

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОХИМИИ**

Материалы конференции молодых ученых  
(23 – 28 сентября 2013 г.)

Иркутск  
Издательство Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН  
2013

УДК 550.4:552.2/552.4:543/545+548.3  
ББК Д312  
С56

**Современные проблемы геохимии:** Материалы конференции молодых ученых (Иркутск, 23-28 сентября 2013 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2013. – 165 с.

Сборник тезисов содержит основные результаты научных исследований студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на конференции «Современные проблемы геохимии», прошедшей в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН 23-28 сентября 2013 г. Представленные доклады охватывают шесть направлений: геолого-геохимические исследования магматических, метаморфических и осадочных пород; геохимия рудно-магматических систем и геохимические методы поисков; аналитические методы в геохимии; геохимия окружающей среды; экспериментальная минералогия, рост и свойства кристаллов, современные информационные технологии в науках о Земле.

*Редакционная коллегия:* д.г.-м.н. Макрыгина В.А., д.х.н. Таусон В.Л., д.г.-м.н. Чудненко К.В., д.г.-м.н. Гребенщикова В.И., д.г.-м.н. Загорский В.Е., к.х.н. Мухетдинова А.В., к.х.н. Липко С.В., к.г.-м.н. Скузоватов С.Ю., к.г.-м.н. Носков Д.А.

Проведение конференции и издание сборника осуществляется при организационной и финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-05-06834-мол\_г), Объединенного Совета молодых ученых ИНЦ СО РАН, ФГБУН Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

## ВВЕДЕНИЕ

Всероссийская конференция молодых ученых «Современные проблемы геохимии», проводимая в 2013 году уже в восьмой раз, с каждым годом расширяя географию участников. Проводимая Советом молодых ученых и инициативной группой молодых сотрудников ИГХ СО РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, дирекции ИГХ СО РАН и Объединенного Совета научной молодежи ИНЦ СО РАН, конференция стала традиционной площадкой для выступлений и научных дискуссий, посвященных фундаментальным и прикладным исследованиям студентов и магистрантов ВУЗов, аспирантов и молодых специалистов и сотрудников естественнонаучных факультетов и академических организаций Сибири и Российской Федерации.

В этом году научная программа конференции включает 84 доклада, содержащих результаты исследований природных магматических, метаморфических, гидротермальных и метасоматических процессов, а также посвященных проблемам экзогенного и техногенного минералообразования и миграции элементов в техногенных системах, экспериментальному исследованию процессов роста кристаллов, развитию современных аналитических методов и методик и геоинформационных систем. Доклады участников, представляющих научно-образовательные организации Иркутска, Улан-Удэ, Читы, Томска, Новосибирска, Благовещенска, Владивостока, Миасса, Уфы, Москвы, Петропавловска-Камчатского, Воронежа, Сыктывкара, Санкт-Петербурга, Ростова-на-Дону, Магадана, Барнаула, Омска, Архангельска, Твери, Харькова и Жезказгана, объединены в 6 тематических секций.

**Секция 1 «Геохимия магматических, метаморфических и осадочных пород»** включает в себя материалы исследований минералообразования, в природных эндогенных и экзогенных системах различных уровней глубинности, включая процессы мантийного минералообразования, магматизм и метаморфизм различных геодинамических обстановок до приповерхностных процессов хемогенного осаждения. На **секции 2 «Геохимия рудно-магматических систем и геохимические методы поисков»** представлены доклады, посвященные минералогии благородных и редких металлов, характеристике рудоносных магматогенных, метаморфогенных и осадочных формаций. Одной из наиболее насыщенных стала **секция 3 «Геохимия окружающей среды»**. Здесь исследователи отдали предпочтение в своих исследованиях актуальным вопросам распределения и миграции элементов в техногенных системах и экосистемах и охраны окружающей среды. **Секция 4 «Аналитические методы в геохимии»** представлена докладами, акцентированными на современном состоянии аналитической базы для исследований в области наук о Земле, а также новых методах и методиках исследования минералов и горных пород. **Секция 5 «Экспериментальная минералогия, рост и свойства кристаллов»** содержит материалы докладов, посвященных результатам экспериментальных исследований кристаллизации и преобразования минералов и парагенезисов в природных системах и синтеза новых материалов, в том числе с заданными свойствами. Наконец, **секция 6 «Современные информационные технологии в науках о Земле»**, заседание которой проводится лишь во второй раз, нацелена на освещение вопросов, связанных с развитием геоинформационных ресурсов, средств хранения, обработки и представления данных геологических исследований.

Зам. председателя СМ ИГХ СО РАН, к.г.-м.н. Скузоватов С.Ю.

# ГЕОХИМИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ, МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОКЕМБРИЙСКИХ УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

**Абрамов В.В.**

*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, avova82@mail.ru*

Мегаблок КМА Воронежского кристаллического массива (ВКМ) представляет собой крупную региональную рудоносную площадь, которая простирается с юго-востока на северо-запад на 625 км при ширине 150-250 км. К бассейну Курской магнитной аномалии (КМА) относятся Курская, Белгородская, Орловская, частично Брянская и Воронежская области, где сосредоточены все представляющие практический интерес разновозрастные докембрийские черносланцевые толщи. В ходе исследований последних лет установлено [Чернышов и др., 2008] что важнейшим компонентом черносланцевых толщ являются благородные металлы (золото, серебро, металлы платиновой группы – МПГ), а вышеуказанные докембрийские стратифицированные образования могут выступать в качестве одного из крупнейших нетрадиционных источников благородных металлов.

В качестве объекта для проведения исследований выступают наиболее перспективные в промышленном отношении углеродистые сланцы оскольской серии КМА в пределах Луневско-Введенского участка Тим-Ястребовской структуры. Средние содержания элементов платиновой группы в изученных углеродистых сланцах (лаборатория ЦНИГРИ (г. Тула)) составляют: Pt = 0,0328 г/т (max = 0,72 г/т), Pd = 0,0249 г/т (max = 0,61 г/т), Au = 0,0335 г/т (max = 2,20 г/т). Содержания редких платиноидов оценены меньшим количеством определений и составляют: Rh – до 0,5 г/т; Ir – до 1 г/т, Os – до 0,06 г/т. Одновременное определение шести элементов платиновой группы (осмий – кинетический метод, остальные платиноиды – пробирный химико-спектральный) в высокоуглеродистых сланцах оскольской серии Тим-Ястребовской структуры в лаборатории Механообр-Аналит (г. Санкт-Петербург) показало следующий характер распределения: Pd > Pt > Rh > Os > Ru > Ir, сходный с ультраосновными породами урало-аляскинского типов и с ультрамафитами офиолитовых массивов. Отношение платины к палладию для абсолютного большинства петрографических разновидностей сланцев меньше единицы. В высокоуглеродистых сланцах отношение Pt / Pd варьирует в пределах 0,33-0,92, в углеродистых – 0,32-0,81, малоуглеродистых – 0,16-0,91.

Проведенные петрохимические исследования (35 силикатных анализов, лаборатория ВСЕГЕИ) позволили рассчитать средний состав черных сланцев оскольской серии КМА на Луневско-Введенском участке (в мас. %): SiO<sub>2</sub>-52,65, TiO<sub>2</sub>-0,52, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-11,10, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-9,32, MnO-0,08, MgO-2,95, CaO-2,58, Na<sub>2</sub>O-0,76, K<sub>2</sub>O-2,10, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,73, потери при прокаливании-17,04. Сравнение химического состава углеродистых сланцев оскольской серии КМА с постархейскими сланцами РААС [Тейлор, Мак-Леннан, 1988], морскими глинами; средним глинистым сланцем [Созинов, 1988] показывает их: а) повышенные железистость, магнизиальность, фосфатоносность, количество потерь при прокаливании; б) пониженные кремнеземистость, титанистость, глиноземистость, калиевоств; в) умеренные содержания MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O.

