оз. Горбунка с максимальной минерализацией воды 184 г/л и с относительно высокими содержаниями Cl (101.1 г/л), Br (368.6 мг/л), Sr 18.5 (мг/л), Li (407 мкг/л), в то время как количество U не превышает 59 мкг/л.

Единая направленность в распределениях содержаний Cl и Li фиксируется исключительно в хлоридных озерах. В водах литий мигрирует преимущественно в форме собственного иона Li^+ с превалированием его доли в хлоридных озерах. Вторым по значимости в содовых озерах выступают LiCO_3^- , а в хлоридных – LiCl. При этом мольная доля соответствующего ассоциата увеличивается по мере роста концентраций основных лигандов. Ввиду высокого произведения растворимости солей лития – хлорида LiCl и карбоната Li_2CO_3 (цзабуелит), насыщение воды этими солями не отмечается. Отсутствие равновесия воды по отношению к сподумену $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и эвкрипиту $\text{LiAl}[\text{SiO}_4]$, основным литиевым

алюмосиликатным минералам, говорит о том, что они могут растворяться и являться источниками этих химических элементов. Косвенным подтверждением тому является прямая зависимость между распределением в водах содовых озер содержания Li и Si ($r=0.30$). Очевидно, что отсутствие геохимических барьеров позволяет литию, как и хлору, концентрироваться в растворе, при этом, чем больше степень концентрирования воды, тем выше содержания лития в озерах.

Таблица

Микроэлементный состав минеральных озер Восточного Забайкалья

| Физико-химические параметры | Тип озер | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|--------------|
| | Содовый | | | Хлоридный | | |
| | Среднее (77 проб) | Минимальное | Максимальное | Среднее (13 проб) | Минимальное | Максимальное |
| Li, мкг/л | 87.6 | 0.01 | 461.5 | 208.7 | 62.1 | 675.1 |
| V | 77.0 | 0.002 | 420.3 | 23.8 | 5.99 | 119.1 |
| B | 3217 | 0.1 | 34722 | 3865 | 754.6 | 9726 |
| As | 414.4 | 0.007 | 6007 | 102.9 | 13.6 | 278.9 |
| Se | 2.41 | 0.01 | 27.1 | 20.5 | 0.52 | 191.0 |
| Br | 29936 | 0.31 | 624292 | 78096 | 10580 | 368586 |
| Sr | 335.9 | 0.04 | 1576 | 4097 | 129.5 | 18506 |
| Ba | 51.6 | 0.03 | 696.6 | 105.0 | 13.9 | 206.9 |
| U | 156.7 | 0.003 | 2818 | 75.6 | 15.6 | 246.1 |
| Zr | 41.3 | 0.001 | 1105 | 9.06 | 0.14 | 47.5 |
| W | 21.2 | 0.004 | 279.9 | 11.2 | 0.55 | 55.9 |

Повышенные содержания урана обнаружены в озерах содового типа, относительно высокие его концентрации фиксируются в области повышенных значений pH вод. Четко прослеживается прямая связь урана с карбонат- и гидрокарбонат-ионами, что, главным образом, связано с образованием его карбонатных комплексов. По расчетам в озерах уран образует уранилкарбонатные комплексы типа $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ и $UO_2(CO_3)_2^{2-}$, устойчивость которых находится в прямой зависимости от pH раствора. Снижение pH вод способствует образованию в хлоридных озерах дикарбонат-уранил ионов, наличие которых напрямую зависит от присутствия в водах лиганда CO_3^{2-} . Накопление урана на стадии содообразования подтверждается связью урана с натрием ($r=0.95$). Превалирование концентраций натрия по сравнению с остальными катионами (кальцием, магнием и калием) в водах начинается с момента осаждения карбонатных минералов и глин [5]. Некоторое обеднение ураном содовых вод при относительно высоких содержаниях карбонат-ионов (оз. Доронинское, оз. Куджерттай и др.) объясняется наличием в водной толще сероводородной обстановки ($Eh=-380$ мВ в толще воды оз. Доронинское), при которой U^{6+} восстанавливается до U^{4+} . Далее он легко гидролизует и в конечном итоге выводится из раствора в донные осадки в виде твердой фазы $U(OH)_4$. Возможность восстановления U^{6+} в хлоридных озерах в рассматриваемых случаях менее вероятна, т.к. здесь чаще превалируют окислительные условия, значения Eh не опускаются ниже -35 мВ (оз. Большая Булугунда).

Аналогично урану ведет себя и мышьяк, при том, что мигрирует он в обоих типах вод преимущественно в форме $HAsO_4^{2-}$, за исключением озер с сероводородной обстановкой в водной толще, где мышьяк восстанавливается до As^{3+} . Связь мышьяка с геохимической средой проявляется через высокий коэффициент корреляции As с HCO_3^- ($r = 0.66$). Учитывая, что присутствие производных углекислоты (карбонат- и гидрокарбонат-ионов) в водах обеспечивается реакцией взаимодействия $OH^- + CO_2 \rightarrow HCO_3^-$, а источником OH^- по реакции гидролиза с алюмосиликатами (основными минералами пород) является сама вода [3], то чем интенсивнее идет растворение минералов водой (при условии поступления в систему CO_2), тем больше накапливается HCO_3^- и As. Поэтому его максимальные и средние содержания выше в водах содовых озер.

Анализ распределений концентраций лития, урана и мышьяка показал, что содержания этих элементов в озерах Восточного Забайкалья достигают нескольких миллиграмм на литр раствора. В более минерализованных хлоридных озерах накапливается литий, а в содовых более щелочных водах уран и мышьяк. Источником рассматриваемых элементов являются

разнообразные горные породы, выщелачивание которых приводит к переходу в раствор химических элементов, поведение которых в большей степени определяется гидрохимической средой.

Список литературы

1. Исупов В.П., Владимиров А.Г., Шварцев С.Л., Ляхов Н.З., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Куйбида Л.В., Колпакова М.Н., Ариунбилэг С., Кривоногов С.К. Химический состав и гидроминеральные ресурсы соленых озер северо-западной Монголии // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 19. № 2. С. 141-150.
2. Склорова О.А., Склоров Е.В., Федоровский В.С., Санина Н.Б. Минеральные озера Приольхонья: вопросы генезиса и эволюции // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 44-49.
3. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии // Геохимия. 2014. № 5. С. 432-449.
4. Moores S. Between a rock and a salt lake // Industrial Minerals. 2007. N 6. P. 58-69.
5. Zheng M. Saline lakes and salt basin deposits in China. Beijing: Science Press, 2014. 321 p.

SOME REGULARITIES OF BEHAVIOUR OF URANIUM, LITHIUM AND ARSENIC IN WATERS OF MINERAL LAKES EAST TRANSBAIKALIA

Borzenko S.V., Zamana L.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: svb_64@mail.ru

Abstract: Analysis is made of distribution of lithium, uranium and arsenic in waters of the mineral lakes of East Transbaikalia, which differ mineralization chemical composition and pH of the water. It was established that in soda lakes accumulate uranium and arsenic, and in chloride - lithium. This behavior is caused by microelements of different geochemical environments.

Keywords: mineral lakes, lithium, uranium, arsenic.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО КРИОГЕНЕЗА В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ЮЖНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Железняк И.И.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: lgc255@mail.ru*

Абстракт: Представлены сведения об особенностях климатических и геокриологических условий почвенного криогенеза в Забайкалье. Приведены результаты исследований тепло-массообмена в сезонно промерзающих и оттаивающих почвах контактирующих с подстилающими слоями талых и многолетнемёрзлых горных пород. Раскрыт специфичный сублимационный механизм иссушения почв в весенний период.

Ключевые слова: почвы, криогенез, процессы, сублимация льда.

Современные понятия о почвенном криогенезе исходят из знаний о мёрзлом и талом состоянии почв, протекающих в них физических и механических процессах, определяющихся изменениями режимов, свойств, признаков, явлений в почвах под действием отрицательных (знакопеременных) температур, сопровождающихся фазовыми переходами воды в поровом пространстве [3].

Забайкалье относится к южным регионам Субарктики. Особенности почвообразования в нём связаны с суровым резко континентальным климатом, распространением глубоко промерзающих талых и оттаивающих многолетнемёрзлых горных пород, маломощным почвенным покровом, варьирующим в диапазоне 20-30 см, а также маломощным снежным покровом не превышающем 20-25 см.

Динамика температурного режима в слое глубокого сезонного оттаивания высокотемпературных многолетнемёрзлых горных пород мощностью до 3,5 м характеризуется высокой интенсивностью зимнего промерзания, которое начинается почти одновременно на всей территории Забайкалья (в течение 6-8 дней во второй-третьей декадах октября). Интенсивному промерзанию пород способствует отсутствие снежного покрова, который появляется значительно позже, в конце октября – начале ноября. К концу декабря – середине января отрицательная температура устанавливается по всей глубине сезоннооттаивающего слоя (СТС) и лишь у кровли многолетнемёрзлых пород она имеет нулевое значение.

Дальнейшее понижение температуры на поверхности земли сопровождается понижением температуры в промерзшем сезоннооттаивающем слое, который к марту полностью переходит в твердомерзлое состояние.

Незначительное оттаивание пород с поверхности земли наблюдается в апреле, в мае. В это время на глубине 0,5 м температура повышается до 0,5-1,0°C, достигая к июню 4°C. Максимальная температура на этой глубине 7-8°C отмечается в августе. В сентябре-октябре она понижается на 4-5°C. В ноябре температура горных пород на глубине 0,5 м отрицательная.

Динамика температурного режима слоя глубокого сезонного промерзания талых горных пород (СМС) в первую половину зимы аналогична динамике температурного режима СТС, хотя процесс промерзания протекает медленнее.

Многолетние данные наблюдений за температурным режимом толщи талых горных пород показывают, что к началу ноября глубина проникновения отрицательных температур достигает 0,3 м. В дальнейшем процесс охлаждения заметно активизируется. При этом образуется два слоя: верхний – твердомерзлый – с температурой от -10°C до -2°C мощностью 1-1,2 м и нижний – пластичномерзлый – с температурой от -2°C до 0°C мощностью до 0,5 м. Для промерзания пород характерны высокие амплитуды суточных колебаний температуры на поверхности, которые в октябре превышают 20°C/сут. К февралю они затухают до 5°C/сут.

Влажностный режим СТС и СМС формируется в условиях перераспределения влаги в промерзающем и оттаивающем слоях. К началу промерзания в СТС характерно нарастание влагосодержания от 0,08-0,12 у поверхности земли до 0,50-0,70 у кровли вечномерзлых пород [2].

Весной в сезонномёрзлом слое выделяются две зоны: верхняя – сублимационного иссушения мощностью до 0,5-0,6 м и нижняя – миграционного влагонакопления мощностью до 2-3 м.

Приведенные факты дают основание утверждать, что иссушение верхнего слоя горных пород, в основе которого лежит процесс его тепло- и массообмена с атмосферой в среде с

отрицательной температурой, осуществляется возгонкой (сублимацией) порового льда, т.е. переходом воды из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. В этом случае затраты тепла на сублимацию порового льда почти в 8 раз больше затрат тепла на кристаллизацию поровой воды при ее замерзании. Очевидно, что сублимация порового льда в верхнем слое пород происходит в виду высокой гигроскопичности сухого атмосферного воздуха.

В теплофизическом аспекте влияние сублимации на сезонное промерзание горных пород не получило должного внимания специалистов. Поэтому до сих пор не выяснены связи сублимации порового льда с криогенными процессами в сезонно промерзающих слоях массивов горных пород.

Весной в Забайкалье отмечается резкое и значительное сокращение содержания влаги в атмосферном воздухе. Это сопровождается интенсивной сублимацией снега с земной поверхности, что служит причиной интенсивного тепло- и массообмена пород с атмосферой.

Промерзание, как теплофизический процесс, формирует мерзлую фазу пород, характеризующуюся существенно новыми, так называемыми криогенными, свойствами. К последним относятся: кристаллизация поровой влаги, прерывистое распределение по объему мерзлого массива горных пород ледяных шлиров – признаки его текстурированности, агрегирование минеральных частиц, распученность объема и другие явления.

До настоящего времени не сформулирована общая задача, которая отражала бы фронтальную кристаллизацию свободной влаги, объемную кристаллизацию пленочной влаги, их перераспределение. Интерес к этой задаче чрезвычайно велик, хотя бы потому, что некоторые разновидности горных пород при промерзании способны подтягивать влагу, даже преодолевая сопротивления до 10 МПа.

В результате исследований разработаны аналитические методы определения характеристик сублимационного иссушения почв в весенний период [1]:

- количества влаги (г), теряемого мерзлым слоем почв за счет сублимационного иссушения;
- интенсивности сублимационного иссушения почв, т.е. количество влаги, теряемое с единицы площади мерзлой почвы на контакте с гигроскопичной паровоздушной средой за единицу времени (г/м²ч);
- скорости сублимационного иссушения почвы, которая равна отношению мощности иссушенного слоя к продолжительности иссушения (мм/сут).

В связи с изложенным можно констатировать, что особенностью криогенеза почв в Южном и Восточном Забайкалье является высокий дефицит в них влаги, сформировавшийся в результате глубокого сезонного промерзания горных пород в зимний период и сублимационного иссушения самого почвенного покрова в весенний период.

Список литературы

1. Железняк И.И. Кочменёва Н.В. Сублимационное иссушение почв Забайкалья // Криогенные почвы: влияние криогенеза на процессы и особенности почвообразования. Материалы I Международной конференции «Криопедология». Пущино, 1992. С 38.
2. Железняк И.И., Саркисян Р.М. Методы управления сезонным промерзанием грунтов в Забайкалье. Новосибирск: Наука, 1987. 123 с.
3. Худяков О.И. Почвенный криогенез. // Криогенные почвы: влияние криогенеза на процессы и особенности почвообразования. Материалы I Международной конференции «Криопедология». Пущино, 1992. С. 9-10.

FEATURES OF SOIL IN NATURAL CONDITIONS CRYOGENESIS CENTRAL AND SOUTHERN TRANSBAIKALIA

Zhelezniak I.I.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: lgc255@mail.ru

Abstract: It presents information about the features of the climatic and soil conditions of permafrost cryogenesis Transbaikalia. The results of studies heat and mass transfer in seasonal freezing and thawing soils in contact with the underlying layer and permafrost melt rocks. Disclosed is a specific mechanism of sublimation draining soil in the spring.

Keywords: soil, cryogenesis, processes, sublimation of ice.

ВАЖНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Зима Ю.В.¹, Зима Л.Н.²

¹*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия*

²*Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия*

e-mail: zima.yura@mail.ru

Абстракт: обоснована необходимость контроля за изменениями морфологического состояния речных русел и пойм для предотвращения негативных процессов и вредного воздействия вод, и, как следствие, эффективной охране водных объектов в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности общества.

Ключевые слова: речные системы, русловые процессы, мониторинг, экологические последствия.

В связи с тем, что речные системы и поймы рек являясь динамично развивающимися природными объектами, испытывают на себе возрастающую антропогенную нагрузку, необходима организация постоянных наблюдений за происходящими изменениями. Получить объективную информацию о динамике развития изменений позволит мониторинг – длительное наблюдение за функционированием и развитием изучаемого объекта, проводимое по неизменной или схожей методике в определенные интервалы времени.