Концентрация органического углерода в обогащенных углеродистым веществом сланцах достигает 18,7%, при средних значениях для сланцев оскольской серии 8,38%. Высокоуглеродистые сланцы содержат в среднем 11,67% органического углерода. Средние содержания серы в сланцах оскольской серии составляет 3,27%, в высокоуглеродистых сланцах – 5,33%, в углеродистых – 2,44%.

Собственно геохимические исследования углеродистых сланцев Луневско-Введенского участка КМА были проведены по результатам определения 62 химических элементов обзорным методом ICP-MS. Элементы-примеси были классифицированы на транзитные, крупноионные литофилы, высокозарядные, редкоземельные, а также на традиционные: халькофильные, сидерофильные, литофильные (со средними и малыми ионными радиусами).

Среди 10 транзитных элементов содержания восьми элементов превышают кларк (Fe, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn). Кларки концентрации Ti, Mn варьируют в пределах 0,53-0,83; Sc, Cr, Co в пределах 1,12-1,33; Fe, Ni, Zn, V в пределах 2,13-4,30; Cu – 12,80. Среди 10 литофильных элементов содержания семи элементов превышают кларк (Cs, Ba, Eu, Pb, Li, P, W). Кларки концентрации Rb, Sr, Be варьируют в пределах 0,31 – 0,55; Cs, Eu, Pb в пределах 1,51-1,63; Ba, P в пределах 2,59-2,64, W, Li в пределах 3,08-3,21. Среди 10 высокозарядных элементов содержания четырех элементов превышают кларк (Sc, Hf, Pb, U). Кларки концентрации Ta, Nb варьируют в пределах 0,22-0,34; Ti, Zr в пределах 0,53-0,69; Y, Th в пределах 0,81-0,90; Sc, Pb в пределах 1,32-1,63; U – 2,22; Hf – 5,13. Среди 12 халькофильных элементов содержания одиннадцати элементов превышают кларк (Ga, Ge, As, Se, Ag, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Bi). Кларк концентрации Cd – 0,42, кларки концентрации Ga, Ge, Sn варьируют в пределах 1,01-1,98, Tl, Sb, Hg в пределах 3,05-5,22, Ag – 45,03, As – 51,34, Se – 152,91, Bi – 275,93, Te – 1112,22. Содержания сидерофильных Mo и Re в углеродистых сланцах оскольской серии превышают кларки в 10,64 и 112,17 раз соответственно. Среди 14 редкоземельных элементов содержания семи элементов превышают кларк (La, Ce, Pr, Eu, Dy, Tm, Lu). Кларк концентрации Tb – 0,23, Ho – 0,65; кларки концентрации Nd, Sm, Gd, Er, Yb варьируют в пределах 0,88-0,99; Ce, Pr, Dy в пределах 1,05-1,12; La, Eu, Tm в пределах 1,35-1,73. Суммарное содержание редкоземельных элементов в углеродистых сланцах оскольской серии составляет 190,35 г/т, что несколько превышает аналогичный показатель в PAAS – 183,0 г/т, в земной коре – 180,25 г/т, платформенных глинах – 170,84 г/т.

Установленные в результате проведенных исследований геохимические особенности углеродистых сланцев Луневско-Введенского участка КМА являются базовыми для дальнейшей геохимической характеристики углеродистых золото-платиноносных сланцев, генетической интерпретации геохимических данных и разработки петрогеохимических критериев прогнозирования благороднометалльного оруденения черносланцевого типа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-05-31194 мол\_а, № 11-05-00316-а.*

#### *Литература:*

- Созинов Н.А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии / Н.А. Созинов, Н.Н. Чистякова, В.А. Казанцев. – М.: Наука, 1988. – 149 с.*
- Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 384 с.*
- Чернышов Н.М. Новые минеральные формы платиноидов в черносланцевом типе благороднометалльного оруденения КМА (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, В.Г. Моисеенко, В.В. Абрамов // Докл. РАН, 2008, том 423, №3. – с. 379-382.*

# ТИПОХИМИЗМ ИЛЬМЕНИТА ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Алымова Н.В.

Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, *alyмова@igc.irk.ru*

Ильменит широко распространен в горных породах различного генезиса (щелочные породы, кимберлиты, граниты и т.д.), состав, структура и свойства которого изучены достаточно широко. В тоже время, при изучении щелочных массивов, приводят очень скудные данные о морфологии, особенностях состава и содержании данного минерала в исследуемых объектах [Арзамасцев и др., 1988; Пеков, 2001; Сотникова, 2009; Шлюкова, 1986; Яковенчук и др., 1999].

В щелочных сиенит-пегматитовых породах массива Бурпала ильменит является второстепенным рудным минералом и, как правило, он образует тонкие уплощенные кристаллы размером до 5 сантиметров. Морфология их существенно отличается от ильменитов из кимберлитов, представленных мегакристами и ильменитами основной массы [Алымова, 2006]. В ильменит-монацитовом типе гранитов он встречается в виде мелкого акцессорного минерала. Кроме того, ильмениты массива Бурпала находятся в парагенезисе с другими минералами титана-астрофиллитом, лопаритом и др.

В изученных нами щелочных породах минерал представлен ильменитом изоморфной серии твердых растворов  $\text{FeTiO}_3\text{-MgTiO}_3\text{-MnTiO}_3$  и характеризуется повышенным содержанием  $\text{TiO}_2$  (41,14-59,3 мас.%),  $\text{FeO}_{\text{общ}}$  (26,06-52,35 мас.%),  $\text{MnO}$  (5,19-28,68 мас.%),  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  (0,32-4,74 мас.%). Ильменит щелочных пород содержит сравнительно небольшое количество гематитовой компоненты (1,08-13,62 мас.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) в отличие от ильменитов из кимберлитовых пород ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 40 мас.%) и гранитов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 22,21 мас.%).