Геоморфологический мониторинг речных русел и пойм в России еще очень ограничен во времени и масштабах. Мониторинг деформаций самих русел осуществляется только на крупных судоходных реках с частотой наблюдений в диапазоне от одного раза в несколько лет до нескольких раз в навигацию [1]. Тем не менее, при разработке проектной и рабочей документации для многих видов инженерных сооружений на водных объектах, согласно государственных стандартов и строительных норм и правил в области строительства, необходимо учитывать влияние русловых процессов, прогнозировать развитие русловых деформаций. Так же, не стоит забывать о том, что русловые процессы относятся к числу опасных гидрометеорологических явлений [2], таких как наводнение (затопление), цунами, ураганные ветры, смерчи, снежные лавины, снежные заносы, гололед, селевые потоки, изучение которых может в наибольшей степени предотвратить возможные неблагоприятные экологические последствия и экономический ущерб. Кроме того, постоянный мониторинг русловых процессов с учетом факторов и условий их определяющих, позволит регулировать русла рек, по которым проходят границы государств.

Согласно Водного Кодекса РФ, в состав государственного мониторинга водных объектов введены два новых компонента: мониторинг состояния дна и берегов водных объектов (гидроморфологический мониторинг) и мониторинг состояния водоохранных зон. Контроль за изменениями морфологического состояния речных русел и пойм и их водоохранных зон, определяемыми в первую очередь процессами руслоформирования осуществляют органы власти субъектов Федерации и Росводресурсы. Но на практике в настоящее время из-за принципиальных недостатков текста Водного Кодекса и отсутствия единой нормативно-методической базы происходит искажение внутреннего содержания и цели проведения данного вида мониторинга, заменяя его на контроль за вредным воздействием вод или сводя его только к контролю за загрязнением берегов и дна водных объектов [3].

На современном этапе изучение русловых процессов в Забайкальском крае практически не ведётся. Это связано не только с отсутствием материальных средств, сокращением числа специализированных полевых работ и сворачиванием сетевых русловых наблюдений в системе Росгидромета, но и уменьшение числа ведущих высокопрофессиональных организаций и учреждений, участвующих в разработке гидрологических обоснований проектов в разных отраслях деятельности.

Одним из водных объектов Забайкальского края, на котором осуществлялся мониторинг русловых деформаций, является река Аргунь – естественная государственная граница между Россией и Китаем. Проведенные на реке Аргунь исследования показали, что изменения русла, обусловленные естественными факторами, протекают относительно медленно. Однако антропогенное воздействие на русловые процессы существенно ускоряет темпы русловых

деформаций, что приводит к значительному переформированию русла реки Аргунь, а, следовательно, приводят к изменению государственной границы.

Анализ реализованных китайской стороной берегоукрепительных мероприятий на реке Аргунь выявил, что они сводятся к смещению и поддержанию фарватера реки в непосредственной близости от левого (российского) берега. При этом достигается значительный эффект, положительный для правого и отрицательный для левого берегов [4]. В связи с этим, при демаркации государственной границы, множество пойменных территорий отходит сопредельной стороне (КНР).

Проведенные китайской стороной мероприятия по берегоукреплению сделали своё дело, основной сток реки проходит ближе к левому краю долины реки, т.е. государственная граница сместилась в сторону РФ. В настоящее время стратегия КНР заключается в том, чтобы основной сток реки Аргуни проходил по правой стороне долины реки, особенно в ее верхнем течении, где ширина и почвенный состав поймы позволяют формировать пойменные рукава и протоки. Это приводит к эффективному использованию пойменных земель приграничных территории. Обводненные таким образом пойменные земли превратятся в естественную кормовую базу для животноводства или продуктивные сельскохозяйственные угодья, что очень значимо для КНР [4].

Для решения пограничных проблем и защиты российских территорий вдоль реки Аргуни необходимо возобновление российской стороной научно обоснованных руслорегулирующих работ, проведение противопаводковых и берегозащитных мероприятий, предотвращающих неблагоприятные для Российской стороны последствия русловых переформирований. Пассивность в этом вопросе может привести к территориальным потерям.

Таким образом, мониторинг русловых процессов является ключевой и наиболее насущной в настоящее время проблемой, решение которой позволит реализовать меры по предотвращению негативных процессов и вредного воздействия вод, и, как следствие, эффективную охрану водных объектов в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности населения. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей» [5] послужит основой для разработки региональных программ ведения данного вида мониторинга.

Список литературы

1. Кораблева О. В., Чернов А. В. Опыт мониторинга русловых деформаций на широкопойменных реках (на примере реки Керженец) // География и природные ресурсы. 2008. №2. С. 158-165.
2. СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства». Госстрой России. М., 1997.
3. Католиков В.М., Чалов Р.С., Гладков Г.Л. Задачи изучения и проблемы организации мониторинга русловых процессов / VII Всероссийский гидрологический съезд. СПб., 2013. С. 147-166.
4. Зима Ю.В. Современные руслоформирующие процессы реки Аргунь // География и природные ресурсы. 2009. №1. С. 162-164.
5. Приказ Минприроды и экологии РФ от 08.09.2014 г. № 432 «Об утверждении методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей» – Режим доступа: URL: <https://rg.ru/2014/12/30/vodoohrana-dok.html>.

THE IMPORTANCE OF STUDYING AND MONITORING ORGANIZATION CHANNEL PROCESSES IN ZABAYKALSKY KRAI

Zima J.V.¹, Zima L.N.²

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

²*Transbaikal state University, Chita, Russia*

e-mail: zima.yura@mail.ru

Abstract: The necessity of monitoring of changes in morphological condition of river channels and floodplains to prevent negative processes and the harmful effects of water, and, as a consequence, the effective protection of water bodies to ensure favorable conditions of life of society.

Keywords: river system, river channel processes, monitoring, environmental impacts.

ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГРУППЫ ПРЕДПРИЯТИЙ «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАСТЕНИЙ

Зубарева О.Н.^{1,2}

¹Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск, Россия

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, Россия

e-mail: zon@ksc.krasn.ru

Абстракт: Выявлены наиболее информативные виды-индикаторы загрязнения территории диоксидом серы и тяжелыми металлами. Установлены ориентировочные фоновые уровни содержания серы, никеля, меди в видах-индикаторах. По содержанию серы, никеля и меди в растениях выделены зоны загрязнения территории.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, растения-индикаторы, фоновое содержание, повреждение.

Хорошо известно, что металлургическое производство является одним из основных источников выбросов в атмосферу серосодержащих соединений и тяжелых металлов. Также хорошо известно, что диоксид серы является одним из самых распространенных и агрессивных загрязнителей окружающей среды. Он является источником кислотных осадков, причиной гибели лесов в Западной Европе, вызывает коррозию металлов, разрушение строительных материалов и повреждения памятников архитектуры.

Целью нашего исследования было изучение пространственного распределения загрязнителей, таких как диоксид серы, медь, никель, присутствующих в выбросах группы предприятий «Норильский никель» по их накоплению в разных видах растений.

Для достижения намеченной цели был использован метод биоиндикации, при котором загрязнение окружающей среды оценивается с помощью растений биоиндикаторов. Аккумулятивные биоиндикаторы накапливают антропогенные воздействия большей частью без быстро проявляющихся нарушений. Такое постепенное значительное накопление загрязнителей, постепенно превышающее нормальный уровень, может быть использовано в качестве индикаторного признака для определения стрессовой нагрузки [1].

Изучение пространственного распределения загрязнителей, присутствующих в выбросах группы предприятий «Норильский никель» проводилось на примере ландшафтов Норильской котловины. Норильская котловина, как достаточно однородная по физическим параметрам геоморфоструктура, представляет собой почти идеальную природную трансекту меридионального простираения, ориентированную по направлению господствующих ветров, рассеивающих по территории промышленные эмиссии, и на всем своем протяжении не осложнена орографическими барьерами, которые могли бы препятствовать переносу техногенных выбросов, либо в какой-то мере трансформировать этот процесс [2]. Объектом исследования служили равнинные леса Норильской котловины. На трансекте протяженностью 223 км прослежены уровни накопления серы и тяжелых металлов по мере удаления от промышленного центра до выхода на природный фон. Всего на трансекте было обследовано 11 ключевых участков, расположенных в южном направлении от г. Норильска: Оганер (3 км), Омунтах (21 км), Рыбная (31 км), Чопко (45 км), Омнэ (70 км), Кета-Ирбэ (78 км), Деличе (85 км), Аккит (95 км), Тукаланда (100 км), Хантайка (142 км), Черная (223 км). На этих ключевых участках были собраны образцы следующих видов растений: лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), ива мохнатая (*Salix lanata* L.), ива сизая (*Salix glauca* L.), березка карликовая (*Betula nana* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), шикша (*Empetrum nigrum*), мхи гилокомиум (*Hylocomium splendens*), плеуроциум (*Pleurozium schreberi*), лишайник (*Cladonia stellaris*). Содержание общей серы определялось турбодиметрически после озоления образцов в смеси концентрированных азотной и хлорной кислот. Тяжелые металлы определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии.

В результате проведенных исследований в 2001-2004 гг. был получен большой фактический материал о химическом составе хвои и листьев наиболее широко распространенных на обследуемой территории видов древесных, кустарниковых,

кустарничковых растений, мхов гилокомиума и плеуроциума, лишайников рода кладония.

На основании результатов химического анализа растений и анализа литературных источников определены ориентировочные фоновые уровни содержания серы, никеля и меди в растениях индикаторах (табл. 1) и выделены фоновые территории.

Максимальные количества серы, никеля и меди накапливается в разных видах растений с ключевого участка Оганер. Содержание серы в хвое лиственницы и ели достигает 5100, 3535 мг/кг сухой массы, что в 3,3-3,5 раза выше фонового уровня. В листьях кустарников – березки карликовой, ивы сизой, ивы мохнатой накапливается серы в 3,6-1,9 раза, в листьях кустарничков голубики, шикши, брусники в 2,7-3 раза больше, чем в растениях с чистых территорий. Содержание никеля в ассимиляционном аппарате хвойных растений в 33-474 раза, кустарников в 25-65 раз, кустарничков 51-61 раз выше фонового уровня. Содержание меди в хвое лиственницы и ели в 157-17 раз, в листьях кустарников в 16-27 раз выше фонового уровня. При этом уровне накопления серы, никеля и меди наблюдается сильное нарушение структуры растительных сообществ, древесный ярус отсутствует полностью или представлен старым сухостоем. В понижениях рельефа единично можно встретить ель сибирскую в стланиковой форме.

Таблица

Ориентировочный региональный фоновый уровень содержания серы, никеля меди в разных видах растений, мг/кг сухой массы

| Вид | S | Ni | Cu |
|--------------------|-----------|------------|-----------|
| Лиственница | 1545-1779 | 0,51-2,45 | 3,35-5,88 |
| Ель | 995-1014 | 0,06-1,75 | 2,07-2,53 |
| Ива мохнатая | 3709-4099 | 0,82-3,72 | 4,01-5,50 |
| Ива сизая | 2676-2707 | 3,34-10,83 | 5,97-6,51 |
| Березка карликовая | 1211-1927 | 1,95-8,10 | 2,45-9,18 |
| Голубика | 2152-2734 | 0,66-1,65 | 2,68-6,19 |
| Брусника | 1565 | 0,70 | 3,46 |
| Шикша | 1456-1907 | 0,97-3,49 | 3,75-6,11 |
| Гилокомиум | 1041-1762 | 1,62-3,64 | 6,35-8,94 |
| Плеуроциум | 1163-1446 | 1,54-3,47 | 5,42-7,71 |
| Кладония | 660-914 | 0,87-2,33 | 1,49-2,44 |

В ассимиляционном аппарате растений на ключевых участках Омунтах, Рыбная, Чопко, удаленных от г. Норильска на 21-45 км содержится серы в хвое ели -3491, 4260, 3420 мг/кг сухой массы, что 3.5-4.2 раза выше фонового уровня, но концентрация никеля и меди значительно ниже. Количество никеля в хвое ели на этих участках равно соответственно 32, 60, 23 мг/кг сухой массы, что в 18-48 раз выше фонового уровня. Превышение содержания меди в хвое ели составляет 9,5-3,9 раза. Эти ключевые участки характеризуются полностью погибшим древостоем с группировками различных видов ивы, березки карликовой, душекии. Вдоль водотоков единично встречается ель в стланиковой форме. В растительном покрове на ключевом участке Чопко уже встречаются зеленые мхи и поврежденные лишайники родов кладония и цетрария. Содержание серы в мхе плеуроциуме (3401 мг/кг) и кладонии (1806 мг/кг) в 2,6-2,8 раза выше фонового показателя. Однако по содержанию никеля и меди мхи и лишайники сильно различаются, так, если в плеуроциуме накапливается никеля в 18 раз, меди в 9 раз выше фонового уровня, то в талломе кладонии концентрация никеля в 420 раз, меди в 120 раз превышает фоновые значения.

Средний уровень аккумуляции серы в хвое ели обнаружен на ключевых участках: Омнэ, Кета-Ирбэ, Деличе, Аккит, Тукаланда – 1613-2100 мг/кг сухой массы, что в 1,9-2,2 раза выше фонового уровня. Концентрация серы в хвое лиственницы на этих участках в 1,6-1,9 раза, в листьях березки карликовой в 1,4-1,6 раза больше, чем в фотосинтезирующем аппарате этих видов, растущих в чистой атмосфере. Содержание никеля в хвое ели в 2,7-8.3 раза, хвое лиственницы, листьях березки карликовой в 2,5-5,6 раза выше фоновых значений. Количество серы в мхах и кладонии в 1,1-2,3 раза превышает фоновый уровень. Концентрация никеля в мхах в 5,1-11 раз, в кладонии в 12-300 раз превышает фоновый показатель.

Значительно меньше накапливается меди в ассимиляционном аппарате растений на этих участках. Так в хвое лиственницы превышение количества меди над фоновым уровнем

составляет 1,1-1,6 раза, в хвое ели и листьях березки карликовой 1,1-2,7 раза, В мхах накапливается меди в 2,2- 6,2 раза, в кладонии в 7-76 раз выше фонового значения.

Обращает на себя внимание, что на ключевом участке Омнэ, удаленном от г. Норильска на расстояние 70 км, среди усохших деревьев единично можно встретить березу, рябину с зелеными листьями, подрост березы и ели, высотой от 1 до 1,5 метра. На приречных террасах единично встречается подрост лиственницы. Вероятно, эта территория является переходной зоной между погибшими древесными насаждениями и нарушенными насаждениями с большой долей сухостоя от 30 до 60 % (ключевые участки, Деличе, Аккит, Тукаланда).

Незначительное накопление серы в хвое ели и лиственницы наблюдается на ключевом участке Хантайка. Содержание никеля в хвое лиственницы в 2,7 раза, ели в 1,5 раза, в листьях березки карликовой в 1,8 раза, в мхах и кладонии в 1,5 и 3 раза выше, чем в условно чистом насаждении. Содержание меди в растениях близко к фоновому уровню.

В образцах растений с ключевого участка Черная содержание серы, никеля и меди соответствует фоновому уровню.