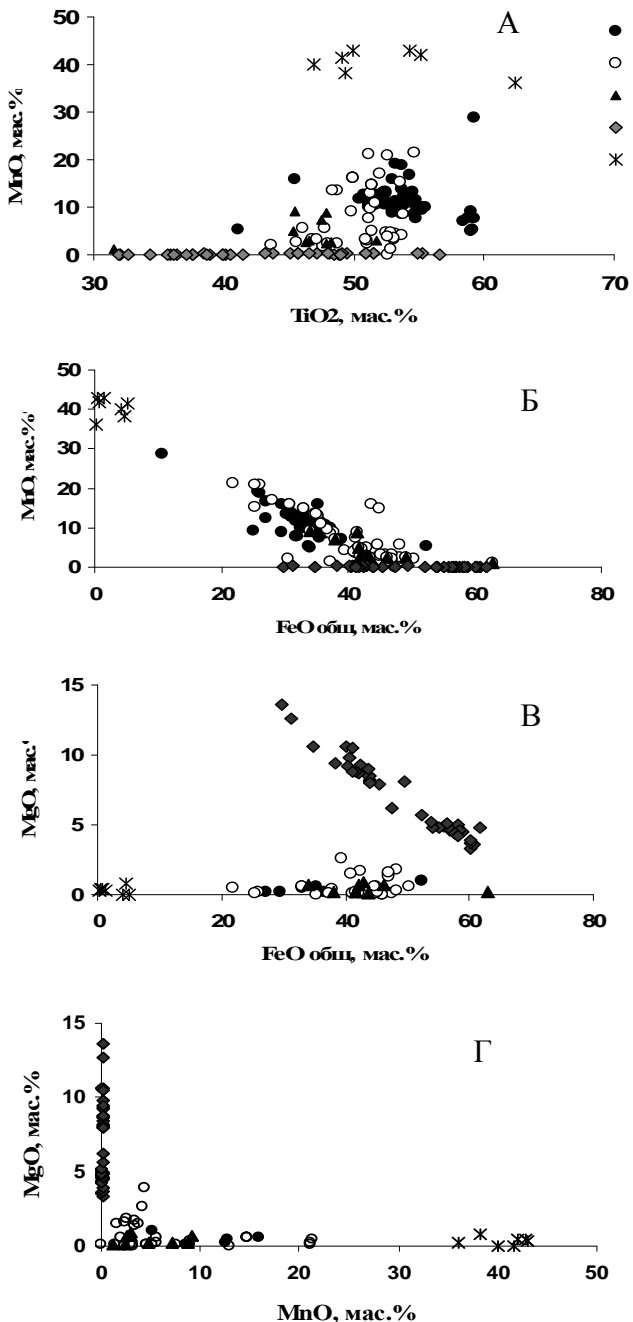


Рис. 1. Диаграмма MnO-TiO<sub>2</sub> (А), MnO-FeO<sub>общ</sub> (Б), MgO-FeO<sub>общ</sub> (В), MgO-MnO (Г) для ильменита из разных типов пород. Условные обозначения: ильменит из массива Бурпала (1), из щелочных пород (2), из гранитов (3), мегакристы в кимберлитах (4), пиррофанит (5).

Ильмениты из Бурпалинского массива (Сев. Прибайкалье) специфичны по содержанию элементов-примесей, концентрация  $Al_2O_3$  не более 0,8 мас.% и  $Cr_2O_3$  – 0,1 мас.%, что существенно отличает его от ильменитов из других пород. Низкая магнезиальность – характерный признак ильменитов щелочных пород и гранитов ( $MgO$  до 1 мас.%), чем обособляет их от ильменитов из кимберлитов, в которых содержание  $MgO$  может достигать 15 мас.% [Алымова, 2006]. Также особенностью состава ильменитов Бурпалы является высокое содержание  $MnO$  (до 28,68 мас.%). Эти концентрации наивысшие для ильменитов щелочных пород в целом. На графиках парных корреляций (рис.1) наблюдается несколько полей составов для ильменитов щелочных пород и кимберлитов, последние относятся к изоморфной серии твердых растворов  $FeTiO_3$ - $MgTiO_3$ - $MnTiO_3$ .

Уникальность щелочного массива Бурпала заключается в том, что в пегматитах этого объекта встречается крайний член изоморфного ряда – пирофанит  $MnTiO_3$ . Он характеризуется повышенным содержанием  $TiO_3$  (46,94-62,41 мас.%),  $MnO$  (36,07-42,92 мас.%),  $Nb_2O_5$  (0,74-5,53 мас.%) располагается в конечной точке тренда ильменитов щелочных пород (рис. 1). Химические составы ильменитов являются типоморфным признаком магматических пород различного состава, от ультраосновных до гранитов.

#### *Литература:*

*Алымова Н.В. Особенности состава пикроильменита из кимберлитов и мантийных ксенолитов Якутской провинции // Дисс. на соиск. степ. канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2006. 175 с.*

*Арзамасцев А.А., Каверина В.А., Полежаева Л.И. Дайковые породы Хибинского массива и его обрамления. Апатиты, 1988. 86 с.*

*Пеков И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М.: Земля, 2001. 464 с.*

*Сотникова И.А. Минералого-геохимические особенности редкометалльных щелочных пород Северного Прибайкалья // Дисс. на соиск. степ. канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2009. 125 с.*

*Шлюкова З.В. Минералогия контактных образований Хибинского массива. М.: Наука, 1986. 144 с.*  
*Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. М.: Земля, 1999. 326 с.*

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ООЛИТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

**Асочакова Е.М.**

*Томский государственный университет, г. Томск, asem@sibmail.com*

Бакчарское месторождение оолитовых железных руд расположено в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности и находится в административных границах одноименного района Томской области. Оно приурочено к верхнемеловым и палеогеновым отложениям, перекрытым довольно мощной толщей (160–200 м) неоген-четвертичного возраста. В пределах месторождения наиболее изучены Западный (с центром в с. Бакчар) и Восточный (район с. Полынянка) участки [Николаева, 1967].

В пределах Полынянского участка в ходе геолого-разведочных работ 2005-2010 гг. было выделено три типа руд со своим набором отличительных признаков [Гринев и др., 2010], положение которых в разрезе отражает цикличность осадкообразования. Прослеживается четыре цикла, каждый из которых определяется наличием двух типов оолитовых железных руд: бурых сцементированных гётит-гидрогётитовых и зеленовато-серых глауконит-хлоритовых. Третий тип руд несет в себе признаки, как первых, так и вторых, и фиксирует зону фациального перехода.

За долгие годы исследования оолитовых железных руд в опубликованных источниках появилось много данных о составе, однако среди них практически отсутствуют систематические сведения о рассеянных элементах. Автором проведена специализированная работа по количественной оценке, изучению распределения элементов-примесей, выделению геохимических и генетических связей в оолитовых железных рудах Бакчарского месторождения.

Для изучения распределения примесных элементов оолитовых железных руд использовались результаты ИСП-МС с привлечением значений концентраций As, Ag, P, определенных эмиссионным спектральным анализом. Содержания микроэлементов руд были нормированы по кларку в глинистых сланцах. Полученные данные свидетельствуют, что геохимической спецификой проанализированных руд является надкларковые содержания Be, Sc, Ge, Y, Mo, W, Th, P, а также элементов группы железа Cr, Co, Ni, V и халькофилов Zn, Pb, Sb, Ag, As. Последние элементы в оолитовых рудах представлены сульфидами, фосфор – фосфатами РЗЭ и кальция [Асочакова, Бухарова, 2013]. Остальные элементы по имеющимся на сегодня данным не образуют собственных минеральных фаз и присутствуют, скорее всего, в адсорбированном состоянии, являясь соосажденными с гидроксидами железа, глинистыми минералами, фосфатами и карбонатами. В единичных образцах отмечены высокие концентрации Rb, Hf и U. Дефицитными элементами являются Ti, Cu, Ga, Zr, Nb, Ta, Sr, Ba, Cd, Cs, Tl.

Для выяснения возможной связи генетических особенностей выделяемых на месторождении типов руд с определенной геохимической ассоциацией элементов проведен факторный статистический анализ полученных геохимических данных методом главных компонент. Из всего набора главных компонент было использовано три фактора, описывающих почти 60 % изменчивости геохимической системы. При геохимической характеристике была использована матрица корреляционных отношений элементов.

Факторные нагрузки в схематическом виде можно представить следующим образом:

$$F_1(32\%) = \frac{Mo_{85}V_{74}Sb_{73}}{Tl_{86}Cd_{79}Cs_{77}Hf_{71}Sr_{70}}, F_2(16\%) = \frac{1}{U_{85}Th_{75}}, F_3(12\%) = Ni_{90}Co_{79}Zn_{76},$$

где в числителе - оценки элементов со значимой положительной нагрузкой, в знаменателе - оценки со значимой отрицательной нагрузкой, цифры в скобках - вклад фактора в общую дисперсию, выраженный в % от нее.

Концентрации положительно значимых элементов первого фактора ( $F_1$ ) Mo, V, Sb связаны с гётит-гидрогётитовым типом руд, а отрицательно значимые - Tl, Cd, Cs, Hf, Sr - глауконит-хлоритовым типом руд. Для обоих типов руд общим является второй фактор ( $F_2$ ) со значимыми отрицательными нагрузками U и Th. Ассоциация  $F_1$  представлена широким кругом элементов, связанных как с обломочными, так и с диагенетическими компонентами руд. Mo, V и Sb, вероятно, мобилизовались в окислительных условиях, существовавших в ходе формирования гётит-гидрогётитовых руд. После смены среды на восстановительную миграционная способность элементов ослабевала и они осаждались. Элементы Tl, Cd, Cs, Hf, Sr, характеризующие глауконит-хлоритовые руды связаны преимущественно с терригенным (обломочным и глинистым) материалом. На терригенный источник Tl в осадках указывают высокая корреляция элемента с Hf ( $r = 0,73$ ). То же самое относится к Sr, который в рудах связан с Cs ( $r = 0,58$ ), Hf ( $r = 0,51$ ) и Tl ( $r = 0,46$ ).

Второй фактор ( $F_2$ ) весом в 16 % определяет распределение U и Th. Причем оба основных типа руд характеризуются практически одинаковым уровнем накопления этих элементов в отличие от переходных разностей. Коэффициент корреляции U и Th не выше 0,5. Наиболее тесная связь U наблюдается с Hf ( $r = 0,61$ ), а у Th с Sb ( $r = 0,55$ ).



Большое влияние на распределение и содержание этих элементов в осадочных породах оказывают: размерность обломочной фракции, органическое вещество и фосфаты [Минералогия и геохимия..., 1987].

Для гётит-гидрогётитовых руд значимым фактором распределения является третий ( $F_3$ ), отвечающий за соотношение содержаний Ni, Co и Zn. Наиболее тесная связь в рудах устанавливается между Ni и Zn ( $r = 0,83$ ), менее тесная Ni и Co ( $r = 0,65$ ), очень слабая между Co и Zn ( $r = 0,43$ ). Это объясняется возрастающей долей относительного сродства к сере в ряду Co-Ni-Zn. Для кобальта также установлена прямая корреляция с Ti ( $r = 0,52$ ) и обратная с Th ( $r = -0,69$ ). Содержание Co, Ni и Zn в рудах превышают кларковые, поскольку, гётит-гидрогётитовые руды содержат максимальное количество  $Fe_2O_3$ общ, то вместе эти элементы характеризуют источник поступления рудного вещества. Учитывая кларк распространения указанных элементов в различных типах пород, можно полагать, что главным поставщиком железа выступали ультраосновные и основные горные породы.

#### *Литература:*

*Асочакова Е.М., Бухарова О.В. Микровключения в оолитовых железных рудах Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) // Вестник ТГУ, 2013. № 369. С. 168–172.*

*Гринёв О.М., Григорьева Е.А., Булаева Е.А., Тюменцева Е.П. Литогеохимическая характеристика основных типов железных руд Бакчарского месторождения / Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых. Материалы научной конференции. - Томск: ТПУ. - 2010. - С. 190-196*

*Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов: Уч. пособие для вузов / В.Я. Терехов, Н.И. Егоров, И.М. Баюшкин, Д.А. Минеев. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 360 с.*

*Николаева И.В. Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. - Новосибирск: Наука СО АН СССР, 1967. - 129 с.*

## **ГЕОХИМИЯ МИНЕРАЛОВ МЕТАБАЗИТОВ ИЗ ТОНАЛИТОВЫХ ГНЕЙСОВ БАЙДАРИКСКОГО БЛОКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОНГОЛИЯ)**

**Беляев В.А., Каримов А.А., Трубицин И.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, belyaev\_vasya@mail.ru*

Формирование и эволюция континентальной коры в раннем докембрии является одной из фундаментальных проблем геологии. Значительная часть раннедокембрийской коры представлена высокометаморфизованными комплексами. Высокая степень метаморфизма, мигматизация и внедрение гранитоидов сильно затрудняют реконструкцию протолита метаморфических пород. Для раннего докембрия реконструкция состава протолитов и геодинамических условий их формирования часто проводится только на основе геохимических данных. В таком случае необходимо тщательно исследовать изменение химического состава горных пород под влиянием процессов, связанных с высокоградным метаморфизмом.

Объектом настоящего исследования являются metabазиты байдарагинского комплекса Байдарикского блока – фрагмента микроконтинента в раннекаледонском супертеррейне Центрально-Азиатского складчатого пояса [Козаков и др., 2007]. Кристаллический фундамент Байдарикского блока представлен верхнеархейским байдарагинским и нижнепротерозойским бумбугерским комплексами. Байдарагинский комплекс сложен преимущественно тоналитовыми «серыми» плагиогнейсами, внедрение протолита которых происходило 2.65 Ga [Козаков и др., 2007]. Они содержат будины metabазитов (основных гранулитов и амфиболитов). Кристаллический фундамент Байдарикского блока испытал три этапа

высокотемпературного метаморфизма: гранулитовый 2.65-2.5, гранулитовый 2.36-2.31, амфиболитовый 1.85-1.82 Ga. В ходе последнего метаморфизма сформировались главные картируемые структуры фундамента Байдарикского блока. Раннепротерозойские этапы сопровождались внедрением гранитоидов на кульминационной и завершающей стадиях метаморфизма [Козаков и др., 2007].

Основные гранулиты и амфиболиты на петрохимических диаграммах реконструируются как первично-магматические породы. По содержанию главных элементов они разделены на три группы пород, которые близки по составу (1) толеитовым базальтам, (2) базальтовым коматиитам Al-необедненного и (3) Al-обедненного типов, которые рассматриваются в качестве протолита метабазитов [Беляев и др., 2012]. Однако, лишь единичные пробы имеют ровное распределение несовместимых элементов, близкое толеитовым базальтам и Al-необедненным базальтовым коматиитам. Остальные породы в различной степени обогащены LREE и LILE относительно магматического протолита. Выделяются породы, редкоэлементный состав которых слабо и сильно изменен относительно протолита. Слабо измененные породы групп 1 и 2 характеризуются умеренным обогащением LREE и LILE и имеют минимум Nb. Сильно измененные породы групп 1, 2 и 3 показывают значительное обогащение LREE и LILE, иногда – слабое обогащение HREE относительно протолита, минимумы HFSE. Интересно, что подобное распределение несовместимых элементов наблюдается в породах всех трех групп, имеющих разный петрогенный состав. Это указывает на метасоматическое преобразование редкоэлементного состава метабазитов при внедрении гранитоидов или мигматизации, связанных с одним или несколькими этапами высокотемпературного метаморфизма байдарагинского комплекса. Редкоэлементный метасоматоз метабазитов происходил с привнесением LREE и LILE без изменения петрогенного состава.

Чтобы исследовать этот процесс, на ионном зонде (Филиал технологического института РАН, Ярославль) было изучено распределение несовместимых элементов в силикатных минералах основных гранулитов и амфиболитов. В основных гранулитах, близких к составу протолита, клинопироксен имеет «нормальный» спектр REE с небольшим обеднением LREE и ровным спектром HREE. В породах, слабо измененных относительно протолита, клинопироксен имеет дифференцированный спектр REE с незначительным обогащением LREE. Равновесный с ним амфибол паргаситового состава повторяет распределение REE в клинопироксене, а концентрации REE в амфиболе в 2-3 раза выше, чем в клинопироксене. В сильно измененных метабазитах клинопироксен значительно обогащен LREE и имеет более дифференцированный спектр REE. Равновесный амфибол (эденит) повторяет форму спектра REE клинопироксена; концентрации REE в амфиболе в 2-3 раза выше. Ортопироксен в породах, близких к первичным, и в слабо измененных имеет «нормальный» спектр REE с увеличением нормированных концентраций от La к Yb. В сильно измененных основных гранулитах ортопироксен характеризуется повышенным содержанием LREE. Плагиоклаз из слабо измененных и близких к протолиту основных гранулитов имеет «нормальный» спектр REE с резким обеднением HREE и положительной аномалией Eu. В сильно измененных гранулитах в плагиоклазе наблюдаются значительные концентрации HREE.