На основании результатов химического анализа образцов растений, собранных в зоне влияния выбросов группы предприятий «Норильская горная компания» можно сделать следующие выводы:

1. В качестве индикаторов загрязнения окружающей среды диоксидом серы, никелем, медью можно рекомендовать: ель сибирскую, лиственницу сибирскую, мхи – гилокомиум и плеуроциум. Для оценки содержания тяжелых металлов в кормах северного оленя в качестве видов-индикаторов могут быть использованы: ива мохнатая, березка карликовая, лишайники рода кладония. Содержание серы и тяжелых металлов в кустарничках незначительно изменяется в разных условиях произрастания и загрязнения атмосферы и они не распространены повсеместно.

2. По содержанию серы, никеля и меди в растениях можно выделить следующие зоны загрязнения территории:

- зона очень сильного загрязнения – содержание серы в растениях превышает фоновый уровень в 3,3-3,6 раза; никеля –31-470 раз; меди – 17-156 раз;

- зона сильного загрязнения территории – содержание серы в растениях превышает фоновый уровень в 3,4 раза, никеля –18-26 раз: меди – 4-9,5 раз;

- зона умеренного загрязнения территории – содержание серы в растениях превышает фоновый уровень в 1,6-2,2 раза; никеля – 2,1-8,3 раза, меди – 1,2-2,2 раза;

- зона слабого загрязнения территории – содержание серы в растениях превышает фоновый уровень в 1,2-1,7 раза; никеля – 1,5-2,7 раза; меди – 1,3 раза.

Список литературы

1. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 348 с.
2. Горожанкина С.М., Перевозникова В.Д., Рыжкова В.А. Сравнительно-географический и экологический анализ лесных экосистем в Норильском промышленном районе // Геоботанические и ресурсоведческие исследования в Арктике. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2010. С.271-276.

ESTIMATION OF EMISSION DISTRIBUTION IN THE IMPACT ZONE OF ENTERPRISE COMPLEX "NORILSKI NIKEL" BY PLANT ANALYSIS

Zubareva O.N.^{1,2}

¹Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: zon@ksc.krasn.ru

Abstract: The most informative plants – indicators of sulphur dioxide and heavy metals pollution were found. For the plant-indicators the reference background levels of sulphur, nickel and copper concentrations were established. The zones of territory pollution were defined according to the sulphur, nickel and copper contents in the plants.

Keywords: pollution, heavy metals, plant-indicators, background levels, damage.

ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Макаров В.П.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail:vm2853@mail.ru

Абстракт: Рассмотрена возможность использования в лесомелиорации древесных растений забайкальской флоры. Указывается перспективность использования в защитных лесонасаждениях сосны обыкновенной, лиственницы Гмелина, вяза приземистого, абрикоса сибирского, кизильника черноплодного и других засухоустойчивых кустарников.

Ключевые слова: лесомелиорация, защитные насаждения, засухоустойчивые древесные растения.

Забайкалье один из регионов мира, где очевидны проявления глобального изменения климата на планете. Основной негативный климатический фактор это мизерное количество осадков за вегетационный период растений. Продолжительные и часто повторяющиеся засухи способствуют возникновению лесных пожаров, усыханию лесов и защитных лесных насаждений, снижению и даже потере урожая сельскохозяйственных культур.

При развитии этого процесса, который можно назвать опустыниванием, развитие ряда отраслей сельского хозяйства в регионе будет приостановлено или вовсе прекратится.

Кардинально повернуть вспять негативные климатические изменения в нашем регионе вряд ли удастся, так как они связаны с глобальными изменениями климата на Земле. Однако противостоять им можно и нужно путем разработки системы мероприятий по снижению засушливости климата отдельных, хотя бы небольших районов.

Например, вполне по силам разработать и осуществить региональную программу по восстановлению и реконструкции защитных лесных насаждений, особенно актуальную в степных и лесостепных районах Забайкальского края. В настоящее время большая часть из ранее созданных насаждений находится в деградированном состоянии. Учеными давно доказана климаторегулирующая роль лесных насаждений.

Важно в современных условиях пересмотреть и ассортимент древесных растений, для использования в агролесомелиорации. Очевидно, что широко применяемый в посадках тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) недолговечен, особенно в условиях жесткой атмосферной и почвенной засухи. Ясно, что для создания защитных лесонасаждений нужны засухоустойчивые и долговечные древесные породы. Их ассортимент должен быть широк, чтобы обеспечить устойчивость насаждений в различных экологических условиях того или иного района области.

Засухоустойчивые и долговечные древесные растения для использования в агролесомелиорации нужно, прежде всего, выбирать их числа дикорастущей забайкальской флоры. Природная флора в процессе эволюции переживала множество климатических изменений в регионе. Поэтому можно ожидать, что древесные растения природной флоры хорошо приспособлены не только к низким температурам, но и недостатку влаги.

На какие древесные растения забайкальской флоры следует обратить внимание в первую очередь.

Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*).

Сосна обыкновенная широко распространена в Читинской области. Растет преимущественно на склонах южной экспозиции, легких песчаных почвах. Растение засухоустойчивое, зимостойкое, ветроустойчивое благодаря строению корневой системы. В Забайкальском крае (Цасучейский бор) произрастает степной экотип сосны обыкновенной, отличающаяся от сосны обыкновенной, произрастающей в таежных районах, рядом морфологических, физиологических особенностей и лучше приспособленный к произрастанию в условиях засушливой степи.

Л.Ф. Правдин [4] отмечал, что физиологический признак изменчив не только в пределах одной области в результате влияния различных почвенно-климатических условий, но в различных физико-географических районах в результате влияния климатических факторов. Рост и продуктивность древостоев сосны подвержены географической изменчивости, причем

признак наследственный. Сосна является перспективной как для создания защитных насаждений, так и для восстановления нарушенных лесов.

К влажности почв и богатству их питательными веществами сосна нетребовательна. В этом она превосходит все древесные породы нашего региона. Встречаясь на самых различных почвах, сосна имеет много морфологических форм и экологических типов. Благодаря большой пластичности корневой системы, сосна способна расти на почвах самого различного плодородия. Корневая система сосны теплолюбивее, чем у других хвойных деревьев Сибири. По наблюдениям в Забайкалье, ее корни начинают расти при температуре +4 или +5 градусов по Цельсию, в то время как корни ели сибирской трогаются в рост при температуре 0 градусов, а корни лиственницы Гмелина при температуре от -0,3 до -0,5 градусов по Цельсию. С теплолюбием корневой системы сосны связана редкая встречаемость ее на моховых болотах. На глинистых и суглинистых почвах уменьшается глубина проникновения корней сосны. Корневая система сосны весьма чувствительна к уровню стояния почвенных вод. При повышении и понижении этого уровня более чем на 20 см столетние сосны начинают усыхать. Знание эколого-биологических особенностей сосны позволяет правильно подобрать площади для ее посадки.

Лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*).

Наиболее распространенное в Читинской области древесное растение. Имеет две экологические формы: одна мирится с весьма сухими почвами, другая хорошо развивается на почвах избыточного увлажнения. Корневая система лиственницы, почти идеально приспособлена к холодным почвам. Она отличается большой длиной корней и массовым образованием придаточных корней. Корневые окончания у лиственницы Гмелина трогаются в рост при небольшой отрицательной температуре (при которой почвенная влага находится в жидком состоянии), что дает возможность этому виду произрастать в наиболее континентальных и холодных районах Северного полушария.

По мнению Н.В. Дылиса лиственница Гмелина – очень пластична и хорошо приспособляется к разнообразным климатическим и почвенно-грунтовым условиям [3].

Толстокорые стволы лиственницы Гмелина почти не повреждаются пожарами, но ее поверхностная корневая система чувствительна к воздействию огня. Поэтому лиственница Гмелина оказывается в ряде случаев менее стойкой к пожарам, чем сосна.

По ксерофильности в вегетационный период лиственница уступает сосне, но по зимней ксерофильности намного ее превосходит. Обладая мощной корневой системой, быстрым ростом в высоту, долговечностью и устойчивостью к суровым климатическим условиям, лиственница широко используется в полезащитном лесоразведении.

Наилучшего развития лиственница достигает на достаточно мощных, увлажненных и хорошо дренированных суглинистых или супесчаных почвах пологих склонов и речных долин. Лиственница растет очень быстро, особенно в молодом возрасте: годичный прирост в 10-20 лет может достигать 1 м. Доживает до 300-400 лет.

Кроме лиственницы Гмелина засухоустойчивостью обладают и произрастающие в Забайкалье лиственницы сибирская (*Larix sibirica*) и Чекановского (*Larix X czekanowskii*).

Лиственница сибирская крайне неприхотлива и может мириться с крайне суровыми зимними холодами и коротким периодом вегетации в лесотундре и с жарким засушливым климатом полупустынь Монголии и зайсана. Одни ее экотипы лучше переносят жару и сухость, но хуже холод, другие наоборот [3].

Вяз приземистый (*Ulmus pumila*).

Виды вяза (ильма) успешно вводят в защитные насаждения Северной Америки, Аргентины, Бразилии и Австралии. Вяз приземистый светолюбив, засухоустойчив, переносит засоление почвы. Один из основных видов для ащитного лесоразведения в условиях сухой степи и полупустыни [2].

Вяз приземистый – небольшое дерево высотой от 6 до 15 метров, естественный ареал которого простирается от гор Западного Тянь-Шаня через пустыни Монголии и Китая до Забайкалья и Дальнего Востока.

В Забайкалье вяз приземистый широко распространен, образует небольшие рощи в котловинах и на степных увалах. Его излюбленными местами обитания являются крутые южные каменистые склоны. Образует обширные заросли в составе пойменных лесов по долинам рек. Отличается нетребовательностью к влажности и плодородию почвы, переносит засоление почв,

засухоустойчив. Широко применяется в озеленении населенных пунктов, легко размножается семенами. В полезащитных полосах достигает высоты 4-7 м, а в диаметре – 10-15 см [1].

В сходных местообитаниях встречается и другой вид вяза – вяз крупноплодный (*Ulmus macrocarpa*). Весьма декоративен (мощная развесистая крона, блестящие листья, крупные плоды с крылатками), может быть использован для озеленения и закрепления сухих каменистых склонов [2].

Кустарники.

Из числа засухоустойчивых и неприхотливых к почвам кустарников можно упомянуть: абрикос сибирский (*Armeniaca sibirica*), кизильники черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*) и монгольский (*Cotoneaster mongolicus*), карагану карликовую (*Caragana pygmaea*), таволги водосборолистную (*Spiraea aquilegifolia*) и даурскую (*Spiraea dahurica*), пятилистник даурский (*Pentaphylloides davurica*), шиповник даурский (*Rosa davurica*), смородину таранушку (*Ribes diacantha*), барбарис сибирский (*Berberis sibirica*).

Растения инорайонной флоры также могут использоваться в создании защитных лесонасаждений. Например, хорошо себя зарекомендовала в посадках акация жёлтая или карагана древовидная (*Caragana arborescens*), кустарник или небольшое деревце (до 5-7 м) из семейства бобовых. Жёлтая акация растет быстро, долговечна, обильно плодоносит, светолюбива, зимостойка, засухоустойчива, к почвам не требовательна, обогащает почву азотом, легко переносит стрижку и пересадку. Размножается семенами и порослью от пня. Встречается в разреженных лесах, на опушках и каменистых склонах, по берегам рек в южной части лесной зоны в Сибири и на северо-западе Монголии. Используется для создания живых изгородей, бордюров, озеленения склонов, оврагов и водоёмов. Хороший медонос.

Многие теоретические и практические вопросы создания лесозащитных насаждений в Забайкальском крае еще не разработаны, а те, что разработаны в связи с изменением климата и результатами работ прошлых лет требуют значительной корректировки.

Важно, например, продолжить испытание видов древесных растений на пригодность их в защитных посадках с учетом конкретных экологических условий участков местности. Как известно, местность в Забайкалье отличается разнородностью даже в пределах небольших участков. Поэтому и проектирование защитных насаждений должно вестись с учетом условий конкретных небольших участков, а не в целом на сотню километров. Необходимо также рассматривать вид древесного растения на пригодность его использования в посадках с учетом его экологической разнородности (различать экотипы, формы). Для изучения экотипического разнообразия видов растений также необходимы дополнительные исследования.

Возможно, проблемы с изменением климата еще не задевают особенно остро забайкальцев, однако это дело времени. У наших соседей, в Китае, экологические проблемы обозначились видимо острее и поэтому решаются на государственном уровне. Разработаны, финансируются и осуществляются государственные программы по восстановлению лесов, созданию защитных насаждений. Там на это не жалеют денег, потому что понимают – от решения экологических проблем зависит благополучие государства.

Список литературы

1. Бобринев В.П. Ускоренное выращивание древесных пород. Новосибирск: Наука, 1987. 189 с.
2. Васильев Н.Г. Ильм. М.: Агропромиздат, 1986. 88 с.
3. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесная промышленность, 1981. 96 с.
4. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 190 с.

PROMISING WOODY PLANTS FOR FOREST RECLAMATION IN ZABAYKALSKY KRAI

Makarov V.P.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
e-mail: vm2853@mail.ru

Abstract: the possibility of use in forest reclamation of woody plants of Transbaikalian flora. Indicates the promising use of protective planted forests of *Pinus silvestris*, *Larix gmelinii*, *Ulmus pumila*, *Armeniaca sibirica*, *Cotoneaster melanocarpus* and other drought-resistant shrubs.

Keywords: forest melioration, protective plantations, drought-resistant woody plants.

ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ 1980 ГОДА ПОСАДКИ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Пак Л.Н.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: pak_lar@bk.ru*

Абстракт: Приводится анализ устойчивости и роста географических культур лиственницы 1980 года посадки, расположенных на территории Читинского лесничества Забайкальского края для последующей оценки, отбора и использования перспективных климатипов в лесоразведении данного региона. Отмечается, что устойчивые климатипы к экстремальным климатическим факторам имеют средние показатели роста; снижением сезонного роста устойчивые климатипы демонстрируют свое противостояние влиянию неблагоприятных природно-климатических факторов; выделение лучших климатипов по устойчивости и успешности роста возможно лишь в двадцатилетнем возрасте и старше.

Ключевые слова: приживаемость, сохранность, рост, географические культуры, лиственница.

На территории России среди главных лесобразующих пород лиственница занимает первое место по площади и запасу. Ее способность произрастать преимущественно в горных лесах умеренно-теплой и на равнинах умеренно-холодной зоны обусловила широкую географическую изменчивость признаков и свойств, имеющих генетическую природу и передающихся по наследству при семенном размножении. Основным методом изучения изменчивости лиственницы во всем ее ареале является создание географических культур с целью определения наиболее приспособленных и продуктивных видов и климатипов в конкретных условиях.

Плановая работа по созданию и изучению географических культур основных лесобразующих пород, в том числе и лиственницы, в нашей стране началась с 1973 г. на основании Приказа Гослесхоза СССР от 06.02. 1973 г. № 29 [1-5]. Географические культуры лиственницы в Забайкальском крае являются частью данной программы и представляют уникальный объект, не имеющий аналогов в данном регионе.

Целью настоящей работы явился анализ устойчивости и роста географических культур лиственницы в Забайкальском крае для последующей оценки, отбора и использования наиболее перспективных видов и климатипов для лесоразведения в данном регионе.