Таким образом, при увеличении концентраций LREE в породах соответственно растут концентрации LREE в слагающих их клинопироксене, амфиболе, ортопироксене, а также увеличиваются концентрации HREE в плагиоклазе. Увеличение концентраций LREE в породах и минералах является следствием высокотемпературного метасоматоза, вероятно под влиянием гранитных расплавов, внедрявшихся во время метаморфизма. Изученные будины метабазитов содержат инъекции гранитоидов, кроме того, прожилки гранитоидов трассируют контакты будин и вмещающих тоналитовых гнейсов. Большая часть метабазитов байдарагинского

комплекса испытала метасоматический привнос несовместимых элементов относительно исходного протолита.

Это заставляет внимательно интерпретировать химический состав метаморфических пород и с осторожностью делать выводы о геодинамических обстановках их формирования на основе геохимических данных в случае высокометаморфизованных комплексов раннего докембрия.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-31242 мол\_а.*

#### *Литература:*

*Беляев В.А., Горнова М.А., Медведев А.Я., Пахомова Н.Н. Геохимия метабазитов из «серых» гнейсов Байдарикского блока (Центральная Монголия) // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 4. – С. 419-434.*

*Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Вонг Т., и др. Кристаллические комплексы нижнего докембрия Дзабханского микроконтинента Центральной Азии: возраст, источники, тектоническая позиция // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2007. – Т. 15. – № 2. – С. 3-24.*

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНДСКИХ ВЕНЧАЮЩИХ ДОЛОМИТОВ ЮЖНОГО УРАЛА**

**Биктимерова З.Р., Мичурин С.В., Горожанин В.М.**

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа, s\_michurin@mail.ru*

Венчающие доломиты перекрывают во многих регионах мира неопротерозойские ледниковые отложения. Отличительной чертой венчающих доломитов является аномальный изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C} \approx -2...-6 \text{‰}$ ) по сравнению с обычными морскими карбонатными породами. Эту особенность используют для хемотратиграфических корреляций, однако природа аномальных значений  $\delta^{13}\text{C}$  до сих пор остается не выясненной и продолжает дискутироваться [Покровский и др., 2010].

Нами проведено изотопно-геохимическое изучение перекрывающих ледниковую толщу венчающих доломитов, установленных в западной части Башкирского антиклинория по р. М. Реват, а также в северо-восточной части в зоне его сочленения с Уралтауским антиклинорием.

Разрез венда, вскрывающийся по берегам р. М. Реват, представлен отложениями толпаровской, суировской и урюкской свит. Особенностью суировской свиты здесь является наличие тиллитовидных конгломератов и в ее верхней части пласта доломитов небольшой (2-5 м) мощности. Доломиты характеризуются микро- и тонкозернистой структурой. Расчеты модельного возраста по данным Rb-Sr изотопного анализа тонкой глинистой фракции пород суировской свиты дают несколько датировок, наибольшие из которых составляют 608 млн. лет. Тиллиты суировской свиты, вероятно, следует коррелировать с известным оледенением Марино, гляциогенные отложения, которого датируются в интервале 636-663 млн. лет.

Пелитоморфные доломиты по р. М. Реват содержат стронций аномально высокого изотопного состава ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7160$ ) по сравнению с океанической водой вендского времени, в которой по ряду оценок [Mazumdar et al., 2006] стронциевое отношение было на уровне 0,7065-0,7085. По-видимому, высокое Sr-отношение в изученных доломитах связано с условиями их образования и отражает изотопный состав стронция морской воды. Изотопный состав серы структурно-связанного сульфата в доломитах здесь имеет довольно значительное обогащение тяжелым  $^{34}\text{S}$

изотопом, его значение  $\delta^{34}\text{S}$  составляет 10,9 ‰. Вместе с тем полученное значение гораздо меньше по сравнению с изотопным составом океанической серы сульфата, которая в венд-кембрийское время характеризовалась значениями  $\delta^{34}\text{S}$  около 18-32 ‰ [Mazumdar et al., 2006]. Эти результаты, также как и данные по изотопному составу стронция, указывают на то, что доломиты формировались в замкнутом море, в котором континентальный сток играл значительную роль.

Доломиты по р. М. Реват характеризуются значениями  $\delta^{13}\text{C}$  от  $-3,3$  до  $2,6$  ‰ (относительно PDB). При этом изотопный состав кислорода доломитов не испытывает значительных флуктуаций, а между значениями  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  корреляция отсутствует. Разброс значений  $\delta^{18}\text{O}$  составляет менее 1,5 ‰ при средней величине  $25,3$  ‰ (относительно SMOW), которая обычно фиксируется в неизменных карбонатах.

Доломиты, отобранные из восточного борта Тирлянской мульды, расположенной в зоне сочленения Башкирского и Уралтауского антиклинориев, характеризуются сходным, но более однородным изотопным составом углерода от  $-2,8$  до  $-1,1$  ‰ (относительно PDB). Однако доломиты показывают здесь довольно значительное облегчение в изотопном составе кислорода от  $16,5$  до  $18,8$  ‰ (относительно SMOW), а между значениями  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  устанавливается прямая зависимость со значимым коэффициентом корреляции 0,59. Известно [Виноградов, 2007], что в ходе постседиментационных преобразований карбонатных пород кислород по сравнению с углеродом по изотопному составу изменяется гораздо легче, вместе с тем, может наблюдаться и согласованное поведение изотопного состава этих элементов (с прямой или обратной корреляцией). В то же время, анализ показывает, что полученные изотопные данные в большей степени отражают особенности первичных условий осадконакопления карбонатных пород, чем обусловлены эпигенетическими процессами.

Вендские венчающие доломиты Южного Урала характеризуются пологой сглаженной формой спектра лантаноидов с близкими нормированными содержаниями легких, средних и тяжелых редких земель (РЗЭ). Коэффициенты, характеризующие фациальные условия осадконакопления [Шатров, Войцеховский, 2009], La/Sm, Ce/Sm, Yb/Sm, Y/Sm близки по распространенности РЗЭ к шельфовым водам и определяют относительно мелководные обстановки доломитообразования. Это согласуется также и со значениями Ce/Ce\*, которые соответствуют окраинно-континентальным обстановкам. В то же время корреляция между  $\Sigma\text{РЗЭ}$  и Zr в доломитах может указывать на вклад лантаноидов континентальным стоком.

Доломиты отличаются очень высокими концентрациями Fe (до 11190 г/т), Mn (до 3842 г/т) и относительно низкими – Sr. Между Fe и Mn отмечается значимая положительная корреляция ( $K_{\text{коррел}}=0,49$ ). Параллельно с изменением концентраций марганца зеркально противоположно в доломитах меняется изотопный состав углерода, а между отношением Mn/Sr и  $\delta^{13}\text{C}$  наблюдается отрицательная корреляция ( $K_{\text{коррел}} = -0,55$ ). Эту зависимость можно истолковать изменением Eh [[Юдович, Кетрис, 2011, с. 314]: «... в слое кислородного минимума воды обогащаются растворенным  $\text{Mn}^{2+}$ , при этом растворенный бикарбонат вследствие разложения органического вещества обогащается легким изотопом углерода». Поэтому формирующиеся карбонатные осадки относительно обогащены марганцем и легким  $^{12}\text{C}$  изотопом углерода. При этом на аноксические обстановки осадконакопления указывает и значения цериевой аномалии (вариации 0,93-1,11), что означает отсутствие окисления Ce, а также обогащение доломитов Mn – в восстановительных бескислородных условиях происходит растворение гидроксидов Fe и Mn [Юдович, Кетрис, 2011].

Таким образом, проведенное изучение показывает, что венчающие доломиты в вендских отложениях Южного Урала формировались в условиях замкнутого внутриконтинентального моря в относительно мелководных и вместе с тем аноксических обстановках. Этим определяются их изотопно-геохимические

характеристики. Вероятно, между поздним рифеем и ранним вендом на Южном Урале был локальный бассейн с расчлененным рельефом, в котором накапливались подводно-оползневые с диамиктитами терригенные отложения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы №4 ОНЗ РАН.*

#### *Литература:*

*Виноградов В.И. Экскурсы  $\delta^{13}C$  неопротерозой-кембрийских карбонатов – отражение палеоклиматических обстановок? // XVIII симпозиум по геохимии стабильных изотопов имени академика А.П. Виноградова (14–16 ноября 2007 г, Москва). М.: ГЕОХИ РАН, 2007. С. 66-67.*

*Покровский Б.Г., Чумаков Н.М., Мележик В.А., Буякайте М.И. Геохимические особенности неопротерозойских «венчающих доломитов» Патомского палеобассейна и проблема их генезиса // Литология и полезные ископаемые, 2010. №6. С. 644-661.*

*Шатров В.А., Войцеховский Г.В. Применение лантаноидов для реконструкции обстановок осадкообразования в фанерозое и протерозое (на примере разрезов чехла и фундамента Восточно-Европейской платформы) // Геохимия, 2009. № 8. С. 805-824.*

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (Литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.*

*Mazumdar A., Strauss H. Sulfur and strontium isotopic compositions of carbonate and evaporite rocks from the Late Neoproterozoic-Early Cambrian Bilara group (Nagaur-Ganganagar basin, India): constraints on intrabasinal correlation and global sulfur cycle // Precambrian Research, 2006. V. 149. No. 3-4. P. 217-230.*

## **МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФРИТОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

**Бурцева М.В.<sup>\*</sup>, Мурзинцева А.Е.<sup>\*\*</sup>**

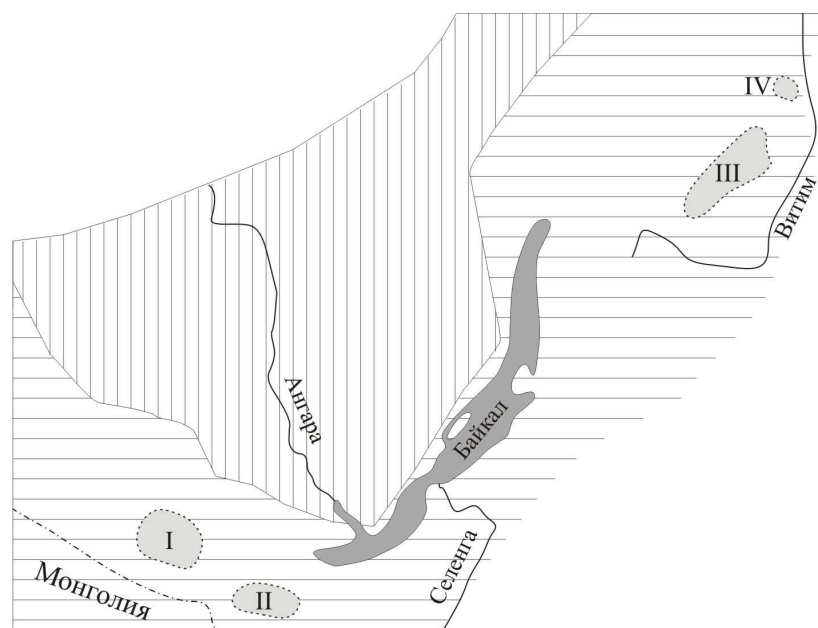
<sup>\*</sup>*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, mburtseva@mail.ru*

<sup>\*\*</sup>*Музей БНЦ СО РАН, г. Улан-Удэ, muzeybsc@yandex.ru*

Промышленно значимые месторождения нефрита известны в Канаде, Китае, Австралии, Новой Зеландии, Тайване, Корее, Польше и России. Мелкие проявления их часто ассоциируют с небольшими телами ультрамафитов в офиолитовых поясах Западных и Центральных Альп, Центральной Бразилии, в поясе, протягивающемся от Калифорнии до Аляски [Harlow et al., 2001].

Наиболее крупная нефритоносная провинция в России расположена в Южном складчатом обрамлении Сибирского кратона. Здесь установлены месторождения двух формационных типов – апогипербазитового (Джидинская, Восточно-Саянская площади, Парамский массив) и апокарбонатного (Витимская площадь) (рис. 1). Нами изучены минеральный состав и геохимические особенности нефритов Оспинского, Улан-Ходинского, Хара-Нурского, Парамского месторождений; Джидинской и Витимской площадей. Нефриты слагают шлиры и линзообразные тела в контактовых зонах серпентинизированных (лизардит-антигоритовых) оливин-гарцбургитовых пород и доломитовых мраморов с различными по составу алюмосиликатными породами. Детальную информацию по геологическим, петрохимическим, петрографическим особенностям проявлений можно найти в работах [Колесник, 1965; Сутурин и др., 1984].

Апокарбонатные и апогипербазитовые нефриты сложены тремолитом (табл. 1) и различаются между собой по содержанию аксессуарных и вторичных минералов. В нефритах, связанных с ультраосновными породами установлены хромит, диопсид, цоизит, апатит, кальцит, циркон, титанит, гроссуляр, серпентин, хлорит, тальк. В апокарбонатных нефритах набор минералов беднее, в них встречены диопсид, апатит, цоизит, кальцит, тальк.



**Рис. 1.** Расположение нефритоносных площадей в южном складчатом обрамлении Сибирского кратона. Нефритоносные площади: I – Восточно-Саянская, II – Джидинская, III – Витимская, IV – Парамский массив.

**Таблица 1.** Химический состав нефритов и серпентинитов, мас. %

	1	2	3	4	5	6		
№ проб	911	2682	744	1010	2639	2652	2858	2683
SiO <sub>2</sub>	46,60	55,80	54,80	56,20	55,90	53,90	55,20	57,40
TiO <sub>2</sub>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,50	0,90	1,80	0,90	1,10	0,70	0,70	1,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,93	0,26	0,38	0,21	0,26	0,21	0,07	<0,05
FeO	6,63	3,66	2,73	5,03	3,94	1,09	0,16	0,66
MnO	0,14	0,12	0,15	0,18	0,05	0,16	0,04	0,08
MgO	22,47	22,23	22,00	21,18	21,88	23,06	23,30	24,90
CaO	9,55	12,66	13,6	12,80	12,90	12,80	14,75	12,40
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,12	0,03	0,03	0,05	0,05	0,09
K <sub>2</sub> O	0,05	0,05	0,15	0,03	0,05	0,05	<0,01	<0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
п.п.п.	5,64	3,37	3,34	2,76	3,88	7,40	4,98	2,71
сумма	99,56	99,10	99,07	99,32	99,99	99,42	99,25	99,34
CO <sub>2</sub>	1,10	0,44	0,22	<0,22	<0,22	3,52	1,98	0,22
S	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
F	0,01	0,05	0,03	0,05	0,03	0,21	0,37	0,61
ppm								
V	56,0	9,80	32,0	14,0	20,0	18,0	25,0	18,0
Cr	1500,0	1970,0	2040,0	322,0	1570,0	32,0	23,0	4,9
Co	73,0	49,0	60,0	66,0	66,0	1,4	1,2	1,6
Ni	1500,0	1160,0	1490,0	1450,0	1230,0	14,0	25,0	7,7

*Примечание.* Месторождения: 1 – Парамское, 2 – Оспинское, 3 – Улан-Ходинское, 4 – Харанурское; площади: 5 – Джидинская, 6 – Витимская.