Объектом исследований явились географические культуры лиственницы, расположенные на территории Забайкальского края в Читинском лесничестве в Сивяковском участковом лесничестве, в кв. 58, выделе 15, на вырубке 1977 г. в типе леса листвяг разнотравный III класса бонитета. Общая площадь участка 14,0 га. Под географическими культурами 1980 года посадки занято всего 2,4 га.

Изучение географических культур проводилось по программе и методике, утвержденной решением Проблемного совета по лесной генетике, селекции и семеноводству от 05.04.1972 г.

Основными критериями адаптированности того или иного вида и климатипа географических культур к условиям внешней среды, в лесном хозяйстве, традиционно являются приживаемость и, особенно, сохранность культур.

Учет приживаемости, проведенный осенью, в год посадки, показал, что на фоне одинаковых экологическом условий и неблагоприятных погодных факторов у климатипов наблюдались существенные различия данного показателя. Несмотря на это, ни один из девяти климатипов не выпал полностью. Средняя приживаемость культур в год посадки составила 65,5%. Максимальная приживаемость отмечалась у лиственницы сибирской из Красноярского края Верхнее-Манского лесхоза (89,7%), а минимальная – у образца под номером 5 (4,0%). Из 9 географических образцов лиственницы, только 5 (номер 32 (73,5%), 20 б (69,9%) и 20 а (73,5%), 18 (87,7%), 25 (89,7%)) прижились лучше контрольного климатипа – лиственницы Гмелина из Забайкальского края Читинского лесхоза (68,5%).

Сохранность географических культур, проведенная осенью 1981 года, в среднем снизилась на 17,9%, наиболее ощутимо у лиственницы Сукачева из Свердловской области Ивдельского лесхоза (на 33,6%), лиственницы сибирской из Республики Горно-Алтайск Чемальского лесхоза (на 24,1%) и Республики Хакасия Бирикчульского лесхоза (на 22,3%). Сохранность лиственницы Сукачева из Ивановской области Волжского лесхоза снизилась на

2,8%. Очевидно, отрицательно сказалась сухая ветреная весна, незначительное количество осадков в первой половине лета, низкие температуры в зимнее время, резкие перепады температур в весенне-летний период, что и вызвало реакцию географических образцов на стресс. Из всех девяти климатипов в 1981 году высокая устойчивость отмечалась у лиственницы сибирской из Красноярского края Верхнее-Манского лесхоза.

Последующие учеты сохранности 1991, 2001 и 2011 годов показали на продолжающийся, с разной интенсивностью, отпад всех климатипов лиственницы.

В первые десять лет жизни географических культур процесс элиминации происходил наиболее интенсивно. В экстремальных условиях среды этому процессу были подвержены климатипы из районов с более мягким климатом и оптимальным режимом увлажнения. Так, лиственница под номером 5 к очередному учету сохранности 1991 года полностью погибла и к учету 2001 года была списана.

В двадцатилетнем возрасте, по-прежнему, наиболее устойчивыми оставались два климатипа – без номера (местный) и под номером 25. Наибольший отпад отмечался у лиственницы Сукачева из Свердловской области Ивдельского лесхоза (3,6%).

Учет последнего года показал на незначительное снижение сохранности (на 0,2-1,4%) в целом по всем климатипам, лишь у местного образца (без номера) отпад составил 2,4%. Учитывая, что значительных изменений сохранности не происходит (наблюдается некоторая стабилизация этого показателя у большинства климатипов), еще в двадцатилетнем возрасте можно сделать прогноз устойчивости лиственницы разного географического происхождения.

В десятилетнем возрасте различия в росте климатипов по высоте значительно колебались (от 188 до 307 см), средняя высота составила 226 см. Наибольшую высоту при хорошей сохранности имела лиственница Гмелина из Забайкальского края Читинского лесхоза. Близким к лучшим показателям роста по высоте был климатип лиственницы Сукачева из Свердловской области Ивдельского лесхоза.

В двадцатилетнем возрасте наблюдалось увеличение темпов роста у лиственницы Чекановского из Забайкальского края Читинского лесхоза (на 745 см), лиственницы сибирской из Красноярского края Верхнее-Манского лесхоза (на 660 см) и Республики Хакасия Октябрьского лесхоза (на 594 см). Наибольший общий рост по высоте отмечался у климатипа лиственницы Чекановского из Забайкальского края Читинского лесхоза. Незначительно уступали ему два климатипа – местный образец (без номера) и номер 25.

За последние десять лет у климатипа лиственницы Чекановского из Забайкальского края Читинского лесхоза рост в высоту увеличился всего на 180 см. Хотя в целом среди климатипов данный образец по общей высоте занимает лидирующее положение. Аутсайдером среди всех климатипов за последние двадцать лет по общей высоте является климатип лиственницы сибирской из Республики Горно-Алтайск Чемальского лесхоза. В целом за тридцать лет жизни географические культуры лиственницы по высоте росли хорошо.

Комплексно оценивая тридцатилетние географические культуры лиственницы 1980 года посадки, можно сказать, что: устойчивые климатипы к экстремальным климатическим факторам имеют средние показатели роста; снижением сезонного роста устойчивые климатипы демонстрируют свое противостояние влиянию неблагоприятных природно-климатических факторов; выделение лучших климатипов по устойчивости и успешности роста возможно лишь в двадцатилетнем возрасте и старше. В первые 10-15 лет после посадки географических культур, вышеуказанные показатели остаются нестабильными.

Список литературы

1. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае. Чита: Поиск, 2011. С. 492.
2. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Рост 30-летних географических культур лиственницы в Читинской области // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. Москва: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. N 6. С. 38-42.
3. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Географические культуры лиственницы в Читинской области // Лесное хозяйство. 2007. N 2. С. 24-26.
4. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Интродукция древесных растений в Восточном Забайкалье. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2002. С. 217.

5. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Динамика роста географических культур лиственницы в Забайкальском крае // Уральский научный вестник. 2014. № 25 (104). – С. 37-44.

SELECTION OF PROMISING CLIMATYPES OF LARCH IN GEOGRAPHICAL CULTURES OF THE 1980 PLANTING IN ZABAYKALSKY KRAI

Pak L.N.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: pak_lar@bk.ru

Abstract: the analysis of the stability and growth of geographical cultures of larch 1980 landing, located on the territory of Chita in Zabaykalsky Krai forestry for later evaluation, selection and use of promising regions in the afforestation of the region. It is noted that the sustainable regions to extreme climatic factors are the average growth rate; a decrease in the seasonal growth sustainable climatetypes demonstrate their opposition to the influence of adverse natural-climatic factors; highlighting the best climatetypes for the sustainability and success of growth is possible only at the age of twenty and older.

Keywords: survival, preservation, growth, geographical culture, larch.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Помазкова Н.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: naste2@yandex.ru*

Абстракт: Дается оценка эколого-хозяйственного состояния территории Забайкальского края по соотношению основных категорий землепользования, характеризующихся различной степенью антропогенной нагрузки. Определен коэффициент естественной защищенности территории и проанализированы причины дифференциации показателей по территории.

Ключевые слова: эколого-хозяйственный баланс, антропогенная нагрузка, Забайкальский край.

Структура землепользования как пространственно-временная категория отражает исторические, политические, экологические аспекты природопользования региона.

Специфика ландшафтно-географических условий землепользования Забайкальского края определяется расположением территории в центре азиатского региона в условиях резко континентального климата и горно-котловинного рельефа. Ширина водоразделов, на большей части территории, превосходит ширину депрессий в три-пять раз. Всего на территории Забайкальского края расположено примерно 60 наиболее протяженных хребтов и 24 крупных впадины байкальского, забайкальского и гобийского типов.

Общая площадь Забайкальского края в административных границах составляет 431891,7 км². Основу земельного фонда составляют земли лесного фонда 73,7%, это земли, покрытые преимущественно светлохвойными лиственничными и сосновыми лесами и участки, не покрытые лесной растительностью, но предназначенными для её восстановления (вырубки, гари, участки, занятые питомниками т.п.). Наибольшая доля земель лесного фонда в Могочинском (92,8%), Тунгокоченском (90,9%), Красночикойском (90,6%), Петровск-Забайкальском (89%), Газимуро-Заводском (86%) районах края [5].

Второе место по площади занимают земли сельхозназначения. По данным на 01.01.2014 г. в структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни составила 481 тыс. га, залежи – 949,8 тыс. га, многолетних насаждений – 5,7 тыс. га, сенокосов – 1727,9 тыс. га, пастбищ – 4481,2 тыс. га. На протяжении последних 20 лет в составе земель уменьшается доля пашни, увеличивается доля залежи и пастбищ (по сравнению с 1980 годом площадь пашни сократилась в 5,8 раза).

От структуры землепользования зависит распределение и перераспределение нагрузок на территорию и, в конечном счете, устойчивость территории к антропогенному вмешательству, оценить соответствие структуры землепользования и сбалансированности сложившейся структуры можно используя методику расчета эколого-хозяйственного баланса.

Эколого-хозяйственный баланс (ЭХБ) – это сбалансированное соотношение различных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества [1].

Для анализа эколого-хозяйственной ситуации в пределах Забайкальского края нами была использована методика, разработанная в Институте географии Кочуровым Б.И. и Ивановым Ю.Г. [1, 2]. Эта методика была апробирована на ряде регионов России [2, 3].

Для определения ЭХБ территории используются следующие характеристики: соотношение земель по видам и категориям, площадь земель по видам и степени антропогенной нагрузки, напряженность эколого-хозяйственного состояния территории, напряженность эколого-хозяйственного состояния, естественная защищенность территории, экологический фонд территории.

Анализ структуры землепользования проводится на основе классификационных единиц земельного кадастра (форма статистической отчетности № 22). Для определения степени антропогенной нагрузки (АН) вводятся экспертные балльные оценки. Каждый вид земель получает соответствующий балл, после чего земли объединяются в однородные группы. Данная

методика позволяет вводить свои критерии при ранжировании антропогенной нагрузки в зависимости от конкретной территории.

По степени антропогенной нагрузки выделено 6 градаций земель. Самый высокий балл антропогенной нагрузки (АН₆) получили земли промышленности, транспорта, связи, обороны и пр., нарушенные земли, полигоны отходов, свалки. Самый низкий – земли природоохранного назначения и неиспользуемые земли (табл. 1). Учитывая негативное воздействие пастбищной нагрузки (пастбищная дегрессия) по сравнению с сенокосами им присвоены различные индексы антропогенной нагрузки. Для земель лесного фонда присвоена средняя степень нагрузки т.к. последние десятилетия леса края подвергались интенсивным вырубкам и пожарам, вследствие этого сильно нарушены [4].

Таблица 1

Классификация земель по степени антропогенной нагрузки (АН) по категориям земель на основе классификационных единиц Земельного кадастра Забайкальского края

| Категория земель | Балл | АН |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------|
| Земли промышленности, транспорта, связи, обороны и пр., нарушенные земли, полигоны отходов, свалки | 6 | Высшая |
| Земли городских поселений | 5 | Очень высокая |
| Пашни, земли сельских поселений | 4 | Высокая |
| Многолетние насаждения, пастбища, рекреационные земли, земли лесного фонда | 3 | Средняя |
| Сенокосы, залежь, земли под лесами, не используемые для рубок, земли запаса, оленьи пастбища | 2 | Низкая |
| Земли ООПТ и неиспользуемые земли, земли водного фонда | 1 | Очень низкая |

Пашни и земли сельских поселений объединены в одну категорию, т.к. сельские поселения представляют в своем большинстве одноэтажную застройку деревянными домами и население сельских населенных пунктов занято либо в сельском хозяйстве, либо огородничеством.

Определенную сложность вызывает выявление земель ООПТ, т.к. большинство региональных ООПТ организовано без изъятия земель и фактически в структуре землепользования не отражено, т.к. заказники регионального значения, как правило, располагаются на землях лесного и водного фондов. Таким образом, в данном исследовании, земли ООПТ представлены землями охраняемых территорий федерального значения.

Оценить напряженность эколого-хозяйственной ситуации территории можно с помощью предложенных авторами трех количественных показателей: коэффициентов абсолютной (Ка) и относительной (Ко) напряженности, т.е. отношения площади земель с высокой АН к площади с более низкой АН и коэффициента естественной защищенности земельного фонда (Кез) [1].

Нами были проведены расчеты, анализ распределения коэффициентов показал зоны наиболее напряженной ситуации (табл. 2). В целом коэффициент абсолютной напряженности для районов Забайкальского края сильно варьирует от 0,04 до 11,36, считается, что при Ка более 0,5 экологическое состояние характеризуется как напряженное. По этому показателю наиболее неблагоприятная обстановка складывается в Оловянинском, Читинском, Забайкальском, Могойтуйском, Калганском, Петровск-Забайкальском районах края. Сбалансированная ситуация наблюдается в большинстве районов Забайкальского края, это связано с тем, что большинство районов не предоставляют для учета информацию о нарушенных землях. Высокие значения в указанных выше районах связаны с отсутствием на их территории земель ООПТ, включенных в государственный кадастр земель.

Коэффициент относительной напряженности более показателен, т.к. при его расчете используются значения по всем типам земель. В Забайкальском крае значения этого показателя колеблется от 0,005 до 0,23, что является очень низким показателем по сравнению с другими регионами России (например, в Мордовии колеблется от 0,8 до 48,6; а в Волгоградской области – от 1,7 до 8,1; в Воронежской – от 1,5 до 33,5). В целом это объясняется наличием больших массивов лесов, меньшей заселенностью и интенсивностью сельскохозяйственной деятельности в регионе, а так же недостаточным учетом и отражением нарушенных земель в ведомственных документах. Эколого-хозяйственная напряженность в Забайкалье возрастает в Приаргунском, Могойтуйском, Краснокаменском районах.