Концентрация Fe в апокарбонатных нефритах составляет 0,23-1,30 мас. %, в апогипербазитовых – 3,11-8,56 мас. %. Содержание фтора в первых колеблется от 0,21 до 0,61 мас. %, в то время как, в апогипербазитовых не превышает 0,05 мас. %. Количество Cr, Co и Ni в апогипербазитовых нефритах близко к замещаемым серпентинитам и почти на два порядка выше, чем в апокарбонатных (табл. 1). Благодаря этому апогипербазитовые нефриты имеют ярко-зеленую окраску.

В апокарбонатных нефритах содержание Be, Li, Cs, Rb на два порядка выше, чем в апогипербазитовых. Среди проявлений апогипербазитовых нефритов также фиксируются, хотя и менее контрастные, различия в содержаниях примесных элементов.

Проведенные исследования показали:

1. Существенные отличия в составе нефритов различной формационной принадлежности. Амфибол из апокарбонатного нефрита характеризуется низкими содержаниями Fe, Cr, Ni, Co, более высоким содержанием гранитофильных элементов (Be, Li, Cs, Rb) и фтора.

2. Вариации содержаний некоторых примесных элементов в апогипербазитовых нефритах могут быть использованы для идентификации их принадлежности к определенному нефритоносному полю.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ-мол. 12-05-31001.*

*Литература:*

*Колесник Ю.Н. Нефриты Сибири. Новосибирск: Наука. – 1965. – 150 с.*

*Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С. Нефриты. Новосибирск: Наука. – 1984. – 150 с.*

*Harlow G.E., Sorensen S.S. Jade: Occurrence and metasomatic origin. Extended abstract from International Geological Congress 2000. The Australian Gemmologist 21. – 2001. – P. 7-10.*

## **РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ ПРИБАЙКАЛЬЯ (ХР. ХАМАР-ДАБАН, О. ОЛЬХОН): ВОЗРАСТНЫЕ ДАННЫЕ И ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

**Горлачева Н.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, gornacheva@igc.irk.ru*

В Прибайкалье широко распространены разновозрастные и различные по вещественным характеристикам гранитоидные комплексы, сформированные в коллизионных и внутримитных геодинамических обстановках. Объектами нашего исследования являются раннепалеозойские коллизионные гранитоиды Прибайкалья: хребет Хамар-Дабан (Солзанский массив) и остров Ольхон (шаранурский комплекс).

Хамардабанский раннепалеозойский осадочно-метаморфический комплекс слагает Утуликский синклиорий и состоит из корниловской и шубутуйской свит. Солзанский массив является модельным объектом коллизионного магматизма в Центральной части хр. Хамар-Дабан. Восточная часть массива залегает согласно среди метаморфических пород амфиболитовой фации и имеет сложные извилистые очертания. Здесь развиты гранодиоритогнейсы и граниты с амфиболом, биотитом или гранатом в зависимости от того, в гнейсах какого состава они залегают. В пределах диопсидовых и куммингтонит-биотитовых сланцев шубутуйской свиты в гранитах появляется амфибол и гранат, в гнейсах корниловской свиты выплавки имеют состав биотитовых гранитов. По периферии они переходят в гранат-биотитовые лейкограниты, послойно внедрившиеся во вмещающие породы. Геологические взаимоотношения свидетельствует о параавтохтонном залегании восточной части Солзанского массива. В западном направлении тело гранитов внедряется вдоль нарушения на 15 км по латерали, косо пересекая вмещающие сланцы и гнейсы, а также изограды метаморфизма вплоть до андалузит-ставролитовой зоны. При внедрении западной части интрузии в экзоконтакте образуются кордиеритовые роговики [Макрыгина, 1981]. Механизмом образования Солзанского массива является частичное

плавление в условиях достигнутых температур высокой амфиболитовой фации (650-700°C) при снижении давления с незначительным перемещением не полностью гомогенизированного расплава. Средний возраст центральных частей магматических цирконов из гранитов изучаемого массива составляет 513-516 млн. лет, что вполне сопоставимо с более ранними определениями возраста гранитов Rb-Sr-методом в  $519 \pm 24$  млн. лет [Макрыгина и др., 1987].

Геологические структуры Ольхонского региона располагаются в северо-восточной части коллизионного пояса, в зоне сочленения Сибирского кратона и Баргузинского террейна. По В.С. Федоровскому они сформировались в результате синметаморфических деформаций, которые по своей природе могут быть определены как коллизионные [Федоровский и др., 1993]. Шаранурский комплекс гранитоидов, представленный мигматитами, гнейсогранитами, автохтонными и аллохтонными гранитами, жилами гранитов и гранит-пегматитов, был выделен Е.Б. Павловским и А.С. Ескиным [Павловский, Ескин, 1964]. Ольхонская толща охвачена региональным зональным метаморфизмом от эпидот-амфиболитовой до гранулитовой фаций. Нами изучались породы Шаранурского, Ташкинейского и Юго-Западного массивов, и ряд небольших выходов гранитоидов в северной и западной частях острова. В результате исследований было выявлено разнообразие гранитоидных пород: 1) мигматиты и плагиограниты 2) К-Na биотитовые или амфибол-биотитовые гранитоиды; 3) редкометалльные пегматоидные микроклин-альбитовые граниты; 4) биотит-амфиболовые граносиениты и кварцевые сиениты; 5) щелочные сиениты с биотитом, нефелином и шпинелью [Антипин и др., 2012]. Возраст гранитов Шаранурского гранито-гнейсового купола, определенный ранее U-Pb методом, составляет  $477 \pm 3$  млн. лет [Макрыгина и др., 2010]. В юго-западной части острова Ольхон также по циркону был определен U-Pb возраст кварцевых сиенитов, который составил  $495 \pm 6$  млн. лет [Гладкочуб и др., 2010] и близок по времени формирования к шаранурским К-Na гранитоидам.

Петролого-геохимическое сравнение гранитоидов шаранурского и хамардабанского гранитоидных комплексов Прибайкалья показало их сходство по возрасту и вещественному составу. Они относятся к раннепалеозойским синколлизонным образованиям S-типа. Это, в основном, коровые образования, источником расплавов которых являются гнейсы и сланцы хамардабанской и ольхонской метаморфических толщ. Об этом свидетельствуют результаты их геологического изучения и оконтуривания, а также унаследованность макро- и редкоэлементного состава плагиомигматитов-плагиогранитов и К-Na гранитоидов, которые формировались при анатектическом плавлении древнего сланцево-гнейсового субстрата. Существенное участие в образовании коллизионных гранитоидов Прибайкалья каледонского и докембрийского корового материала является также критерием геодинамических условий их образования.

Позднепалеозойский ареал магматизма хребта Хамар-Дабан характеризуется развитием на его периферии субщелочных гранитоидов и редкометалльных гранитов интрузивно-субвулканического комплекса, которые являются постколлизонными образованиями и фиксируют переход к внутриплитному магматизму с проявлением различных геохимических типов пород. На о. Ольхон также установлены поздние магматические проявления щелочных сиенитов и пегматоидных редкометалльных гранитов с резко повышенными концентрациями Rb, Cs, Be, Ta, Nb, Sn, W и ассоциирующей Be минерализацией. Редкометалльные пегматоидные граниты шаранурского комплекса отличаются от берилл-мусковитовых и сподуменовых пегматитов Хамар-Дабана, что связано с обогащением литием гнейсов хамардабанской серии по отношению к ольхонской толще. Сходство петрогеохимических особенностей гранитоидов Хамардабан-Ольхонского региона Прибайкалья характеризуют близкие геодинамические условия их проявления.