Коэффициенты эколого-хозяйственного баланса районов Забайкальского края

| № | Название района | Ка | Ко | Кез |
|----|------------------------|-------|-------|------|
| 1 | Агинский | 1,01 | 0,095 | 0,59 |
| 2 | Акшинский | 0,45 | 0,014 | 0,62 |
| 3 | Алек-Заводский | 0,61 | 0,023 | 0,64 |
| 4 | Балейский | 0,84 | 0,035 | 0,63 |
| 5 | Борзинский | 0,39 | 0,062 | 0,63 |
| 6 | Газимуро-Заводский | 0,38 | 0,005 | 0,61 |
| 7 | Дульдургинский | 0,04 | 0,052 | 0,66 |
| 8 | Забайкальский | 3,6 | 0,034 | 0,65 |
| 9 | Калганский | 1,97 | 0,091 | 0,64 |
| 10 | Карымский | 1,36 | 0,050 | 0,60 |
| 11 | Краснокаменский | 2,81 | 0,17 | 0,60 |
| 12 | Красночикойский | 0,29 | 0,008 | 0,60 |
| 13 | Кыринский | 0,03 | 0,006 | 0,64 |
| 14 | Могойтуйский | 2,74 | 0,12 | 0,58 |
| 15 | Могочинский | 0,09 | 0,009 | 0,67 |
| 16 | Нерчинский | 1,35 | 0,074 | 0,63 |
| 17 | Нерчинско-Заводский | 1,74 | 0,034 | 0,62 |
| 18 | Оловянинский | 11,36 | 0,095 | 0,60 |
| 19 | Ононский | 0,22 | 0,019 | 0,65 |
| 20 | Приаргунский | 0,26 | 0,23 | 0,62 |
| 21 | Петровск-Забайкальский | 1,97 | 0,027 | 0,60 |
| 22 | Сретенский | 0,26 | 0,014 | 0,61 |
| 23 | Улетовский | 0,56 | 0,012 | 0,61 |
| 24 | Хилокский | 0,47 | 0,020 | 0,61 |
| 25 | Чернышевский | 1,31 | 0,029 | 0,62 |
| 26 | Читинский | 6,38 | 0,024 | 0,52 |
| 27 | Шелопугинский | 1,36 | 0,014 | 0,62 |
| 28 | Шилкинский | 1,60 | 0,063 | 0,64 |
| 29 | Каларский | 0,01 | 0,005 | 0,81 |
| 30 | Тунгокоченский | 0,04 | 0,147 | 0,59 |
| 31 | Тунгиро-Олекминский | 0,23 | 0,022 | 0,65 |

О сохранении на территории средостабилизирующих свойств говорит коэффициент естественной защищенности. В Забайкальском крае коэффициент естественной защищенности показывает довольно ровную картину. Значение коэффициента менее 0,5 свидетельствует о критическом уровне защищенности, а чем выше значение, тем выше защищенность и соответственно устойчивость территории. Не высокие значения (не выше 0,65) этого коэффициента связаны с тем, что лесные земли, при расчете, нами были включены в категорию АН₃ по степени антропогенной нарушенности. Наиболее высокие показатели Кез в Каларском, Могочинском, Дульдургинском, Тунгиро-Олекминском районах.

Проведенный анализ показал на большей территории Забайкалья низкий уровень эколого-хозяйственной напряженности, естественная защищенность характеризуется нарушенными средоформирующими функциями, в результате ухудшения состояния естественных лесов (пожары, вырубки) и отсутствия охраняемых земель в ряде районов края. Для ряда районов (Оловянинский, Приаргунский, Краснокаменский, Читинский, Могойтуйский, Забайкальский) можно рекомендовать изменения в структуре землепользования, в сторону увеличения площади охраняемых территорий, сенокосов, лесополос и парковых зон.

Список литературы

1. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: СГУ, 1999. 154 с.
2. Кочуров Б.И. Иванов Ю.Г. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района // География и природные ресурсы. 1987. №4. С. 49-54.

3. Меркулов П.И., Варфоломеев А.Ф., Меркулова С.В., Люгзаев А.В., Сайгушкина Т.А Анализ структуры землепользования республики Мордовия // Юг России: экология, развитие. Серия: Геоэкология. 2003. №3. С. 77-84.

4. Пак Л.Н. Бобринев В.П. Динамика лесных ресурсов Забайкальского края (по материалам лесоустройства и учета лесного фонда в 1961 по 2011 гг.) // Растительные ресурсы. 2014. №3. С. 453-458.

5. Помазкова Н.В. Земельные ресурсы и современные проблемы землепользования Забайкальского края // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. №1. С. 453-458.

ANALYSIS OF LAND USE STRUCTURE OF THE TERRITORY OF ZABAYKALSKY KRAI

Pomazkova N.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: naste2@yandex.ru

Abstract: The article is devoted to the complex estimation of ecological-economic balance of the territory of Zabaykalsky krai. The coefficient of natural security of the territory is determined and the reasons of differentiation of indicators on the territory are analyzed.

Keywords: ecological-economic balance, anthropogenic pressures, Zabaykalsky krai.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДИСПЕРСНОГО ЛЬДА

Федосеева В.И.^{1,2}, Аянитова Т.М.¹, Федосеев Н.Ф.¹

¹Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

²Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия
e-mail: vifgoreva@gmail.com

Абстракт: Проведены сорбционные эксперименты с дисперсным льдом, который контактирует с водным раствором фонового электролита (хлорид калия), содержащим муравьиную, уксусную, монохлоруксусную или орто-бромбензойную кислоту, при температуре -3°C . Формы изотерм сорбции для всех кислот подобны и могут быть обусловлены тем, что при малых концентрациях молекулы кислоты переходят из раствора в жидкоподобную пленку льда. С ростом концентрации происходит адсорбция органической кислоты на поверхности частиц льда, что, предположительно, может ограничивать участие жидкоподобной пленки в миграции неорганических соединений в естественных условиях.

Ключевые слова: лед, жидкоподобная пленка, сорбция, адсорбция, органические кислоты.

Лед в природных условиях, в том числе и дисперсный, встречается часто. Он представлен в многолетнемерзлых породах, снеге, других гляциальных системах. Интервал температур его существования достаточно близок к температуре его плавления. Издавна считалось, что поверхность границы раздела льда с другими, контактирующими с ним, фазами, обладает «необычными» свойствами.

Эта «необычность» долгое время наблюдалась, но не получала количественного описания. Наконец, в 70-е годы прошлого столетия с применением метода ядерного магнитного резонанса было показано наличие разупорядоченного слоя на границе льда с воздухом, с гидрофобным фторопластом, с гидрофильными твердыми веществами. Авторами [4] было установлено, что молекулы воды в этом слое обладают подвижностью, на много порядков превышающей подвижность молекул воды в твердой фазе и лишь на порядок меньшей, чем в объемной воде. Такие характеристики позволили предположить, что разупорядоченный, так называемый жидкоподобный слой, способен проявлять растворяющие свойства по отношению к растворимым в воде веществам и, вследствие этого, способный принимать участие в миграции этих веществ в природных условиях.

Изучение закономерностей проявления жидкоподобной пленки в природных процессах возможно при проведении лабораторных исследований с применением подходящих физико-химических методов. Результаты таких исследований могут составить теоретическую базу, которая позволит более корректно интерпретировать закономерности формирования геохимических ореолов рассеяния растворимых химических веществ от источников природного или техногенного происхождения. Хотя наблюдения геохимиков уже позволяли судить об участии льда в миграции химических веществ в гляциальных системах, однако природа таких процессов не была изучена.

Сорбционные свойства дисперсного льда при взаимодействии его с растворами хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов впервые исследовались в 1974 г. [2]. Первые экспериментальные результаты систематического изучения растворяющих свойств жидкоподобной пленки льда были получены нами в 1980-1981 гг. и приведены в полном объеме в работе [1]. Ожидалось, что в этих экспериментах должны были проявляться свойства собственно жидкоподобной пленки, так как частицы льда взаимодействовали с растворами органических соединений в гидрофобном органическом растворителе. Среди опробованных веществ наиболее сильная сорбция льдом наблюдалась для низкомолекулярных спиртов и карбоновых кислот. Специфика их поведения заключалась в том, что им свойственны высокие значения коэффициента распределения между водой и гидрофобным растворителем [3]. Таким образом, стало очевидным, что в таких системах жидкоподобная пленка льда проявляет растворяющие свойства, поэтому стоило ожидать ее участия в миграции веществ в природных условиях, где главной средой миграции является вода и водные растворы в разных температурных условиях.

Целью настоящей работы является изучение сорбционного взаимодействия с дисперсным льдом муравьиной, уксусной кислот, которые нередко присутствуют в природной

обстановке, а также монохлоруксусной и орто-бромбензойной кислот из водных растворов с фоновым электролитом KCl.

В качестве дисперсного льда использовались образцы снега, отобранные с подветренной стороны в конце длительного обильного снегопада. Для достижения термодинамического равновесия образцы длительно выдерживались в температурных условиях эксперимента. опыты проводились в естественных условиях в подземной лаборатории Института мерзлотоведения. Температура на момент исследований составляла минус 3 °С и немного ниже. Фоновый электролит KCl имел концентрацию, соответствующую данной температуре согласно фазовой диаграмме соль – вода [3]. Концентрации используемых кислот, на несколько порядков меньшие концентрации основного электролита, предположительно, не должны были сказаться на общем равновесии: лед – переходная жидкоподобная пленка – водный раствор.

Приготовленные растворы (контрольный и исследуемый по 25 мл) выдерживались для достижения температурного равновесия с окружающей средой в течение четырех часов. Затем для достижения термодинамического равновесия в системах в оба раствора каждой концентрации кислоты опускались заранее заготовленные льдинки массой 5 г. После выдерживания в течение суток в исследуемые растворы добавлялась навеска образца снега (6 г). По истечении еще суток растворы отделялись ото льда и анализировались на содержание кислоты. Концентрация кислот определялась титрованием методом нейтрализации. Сорбированное количество кислот (Γ) рассчитывалось по разнице концентраций (ΔC) в контрольном и исследуемом растворах с учетом объема (V) раствора и навески снега (m): $\Gamma = (\Delta C \cdot V) / (1000 \cdot m)$.

Изотермы сорбции исследованных кислот показаны на рис.1. Как видно из рисунка, относительная форма кривых сорбции одинакова для всех кислот: S-образное начало с последующим выходом на так называемое «плато». Убыль вещества в растворе при контакте его со льдом свидетельствует о том, что на границе лед – раствор происходят определенные физико-химические процессы. По S-образной форме в начале кривых можно предполагать, что, во-первых, вещество растворяется в переходной пленке поверхности льда, и, во-вторых, такое же начало могут иметь кривые адсорбции, если вещество испытывает более сильное влияние компонентов раствора по сравнению с активными центрами на поверхности частиц. Наконец, наличие на кривых сорбции «плато» дает основание считать, что с ростом равновесной концентрации вещества на границе раздела формируется монослой адсорбированных молекул кислот. Адсорбция веществ может происходить за счет взаимодействия полярных групп молекул кислот с гидроксильными группами на поверхности частиц льда.

Анализ соотношения каких-либо характеристик молекул кислот, имеющих в справочной литературе, пока не позволяет однозначно интерпретировать полученные данные. Из общетеоретических соображений можно сказать, что на результат взаимодействия при одинаковых термодинамических условиях могут оказывать влияние сила кислоты, растворимость в воде и концентрированных растворах солей, способность молекул кислот образовывать межмолекулярные связи как между собой, так и с активными центрами поверхности частиц льда и т.п. По-видимому, растворимость органических кислот в растворе фонового электролита, контактирующем со льдом, должна быть заметно ниже, чем в воде из-за так называемого «высаливающего» эффекта, понижающего растворимость органических веществ. Результат такого влияния может быть различным для разных веществ, то есть, должен быть обусловлен их химической природой.

Имеющийся массив сорбционных данных приводит к заключению, что, оценивая степень участия жидкоподобной пленки льда в миграционных процессах в естественных условиях, следует иметь в виду, что органические вещества, способные к взаимодействию с жидкоподобной пленкой и адсорбции на поверхности частиц льда, могут тем самым влиять на характер этих процессов. Адсорбируясь, такие вещества способны ограничивать поступление в пленку мигрирующих химических форм элементов-индикаторов полезных ископаемых или растворимых веществ от источника антропогенного загрязнения. Накопление фактического материала по изучению взаимодействия с поверхностью дисперсного льда разных веществ, сопровождающемуся изменением компонентного состава растворов, температуры и т.п., позволит получить корректно обоснованные выводы.

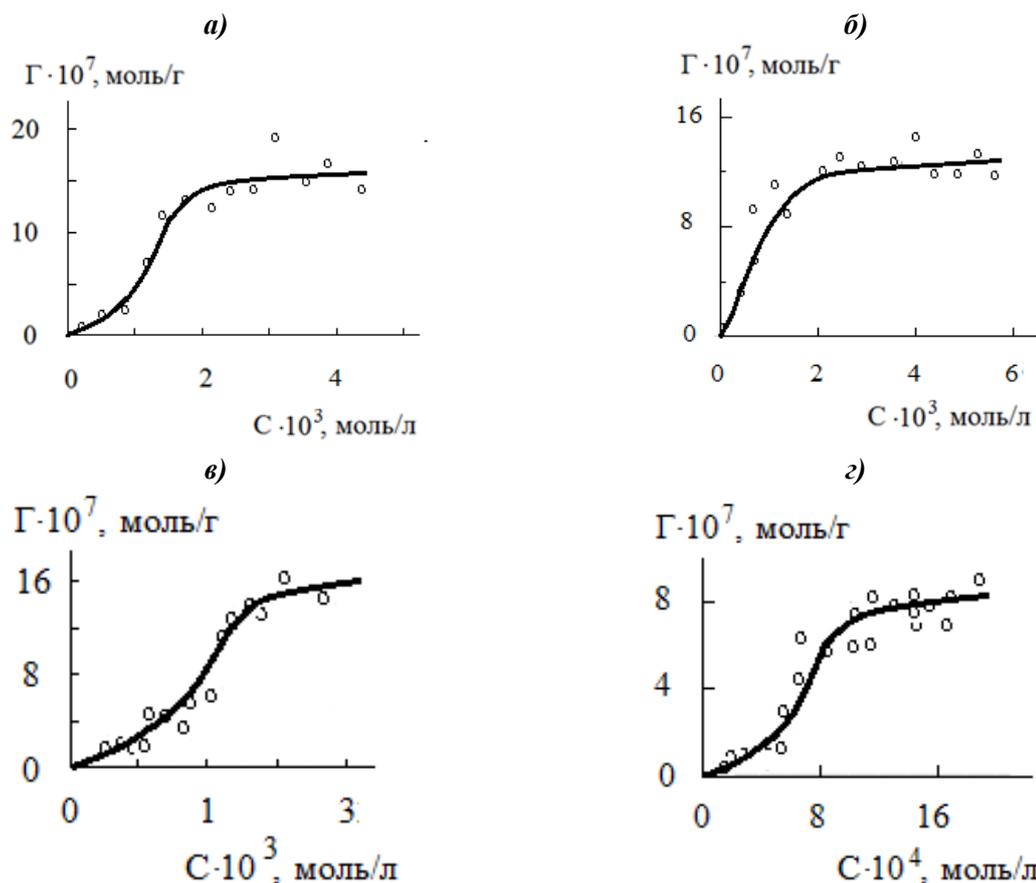


Рис. 1. Изотермы сорбции на льду муравьиной (а), уксусной (б), хлоруксусной (в), о-бромбензойной (з) кислот при температуре -3 (а, б), -3,6 (в), -3,4 °С (з).

Список литературы

1. Макаров В.Н., Федосеева В.И., Федосеев Н.Ф. Геохимия снежного покрова Якутии. Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1990. 148 с.
2. Нечаев Е.А., Иванов И.А. // Коллоид. журн. 1974. Т. 36. № 3. С. 583-584.
3. Справочник химика. Т. III. М.-Л.: Химия, 1965. 1008 с.
4. Ушакова Л.А. ЯМР дисперсного льда. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: МГУ, 1975. 24 с.

INTERACTION OF SOME CARBOXYLIC ACIDS WITH DISPERSED ICE SURFACE

Fedoseeva V.I.^{1,2}, Ayanitova T.M.¹, Fedoseyev N.F.¹

¹Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

²North-Eastern Federal University., Yakutsk, Russia

e-mail: vifgoreva@gmail.com

Abstract: Sorption experiments are conducted with dispersed ice which is in contact with an aqueous solution of a supporting electrolyte (potassium chloride) containing formic, acetic, monochloroacetic or ortho-bromobenzoic acid, at a temperature of -3,n °C. The forms of sorption isotherm are similar for all the acids and may be due to the fact that the acid molecules move from a solution to the liquid-like film of ice at low concentrations. Adsorption on the surface of dispersed particles of ice occurs with increasing concentration of the organic acid, and this is believed to limit participation of the ice liquid-like film in migration of inorganic compounds in natural conditions.

Keywords: ice, liquid-like film, sorption, adsorption, organic acids.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОСУНГУЛИТА

Федосеева В.И.^{1,2}, Иванова Т.К.³, Дрогобужская С.В.³, Кременецкая И.П.³

¹Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

²Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

³Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья

им. И.В. Тананаева КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

e-mail: vifgoreva@gmail.com

Абстракт: Исследован процесс взаимодействия магнезиально-силикатного реагента на основе серпентиновых минералов с раствором сульфата никеля в открытой и закрытой системах методами экспериментального и термодинамического моделирования. Предложена схема трансформации во времени осажденных никельсодержащих фаз.

Ключевые слова: магнезиально-силикатный реагент, серпентиновые минералы, никель, термодинамическое моделирование.

Процессы рассеяния соединений тяжелых металлов (ТМ) в природной среде привели к образованию техногенных ландшафтов, водные объекты и почвы которых являются источниками вторичного неконтролируемого загрязнения гидросферы. Нередко единственным способом локализации такого загрязнения является снижение геохимической подвижности ТМ благодаря образованию устойчивых в гипергенных условиях соединений. В качестве активной матрицы предложен магнезиально-силикатный реагент, получаемый при термоактивации серпентиновых минералов. Отмечалось, что при взаимодействии реагента с растворами ТМ в начале происходит повышение рН в результате высвобождения и реализации щелочного потенциала реагента (MgO), затем ряд ТМ образует труднорастворимые силикаты. В этом случае для никеля равновесная концентрация в растворе должна составлять 0,01-0,02 мг/л (рН 8,2-8,5), что сопоставимо с нормативными требованиями для рыбохозяйственных водоемов. Предложение реагента для очистки природно-антропогенных водных объектов предполагает предварительное изучение процесса трансформации образующихся фаз под влиянием меняющихся условий на систему реагент – раствор ТМ.

Целью работы является обоснование корректного применения магнезиально-силикатного реагента для очистки водного объекта с высоким содержанием никеля при переходе от зимней межени к половодью с использованием экспериментального и термодинамического моделирования системы $\text{NiSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2$.

Эксперименты выполнены с использованием серпентинового минерала лизардита – основного компонента сунгулита (вскрышные породы ковдорского месторождения флогопита, Мурманская обл.). Мольное соотношение $\text{Mg}/\text{Si} = 1,3$ указывает на отсутствие не силикатных соединений магния [1]. Согласно данным [1] весь магний сунгулита должен входить в состав серпентинового минерала.

Эксперименты проводили методом отдельных навесок. Растворы различной концентрации никеля с добавлением 0,2 г реагента выдерживали в течение 1, 14, 30, 45, 60 суток. При температуре опыта определяли рН полученной суспензии. Полученный после фильтрования раствор (размер пор мембран 0,045 мкм) подкисляли и анализировали на содержание никеля, выборочно – магния, кальция, кремния. Температура при проведении опытов составляла 0°C (морозильная камера). Для моделирования открытых к атмосфере систем использовали прикрытые (во избежание случайного загрязнения) листами бумаги полипропиленовые стаканы. Изучение закрытых систем проводили в полипропиленовых сосудах с плотно закручивающимися крышками. Растворы готовили из сульфата никеля (х.ч.) и дистиллированной воды.

Термодинамическое моделирование выполняли с использованием пакета программ HCh [2]. О составе новообразованных фаз судили по соответствию экспериментально полученной зависимости $C(\text{Ni})=f(\text{pH})$ результатам термодинамических расчетов для никельсодержащих фаз

– гидроксида никеля и метасиликата никеля. При расчетах учитывали возможность образования соединений магния, таких как брусит и энстатит (метасиликат).

Установлено, что экспериментальная зависимость $C(\text{Ni})=f(\text{pH})$ вследствие трансформации состава осажденных фаз претерпевает изменения во времени. В открытой системе изменения более существенны, чем в закрытой. Это является следствием поглощения из атмосферного воздуха углекислого газа с подкислением среды и последующим влиянием этого на процесс трансформации осажденных компонентов.

При анализе изменений в системах рассматривались только данные экспериментов с длительностью 1 и 60 суток, отражающие, соответственно, быстрые и медленные процессы преобразования. По результатам, представленным на рис. 1, можно отметить, что вся совокупность экспериментальных данных укладывается в пределы, ограниченные возможностью существования $\text{Ni}(\text{OH})_2$ и NiSiO_3 .

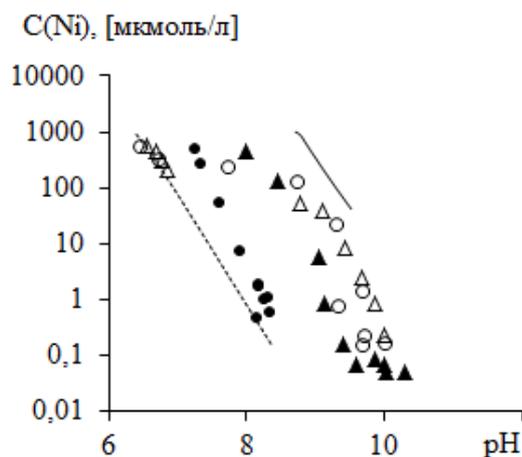


Рис. 1. Зависимость концентрации никеля в растворе от pH осаждения при температуре 0°C в системе $\text{NiSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2$, выдержанной в закрытом (Δ , \blacktriangle) и открытом режиме (\circ , \bullet) в течение 1 (\circ , Δ) и 60 суток (\bullet , \blacktriangle). Приведены данные расчета системы для осажденных фаз $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (—) и NiSiO_3 (-----).

Экспериментальные данные для открытой и закрытой систем, выдержанных одни сутки, практически совпадают. По-видимому, в данных условиях механизмы осаждения никеля идентичны. При $\text{pH} \geq 9$ результаты близки к теоретической зависимости для $\text{Ni}(\text{OH})_2$, при pH ниже 7 – NiSiO_3 . Отметим, что при высоких значениях pH возможно соосаждение гидроксидов никеля, магния [3], при меньших – сорбция ионов никеля активным кремнеземом с образованием силиката никеля [4].

Состав осажденной фазы в открытой системе, выдержанной в течение 60 суток, приближается к составу метасиликата никеля. По-видимому, подкисление системы приводит к частичному растворению осадка гидроксида никеля с последующим образованием менее растворимого соединения. В закрытой системе процесс трансформации первичного осадка идет гораздо медленнее, поэтому в закрытых условиях зимней межени создаются условия для формирования фазы, промежуточной между двойным гидроксидом магния, никеля и силикатом никеля. Отклонение результирующей кривой от расчетной для NiSiO_3 (см. рис. 1), по-видимому, обусловлено формированием смешанного магний-никелевого силиката, который должен обладать большей растворимостью по сравнению с силикатом никеля.

Анализ изменения величины отношения Mg/Si и $(\text{Mg}+\text{Ni})/\text{Si}$ (моль/моль) в осадке в зависимости от соотношения Ni/Mg в системе при различной продолжительности взаимодействия показал, что по мере приближения системы к состоянию метастабильного равновесия наблюдается образование соединения, близкого по составу к метасиликату с соотношением $(\text{Mg}+\text{Ni})/\text{Si}=1$. Таким образом, не весь условный MgO в составе реагента расходуется на подщелачивание раствора. Заметная его часть превращается в силикат магния. Это следует учитывать при определении расхода реагента, необходимого для поддержания уровня pH осаждения никеля.

Важным является изучение процессов, протекающих при переходе системы от закрытой к открытой. В данном случае необходимо поддерживать постоянным содержание в системе магниезильного компонента, внесенного в водный объект в составе реагента. «Открытие» системы в период половодья при неизменном отношении Mg/Ni приведет к резкому снижению pH (рис. 2а), росту на порядок и более концентрации никеля в растворе (рис. 2б). Для снижения последней ниже предельно допустимой для рыбохозяйственных водоемов (0,01 мг/л) реагент следует брать в соответствии с соотношением $Mg/Ni \geq 50$.

Наблюдаемое расхождение теоретических и экспериментальных зависимостей pH и концентрации никеля от отношения Mg/Ni можно объяснить частичным связыванием магния в силикатное соединение. Кроме этого, из-за отсутствия данных для вещества магниезильно-силикатного реагента при проведении расчетов использовались термодинамические характеристики индивидуальных фаз – магнезии MgO и аморфного SiO₂.

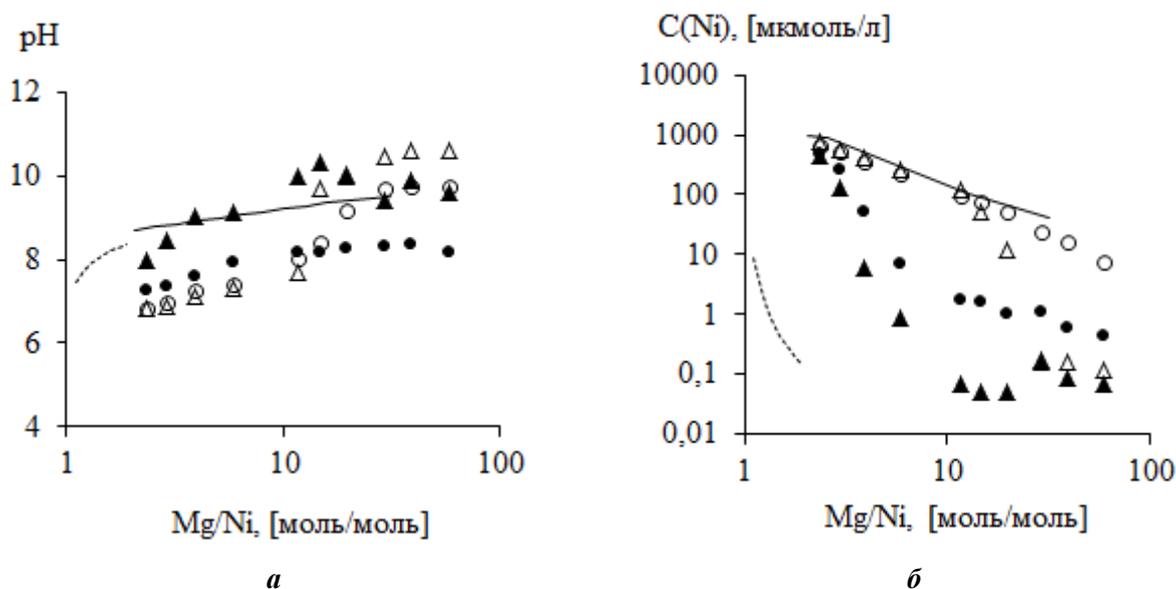


Рис. 2. Зависимость pH (а) и концентрации никеля (б) в растворе при температуре 0°C от мольного отношения Mg/Ni в системе NiSO₄ – H₂O – MgO – SiO₂ – CO₂, выдержанной в закрытом (△ ▲) и открытом режиме (○ ●) в течение 1 (○, △) и 60 суток (●, ▲). Показаны также данные расчета системы для осажденных фаз Ni(OH)₂ (—) и NiSiO₃ (-----).

Результаты исследования процесса взаимодействия магниезильно-силикатного реагента на основе серпентиновых минералов с раствором сульфата никеля в открытой и закрытой системе методами экспериментального и термодинамического моделирования показали, что равновесие между раствором и осажденной фазой является подвижным. Для иммобилизации никеля в силикатной матрице требуется корректировать расход реагента, исходя из условий, реализуемых в открытых системах. Предложена схема трансформации во времени осажденных никельсодержащих фаз.

Список литературы

1. Зулумян Н.О., Папачхян Л.Р., Терзян А.М., Бегларян А.А., Исаакян А.Р. Структурные особенности силикатных сеток серпентинов // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. №2. С. 235-240.
2. Шваров Ю.В. NCh: Новые возможности термодинамического моделирования геохимических систем, предоставляемые Windows // Геохимия. 2008. № 8. С. 898-903.
3. Кременецкая И.П., Корытная О.П., Васильева Т.Н., Беляевский А.Т., Бубнова Т.П. Особенности получения и применения фракционированного магниезильно-силикатного реагента // Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85. № 10. С. 1553-1561.
4. Сигналов И.Н., Душина А.П. Взаимодействие поликремневой кислоты с ионами никеля в водных растворах // Журнал прикладной химии. 1973. Т. XLVI. вып. 8. С. 1643-1647.

**PHYSICO-CHEMICAL STUDY ON THE POTENTIAL USE OF THERMOSUNGULIT
TO REMOVE HEAVY METALS FROM POLLUTED WATERS**

Fedoseeva V.I.^{1,2}, Ivanova T.K.³, Drogobuzhskaya S.V.³, Kremenetskaya I.P.³

¹Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

²North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

*³Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials,
KSC RAS, Apatity, Russia*

e-mail: vifgoreva@gmail.com

Abstract: The process of interaction between magnesium-silicate reagent on basis of the serpentine minerals with nickel sulphate solution is investigated in an open and closed systems by experimental and thermodynamic modeling. The scheme of transformation of the precipitated nickel containing phases over time is proposed.

Keywords: magnesium-silicate reagent, serpentine minerals, nickel, thermodynamic modeling.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОГЕННЫХ ВОДАХ ВОЛЬФРАМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чечель Л.П., Замана Л.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: lpchechel@mail.ru*

Абстракт: Представлены результаты исследований распределения редкоземельных элементов в техногенных водах четырех вольфрамовых месторождений расположенных в Забайкальском крае. Наиболее высокие концентрации изучаемых компонентов зафиксированы в водах сульфидных месторождений. Показано общее для исследованных вод превышение сумм легких лантаноидов над тяжелыми, выявлены аномалии по европию и церию.

Ключевые слова: вольфрамовые месторождения, техногенные воды, редкоземельные элементы.

В настоящее время имеется достаточно большое число работ, как зарубежных, так и российских ученых, посвященных распространению редкоземельных элементов (РЗЭ) в поверхностных и подземных водах, формирующихся в естественных условиях (Elderfiel, 1990; Leyborne, 2008; Борзенко, 2015; Гусева и др., 2015; Дубинин, 2004 и др.), тогда как остаётся недостаточно изученным поведение РЗЭ и закономерности их фракционирования в условиях техногенеза. В России отдельные стороны этой проблемы рассматриваются в работах исследователей Приморья и Урала (Вах, 2013; Табаксблат, 2010; Чудаева, Чудаев, 2011 и др.) на примере рудничных вод угольных, полиметаллических, редкометалльных и золоторудных месторождений.

Исследованию особенностей химического состава дренажных стоков вольфрамовых месторождений Восточного Забайкалья посвящен целый ряд публикаций авторов данной работы (Замана, 2000, 2004; 2005, 2014; Чечель, 1996, 2006, 2009, 2012, 2013 и др.), но ранее в них не рассматривались вопросы распространения РЗЭ. Полученные нами в последние годы новые данные по содержанию в них широкого круга компонентов определили цель настоящей работы – изучение особенностей распределения и фракционирования РЗЭ в техногенных водах вольфрамовых месторождений.

Основой для проведения данного исследования послужили результаты гидрогеохимического опробования, проведенного в 2013 и 2015 годах в пределах четырех вольфрамовых месторождений, расположенных в юго-восточном Забайкалье – жильных кварц-вольфрамит-сульфидных Белухинского и Букуинского, кварц-касситерит-вольфрамитового Антоновогорского и грейзенового вольфрамит-касситеритового Спокойнинского. Для рудных жил Белухи и Букуки характерно повышенное содержание сульфидов и флюорита, Антоновогорское месторождение также характеризуется сопутствующим сульфидным оруденением. Оработка месторождений осуществлялась как закрытым, так и открытым способом, переработка руды производилось на местных фабриках.

В пределах месторождений были опробованы воды техногенных водоемов, дренажи штолен, отвалов хвостов обогащения и пустых пород. Всего было отобрано 28 водных проб. Химико-аналитические исследования выполнялись в лаборатории Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (аналитики Смирнова Т.Г., Хвостова Т.Е., Таскина Л.В.) общепринятыми методами. Основные катионы и металлы определялись атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре SOLAAR M6. Анализы водных проб методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) выполнялись в аналитическом центре Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск), ответственные исполнители Е.В. Смирнова и О.В. Зарубина. Нормализация содержаний РЗЭ дана по австралийскому постаршейскому сланцу (PAAS) по значениям, приведенным в [2].

Наличие значительного количества сульфидов в рудах Антоновогорского и Букуинского месторождений определило формирование преимущественно кислых и слабокислых дренажных вод SO_4 -Ca и HCO_3 - SO_4 -Ca состава. Основными особенностями техногенных потоков рассеяния этих месторождений являются кислая реакция среды, высокие значения Eh, минерализации и концентраций металлов, максимальные концентрации которых достигали: $n-10n$ мг/л – Fe, Mn, Al, Cu, Zn, Pb, Cd; $0, n$ мг/л – Ni, Co, Y, La, Ce, Nd, U.

Нейтрализующее воздействие карбонатов, присутствующих в рудных жилах Белухинского месторождения способствует формированию преимущественно ультрапресных и пресных, слабокислых и околонеитральных дренажных вод SO_4-HCO_3-Ca и $Na-Ca$ состава. Концентрации металлов в техногенных потоках рассеяния Белухинского месторождения на один-два порядка ниже в сравнении с Букукой.

В районе Спокойнинского месторождения формируются околонеитральные и слабощелочные, пресные и с относительно повышенной минерализацией техногенные воды преимущественно $SO_4-HCO_3-Mg-Ca$ состава. Концентрации металлов редко достигают миллиграммовых значений, в основном это единицы – десятки и менее мкг/л.

Исследование распределений редкоземельных элементов в техногенных водах месторождений показало их существенные отличия (таблица). Наиболее высокие содержания РЗЭ зафиксированы в кислых сульфатных дренажных водах на Букукинском месторождении. При этом, максимальными значениями характеризуются легкие РЗЭ: Ce, La, Nd, Pr – на Букукинском, Ce, Nd, La – на Антоногогорском, La, Nd, Ce – на Белухинском, Ce, La, Nd – на Спокойнинском месторождениях. В исследованных водах всех четырех месторождений отмечается заметное (в несколько раз) превышение сумм легких РЗЭ над тяжелыми, что в целом соответствует характеру распределения лантаноидов в земной коре.

Таблица

Средние содержания редкоземельных элементов в водах месторождений (мкг/л)

| Элемент | | Букука | Антонова Гора | Белуха | Спокойнинское |
|-------------|----|--------|---------------|--------|---------------|
| Легкие РЗЭ | La | 64,8 | 1,50 | 1,30 | 0,058 |
| | Ce | 130 | 3,6 | 0,90 | 0,10 |
| | Pr | 12,9 | 0,38 | 0,22 | 0,012 |
| | Nd | 47,2 | 1,57 | 0,87 | 0,050 |
| Средние РЗЭ | Sm | 8,86 | 0,49 | 0,15 | 0,015 |
| | Eu | 2,38 | 0,13 | 0,034 | 0,0034 |
| | Gd | 9,49 | 0,62 | 0,15 | 0,019 |
| | Tb | 1,50 | 0,13 | 0,022 | 0,0039 |
| | Dy | 8,46 | 0,81 | 0,12 | 0,021 |
| Тяжелые РЗЭ | Ho | 1,45 | 0,15 | 0,022 | 0,0035 |
| | Er | 3,97 | 0,44 | 0,06 | 0,0097 |
| | Tm | 0,531 | 0,06 | 0,008 | 0,0014 |
| | Yb | 3,46 | 0,43 | 0,05 | 0,0090 |
| | Lu | 0,501 | 0,06 | 0,009 | 0,0014 |
| Сумма РЗЭ | | 296 | 10,3 | 3,92 | 0,35 |

Использование нормализации изучаемых содержаний РЗЭ на их содержания в стандартах горных пород – Австралийский постархейский сланец (PAAS), Северо-Американский сланец (NASC) и другие [2] позволяет сгладить пилообразный характер распределения РЗЭ и уловить малейшие особенности их поведения в водах.

При сравнении профилей средних значений РЗЭ, нормированных по PAAS, в водах месторождений (рис. 1) прослеживается некоторое сходство спектров распределения на Букуке и Белухе, а также на Антоногогорском и Спокойнинском месторождениях. В первом случае оба профиля характеризуются сравнительно пологой конфигурацией, также заметно некоторое обеднение в области тяжелых (Ho - Lu) и обогащение в области легких (La - Nd) и средних (Sm - Dy) лантаноидов. Распределение РЗЭ в техногенных водах Белухинского месторождения отличается выраженным цериевым минимумом, который объясняется удалением компонента из раствора в результате частичного окисления Se^{3+} до малорастворимого Se^{4+} и осаждения его совместно с гидроксидами Fe и Mn либо на глинистых частицах [1, 3]. Отрицательные цериевые аномалии были зафиксированы только в водах с pH более 6. На Букукинском месторождении – это воды, дренирующие породные отвалы, на Белухинском – воды из-под хвостов обогатительной фабрики, а также из ручья и подруслового выхода в пади Ерничной (рис. 2). Профили распределения содержаний средних значений РЗЭ в штольниевом дренаже на

Антоновой Горе и техногенных водах Спокойнинского месторождения характеризуются накоплением групп средних и тяжелых лантаноидов (рис. 1), что может свидетельствовать о возрастании их миграционных способностей в ряду La-Lu.

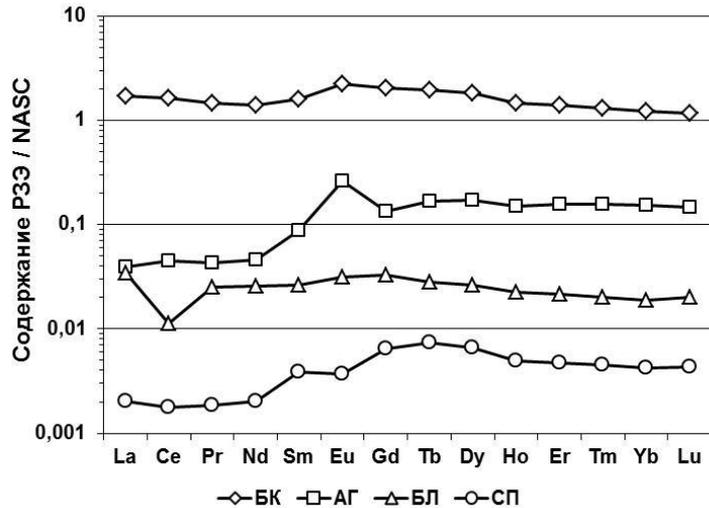


Рис 1. Профили средних значений РЗЭ, нормированных по ПААС, в техногенных водах Букуинского (БК), Антоновогорского (АГ), Белухинского (БЛ) и Спокойнинского (СП) месторождений.

При сравнении спектров распределения РЗЭ в водах по точкам опробования (рис. 2) на Букуинском, Белухинском и Антоновогорском месторождениях отмечается сходство их профилей. Тогда как, для вод карьера, пруда шламохранилища и водохранилища на Спокойнинском месторождении заметны существенные отличия в характере распределения РЗЭ. Спектр распределения лантаноидов в водах карьерного озера характеризуется накоплением средних и понижением содержаний легких и тяжелых лантаноидов в рядах La-Nd и Ho-Lu. Более пологим распределением РЗЭ с выраженным европиевым максимумом и некоторым накоплением тяжелых по отношению к легким лантаноидам характеризуются воды водохранилища.

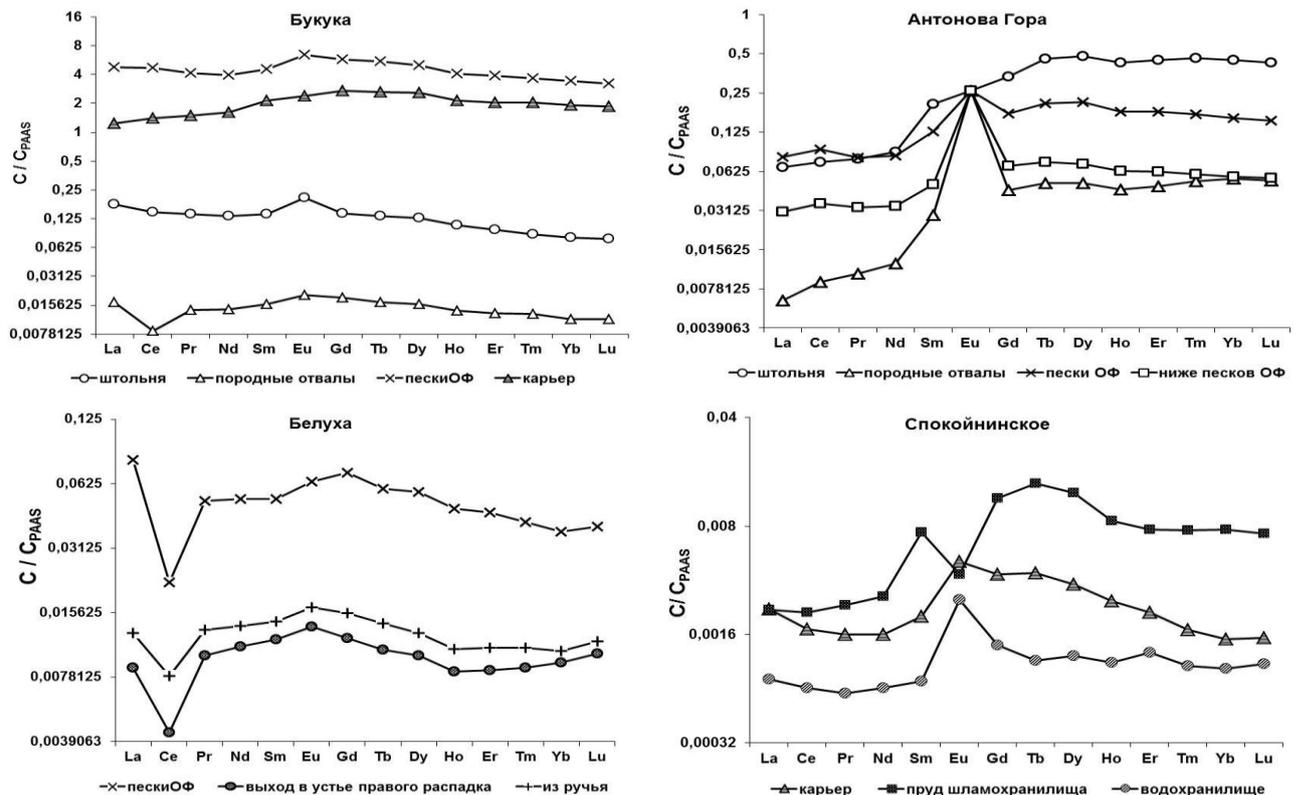


Рис. 2. Распределение РЗЭ, нормированных по ПААС, в техногенных водах месторождений.

Только для вод пруда шламохранилища характерно некоторое сходство в распределении лантаноидов с Антоногогорским – меньшее накопление легких в сравнении с тяжелыми лантаноидами и выраженный рост содержаний в ряду средних РЗЭ с европейским минимумом. Аналогичные Антоногогорскому месторождению особенности распределения нормализованных РЗЭ при формировании кислого рудничного стока с накоплением групп средних и тяжелых лантаноидов отмечались в работах [1, 3]. Выраженные максимумы и минимумы по европию отражают, вероятнее всего, особенности состава дренируемых пород месторождений.

Таким образом, проведенные исследования показали существенные отличия в распределении содержаний редкоземельных элементов в техногенных водах вольфрамовых месторождений. Наиболее высокие концентрации изучаемых компонентов зафиксированы в кислых сульфатных с повышенной минерализацией рудничных водах Букуинского месторождения, являющихся благоприятными для миграции и накопления металлов. Для всех исследованных объектов, в соответствие с общим распределением РЗЭ в природных системах, характерно заметное превышение сумм легких лантаноидов над тяжелыми. Анализ профилей распределения РЗЭ в водах месторождений показал наличие нескольких положительных и одной отрицательной аномалии по европию, а также в водах с рН более 6 несколько отрицательных аномалий по церию.

Исследование выполнено в рамках проекта VIII.79.1.3. «Гидрогеохимия, криогеохимия и электрофизические свойства ледяных образований в зоне техногенеза рудных месторождений Забайкалья».

Список литературы

1. Вах Е.А., Вах А.С., Харитонов Н.А. Содержания редкоземельных элементов в водах зоны гипергенеза сульфидных руд Березитового месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 1. С. 105-115.
2. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 4. С. 339-358.
3. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности накопления и фракционирования редкоземельных элементов в поверхностных водах Дальнего Востока в условиях природных и антропогенных аномалий // Геохимия. 2011. № 5. С. 523-549.

DISTRIBUTION OF RARE EARTH ELEMENTS IN TECHNOGENIC WATERS OF TUNGSTEN DEPOSITS IN TRANSBAIKALIA

Chechel L.P., Zamana L.V.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia
e-mail: lpchechel@mail.ru*

Abstract: The results of researches of distribution of rare earth elements in technogenic waters of four tungsten deposits located in the Trans-Baikal Region. The highest concentrations of the studied components recorded in the waters of sulphide deposits. Detected the total for the studied waters, the excess amounts of LREE over HREE, revealed anomalies of europium and cerium.

Keywords: tungsten deposits, technogenic waters, rare-earth elements.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА В МИГРАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД НОВОШИРОКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Эпова Е.С., Юргенсон Г.А., Еремин О.В.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
e-mail: apikur1@ya.ru*

Абстракт: Изучен минеральный состав золото-полиметаллических руд Новоширокинского месторождения и выполнены эксперименты по сернокислотному выщелачиванию из них химических элементов, являющихся потенциальными мигрантами в ландшафте. К ним относятся Fe, Cu, Pb, Mg, Mn, As, Sb, Bi, Cs, In, Cd, Ga, V, W, Sc, Ni, Be, лантаноиды. Выявлены их минералы-источники. Определены их концентрации в сернокислом растворе и динамика извлечения. Установлено, что часть редкоземельных элементов интенсивнее извлекаются из руд класса крупности – 3+2,5 мм, чем из более мелких. В первых порциях фильтрата определяются наиболее подвижные Rb, Tl, U.

Ключевые слова: экспериментальное моделирование, сернокислотное выщелачивание, миграция элементов, сульфидные руды, золото-полиметаллическое месторождение.

Вмешательство человека в естественную эволюцию геосистемы зачастую приводит к ее деградации, а в случае, горнодобывающего производства и к разрушению с формированием новой техногенной геосистемы, характеризующейся наличием значительных концентраций тяжелых металлов в подвижном состоянии. Техногенно-преобразованные ландшафты продолжают эволюционировать и после того, как воздействие человека на них завершено и направление этого развития во многом определяется геохимическим фоном в целом и характером антропогенного влияния в частности.

Новоширокинское месторождение расположено в Забайкальском крае в 36 км восточнее с. Газимуровский Завод. Оно является частью Широкинского рудного поля. Промышленные рудные тела локализованы в его центральной части. Рудные тела в основном жилообразной, столбо-жилообразной, реже линзообразной формы [1, 4].

Целью данной работы является экспериментальное моделирование процессов геохимического преобразования руд месторождения Новоширокинское в окислительных условиях.

Для изучения минерального и химического состава руд, а также выявления основного спектра подвижных элементов летом 2015 года отобраны их образцы с поверхности и из подземных горных выработок. Изготовлены шлифы и аншлифы, изученные на оптическом поляризационном микроскопе Axio Scope A 1 в лаборатории геохимии и рудогенеза ИПРЭК СО РАН и электронном микроскопе VEGA II LSH, Tescan с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy 350 в Институте геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск А.В. Дмитриевой.

В лабораторных условиях проведены динамичные эксперименты по выщелачиванию руд месторождения сернокислым раствором [2, 3]. В качестве навески использовались дробленые образцы руды классов размерностей 0.5-1 и 2-3 мм массой по 40 г. Соотношение т:ж=1:10. Раствор подавался с постоянной скоростью 4 мл/мин с помощью перистальтического насоса «Peristaltic pump type pp1-05» (Польша). После прохождения через навеску руды, фильтрат отбирался по 40 мл для проведения химического анализа. Кислотность исходного (рН=2) и профильтрованного растворов определялась потенциометрическим методом с использованием рН-метра «Анион-7000» (Россия) с комбинированным электродом марки ЭСП10601/4. Полученные растворы анализировались методом масс-спектрометрии на спектрофотометре Perkin Elmer Optima 5300 DV (США) в аккредитованной лаборатории ЗАО «SGS Vostok Limited» [2, 3].

В рудах месторождения выявлено более 50 минеральных видов [1]. Наиболее распространенные рудные минералы – пирит, галенит, сфалерит (рис. 1-3). Второстепенные – минералы меди (преимущественно халькопирит и блеклая руда), арсенопирит, магнетит, сурьмяные сульфосоли (бурнонит $PbCuSbS_3$, буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$ (рис. 1, 2), редко – полибазит), реальгар, встречается айкинит, образующий сростки с тетраэдритом. В жильном комплексе развиты карбонаты, представленные, в основном, марганцовистыми разновидностями доломита и анкерита (рис. 3).

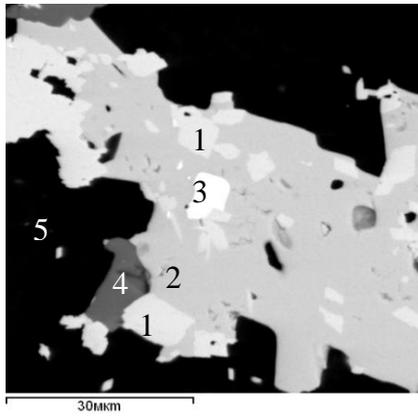


Рис. 1. Типичные взаимоотношения минералов в рудном минеральном комплексе Новоширокинского месторождения. Обр. НШ-15/1: 1 – буланжерит, 2 – бурнонит, 3 – галенит, 4 – сфалерит, 5 – манганоломит.

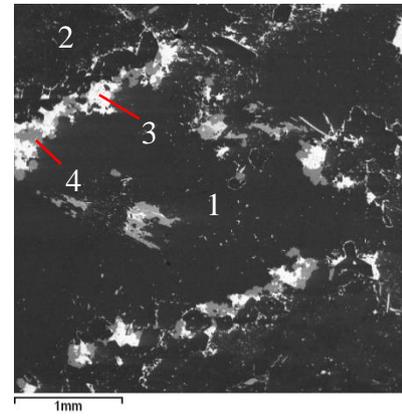


Рис. 2. Взаимоотношения манганоломита (1), кварца (2), галенита (3) и сфалерита (4) в руде. Обр. НШ-15/1.

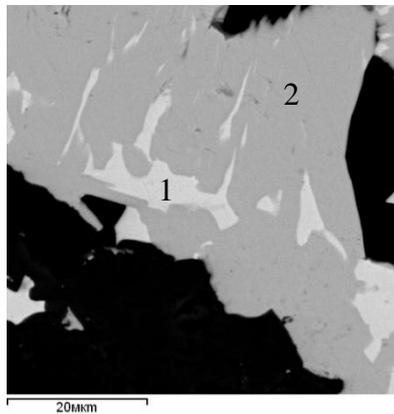


Рис. 3. Взаимоотношения галенита (1) и буланжерита (2) в руде. Обр. НШ-15/1

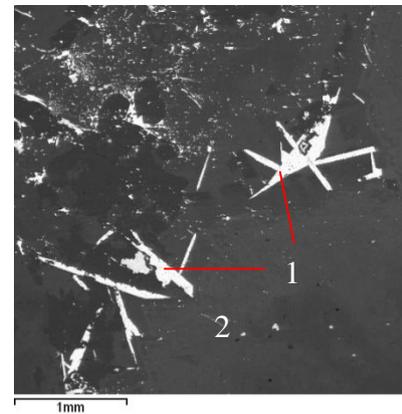


Рис. 4. Взаимоотношения барита (1) и манганоломита (2) в карбонатных жилах, образующихся в рудном комплексе. Обр. НШ-15/1

По данным микрозондовых исследований состав галенита (8 определений) варьирует в пределах (мас. %): Pb 84.64 – 87.42, S 12.71 – 15.36; сфалерита (7 определений) – Zn 64.33 – 69.10, S 30.90 – 35.67; буланжерита (9 определений) – Pb 53.34 – 56.88, Sb 24.60 – 27.25, S 17.98 – 19.16; бурнонита (5 определений) – Pb 41.93 – 44.40, Cu 11.80 – 12.79; Sb 23.40 – 25.24, S 18.17 – 20.84; пирита (2 определения) – Fe 45.80 – 46.57, S 53.43 – 54.20; кварца (5 определений) – Si 46.74, O 53.26. С учетом чувствительности анализа все изученные сульфиды и сульфосоли не содержат ощутимых количеств обычных для них примесей при вполне ощутимой нестехиометричности. Золото сконцентрировано в рудных агрегатах. Наиболее обогащены золотом руды с кварц-гематит-пирит-халькопиритовой минерализацией [1]. Серебро находится, в основном, в галенитсодержащей ассоциации. В настоящее время месторождение обрабатывается.

Химический состав использованных для эксперимента проб руды характеризуется следующими пределами содержаний главных химических элементов (мас.%): Pb (3.22 – 2.99), Zn (0.696 – 0.71), Fe (25.3 – 26.3), Cu (5.4 – 6.16), As (0.581 – 0.630), Sb (2.75 – 3.01), Bi (0.0881 – 0.1264), Mg (0.45 – 0.49), Mn (0.09 – 0.107), Li (0.01 – 0.014). Среди примесных элементов наиболее распространенными являются (г/т): Cd (64.5 – 87), W (85 – 99), Sc (60), V (26 – 29), In (11.7 – 13.5), Rb (36.6 – 44.6), Ga (7– 9), La (2.3 – 2.5), Cs (0.8 – 2.0), Ce (0.9 – 1.1), Tl (0.8 – 1.0), U (0.07– 0.11).

Анализ полученных данных показал, что в раствор из твердой фазы в значительных концентрациях переходят Fe, Cu, Pb, Mg, Mn, As, Sb, Bi, Cs. С незначительным превышением кларков элементов для речных вод извлекаются лантаноиды, In, Cd, Ga, V, W, Sc, Ni, Be. В первых порциях фильтрата определяются Rb, Tl, U. Исходя из минерального состава руд можно

определить, что источниками Fe, Cu, Pb, As, Sb, Bi, In, Cd в экспериментальных растворах являются сульфиды и сульфосоли, в которых Bi, In и Cd могут быть в виде примесей за пределами чувствительности микрозондового анализа, а Cs и Rb извлекаются из слюд и полевых шпатов. Источниками Mg, Mn являются карбонаты. Барий не извлекается, так как входит в состав устойчивого к кислотам барита. Источником лантаноидов могут быть карбонаты, апатит (содержание фосфора находится в пределах 0.35-0.38 %).

Установлено, что все редкоземельные элементы, а также элементы основной подгруппы 4 группы и побочной подгруппы 3 группы интенсивнее извлекаются из обломков руды класса крупности 2-3 мм, чем из более мелких 0.5-1 мм (рис. 5), при этом их концентрация с течением времени возрастает, за исключением скандия и свинца, которые ведут себя подобно другим металлам (рис. 6). Вышеописанная динамика может свидетельствовать о том, что данные группы элементов находятся в труднорастворимых минералах. Увеличение продолжительности выщелачивания, в таком случае, однозначно приведет к дальнейшему снижению концентрации и стремлению к постоянной её величине, как для прочих металлов и металлоидов (см. рис. 6).

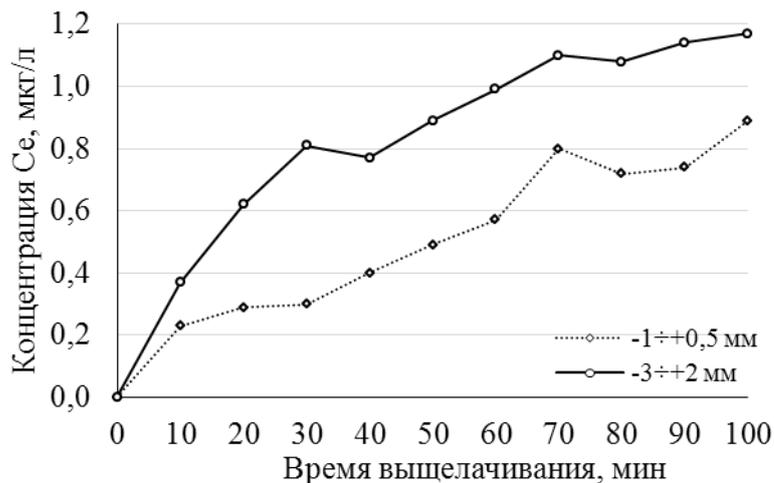


Рис. 5. Динамика извлечения редкоземельных металлов с течением времени, на примере церия.

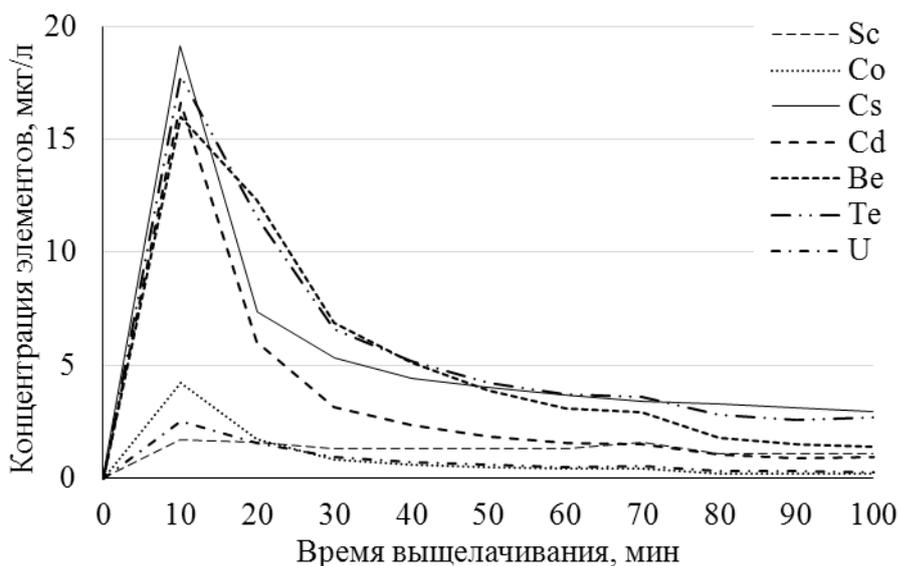


Рис. 6. Динамика извлечения, характерная для большинства элементов.

Для всех проб фильтрата характерны высокие концентрации элементов подгруппы мышьяка (As, Sb, Bi), что определяется присутствием в рудах таких минералов, как айкинит, арсенопирит, сурьмяные сульфосоли [1], а также включениями в сфалерит и галенит в виде примесей.

Таким образом, большинство элементов в рудах месторождения в окислительной обстановке подвержено миграции, даже такие как сурьма, вольфрам, что приводит не только к трансформации минеральных видов в окисленные формы, но и к миграции и рассеянию

элементов в разных компонентах ландшафта, что может иметь негативные последствия для экологического благополучия. При этом, нужно учитывать тот факт, что в рудах месторождения довольно часто встречаются карбонаты, что будет способствовать снижению водной миграции элементов в результате их осаждения на нейтрализующих кислотные растворы карбонатных барьерах.

Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (№ 14-05-98012_р_сибирь_а).

Список литературы

1. Али А.А, Прокофьев В.Ю., Кряжев С.Г. Геохимические особенности формирования Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2014. №2. С. 15-21.
2. Еремин О.В., Эпова Е.С., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. Прогноз геоэкологических последствий разработки месторождения вольфрама Бом-Горхон (Забайкалье) // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т.22. №2. С. 125-131.
3. Птицын А.Б., Маркович Т.И., Павлюкова В.А., Эпова Е.С. Моделирование криогеохимических процессов в зоне окисления сульфидных месторождений (по экспериментальным данным) // Доклады Академии наук. 2006. Т. 411. №3. С. 381-383.
4. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья. Учебное пособие. Ч. I. Книга 1. Черные и цветные металлы. Чита: Поиск, 2006. 256 с.

MIGRATION FEATURES OF THE CHEMICAL ELEMENTS FROM ORES OF GOLD-POLYMETALLIC DEPOSIT NOVOSHIROKINSKOE

Epova E.S., Yurgenson G.A., Eremin O.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

e-mail: apikur1@ya.ru

Abstract: The mineral composition of gold-polymetallic ore deposit Novoshirokinskoye and performed experiments on sulfuric acid leaching of these chemicals that are potential migrants in the landscape. These include Fe, Cu, Pb, Mg, Mn, As, Sb, Bi, Cs, In, Cd, Ga, V, W, Sc, Ni, Be, the lanthanides. Revealed its mineral sources. Determine their concentration in the sulfuric acid solution and extraction dynamics. It has been established that REE elements are more extractable from the class size is -3+2.5 mm, than smaller ones.

Keywords: experimental modeling, sulfuric acid leaching, migration of elements, sulfide ore, gold-polymetallic deposit.