*Исследования выполняются при поддержке гранта РФФИ 11-05-00515-а, ИП №17 и Ведущей научной школы НШ -6153.2012.5*

**Литература:**

Антипин В.С., Горлачева Н.В., Макрыгина В.А., Куц Л.В. Состав и геохимическая типизация гранитоидов острова Ольхон (шаранурский комплекс) // Доклады АН. – 2012. – Т. 445. – № 2. – С. 174-178.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Федоровский В.С., Мазукабзов А.М., Ларионов А.Н., Сергеев С.А. Ольхонский метаморфический террейн Прибайкалья: раннепалеозойский композит фрагментов неопротерозойской активной окраины // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 5. – С. 571-588.

Макрыгина В.А. Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма умеренных и низких давлений. Новосибирск: Наука. – 1981. – 196 с.

Макрыгина В.А., Сандимирова Г.П., Николаев В.М., Плюснин Г.С. Rb-Sr возраст метаморфических пород хамардабанского комплекса (юго-западное Прибайкалье) // Изотопное датирование процессов метаморфизма и метасоматоза. – 1987. – С. 184–195.

Павловский Е.В., Ескин А.С. Особенности состава и структуры архея Прибайкалья. М.: Наука. – 1964. – 128 с.

Федоровский В.С., Добржинская Л.Ф., Молчанова Т.В., Лихачев А.В. Новый тип меланжа // Геотектоника. – 1993. – № 4. – С. 30-45.

## **ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС СУБЩЕЛОЧНЫХ ЛАВ ВУЛКАНА УКСИЧАН (Срединный хребет, Камчатка)**

**Давыдова М.Ю.**

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

Вулкан Уксичан расположен в пределах Срединного хребта Камчатки, в тыловой зоне современного вулканического пояса. В истории его формирования выделяются 2 основных этапа: 1) среднеплиоценовый, с развитием вулканических аппаратов центрального типа (стратовулкан, щитовой вулкан, кальдера-вулкан); 2) плейстоцен-голоценовый, с площадными излияниями преимущественно основных лав, с формированием небольших щитовых вулканов и ареальных конусов. Проведенные в разное время тематические научные исследования позволили установить вещественное многообразие вулканических образований и выделить среди них основные геохимические типы [Антипин и др., 1987; Перепелов, 1989]: высококалийевую известково-щелочную и шошонит-латитовую серии для постройки вулкана Уксичан, умереннокалийевую известково-щелочную с присутствием магнезиальных разностей пород – для наиболее молодых плейстоцен-голоценовых вулканитов. На основании петро-геохимических характеристик предпринимались попытки установить геодинамические условия формирования вулканогенных образований [Антипин и др., 1987]. Магматические расплавы известково-щелочного базальтоидного и шошонит-латитового составов рассматривались как разноглубинные, образовавшиеся в результате эволюции различных родоначальных магм. В данной работе приводятся новые данные, полученные автором по вулканическим комплексам среднеплиоценового этапа, которые позволяют по-новому рассмотреть некоторые вопросы их происхождения. Значительное разнообразие петрохимических типов среднеплиоценовых вулканитов выражается и в особенностях их минерального состава. С ростом кремнекислотности и щелочности в породах закономерно меняется ассоциация породообразующих минералов от  $Pl+Ol+Cpx\pm TiMt\pm Orx$  парагенезисов в ВК-базальтах до  $Bi+Amf+Pl\pm TiMt\pm Cpx\pm Orx$  в трахириодацитах. При этом щелочные минералы в исследованных образцах не обнаружены. Фенокристы оливинов,

пироксенов и плагиоклазов отличаются, как правило, прямой зональностью, с возрастанием к краевым зонам содержания железа в темноцветных минералах и натрия – в плагиоклазах.

Важной, не отмечаемой ранее, минералогической особенностью некоторых образцов ВК-базальтов, ВК-андезиобазальтов и ВК-андезитов стратовулкана, а также ВК-андезиобазальтов и латитов щитового вулкана являются гибридные парагенезисы фенокристов с прямой, обратной и ритмичной зональностями темноцветных и лейкократовых минералов. Но поскольку эта особенность не отражается в петрохимических и изотопно-геохимических характеристиках, есть все основания предполагать ее происхождения в результате кумулятивных процессов, при незначительной роли коровой контаминации в происхождении магматической серии. Важной особенностью петрохимических трендов лав первого этапа является поведение глинозема – при содержаниях MgO в породах ниже 6 мас. %, концентрации Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> существенно варьируют от 15.8 до 21 мас.%, формируя беспорядочный рой точек на вариационных диаграммах. При этом глиноземистые разновидности характеризуются вполне определенными геологическими особенностями, формируясь на начальных этапах активности вулканических сооружений. Для объяснения особенностей поведения данного элемента были выполнены специальные расчеты с использованием программы «Комагат» [Арискин, 1993]. Составы первичных магм были получены путем пересчета наиболее магнезиальных природных образцов (MgO > 6 мас%) на расплавы, равновесные с O185 по программе Petrolog–III [Плечов, Данюшевский, 2006]. В безводных условиях, при P=10 кбар, к образцу с содержанием MgO 4.93 мас. % требуется добавить ~5.4 об.% оливина и ~16.7 об.% клинопироксена. Последующие вычисления с использованием различных моделей кристаллизационной дифференциации, давлений, содержаний воды и активности кислорода показали, что наибольшее соответствие петрохимических и расчетных трендов наблюдается при изобарической фракционной кристаллизации (H<sub>2</sub>O ~ 0.6-2 мас. %, fO<sub>2</sub> - +2, +2.5 QFM). Особенности поведения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> можно объяснить только равновесной кристаллизацией первичного расплава при различных давлениях – от 9 до 1 кбар. Последнее свидетельствует о существовании под вулканом Уксичан разноглубинных магматических камер. Тренд с накоплением глинозема отражает кристаллизационную дифференциацию в высокобарических условиях при P = 9-7 кбар (~27-21 км). Низкобарическое фракционирование минеральных фаз (1-5 кбар, 3-15 км.) приводит к появлению низкоглиноземистых составов. Существование разноглубинных магматических камер под современными вулканами Камчатки подтверждается сейсмотомаграфическими [в. Ключевской, Koulikov et al., 2011] и геохимическими данными [в. Шевелуч, устное сообщение Н.В. Горбач].

#### *Литература:*

*Антипин В.С., Вольнец О.Н., Перепелов А.Б., Патока М.Г., Успенский В.А. Геологические соотношения и геохимическая эволюция известково-щелочного и субщелочного вулканизма кальдеры Уксичан (Камчатка) // Геохимия магматических пород современных и древних активных зон. Новосибирск: Наука, 1987. С. 72-81.*

*Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Вадеевская А.А., Огородова А.С. Вулкан Уксичан в Срединном хребте Камчатки // Вулканизм и геохимия его продуктов. М.: Наука, 1967, С. 93-111.*

*Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Вадеевская А.А., Огородова А.С. Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки // М.: Наука, 1972, 191 с..*

*Перепелов А.Б. Геохимия позднекайнозойских высококальциевых вулканических серий островодужной системы Камчатки (Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук) // Иркутск: 1989. 394 с.*

*Плечов П.Ю., Данюшевский Л.В. PETROLOG III. Моделирование равновесной и фракционной кристаллизации // Материалы ЭСМПГ-2006. Вестник Отделения наук о Земле РАН. 2006. № 1. С. 24.*

*Скорородов В.Н. Динамика развития кольцевых структур на примере камчатских вулканов Уксичан, Крашенинникова и Малый Семячик // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С. 117-124.*

- Скорородов В.Н. Некоторые особенности эволюции четвертичного вулкана Уксичан (Срединный хребет Камчатки) // Палеовулканологические реконструкции. – Новосибирск: Наука, 1976. С. 113-121.
- Стефанов Ю.М., Широкий Б.И. Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. М.: Наука, 1980, 104 с.
- Ariskin A.A., Frenkel M.Ya., Barmina G.S., Nielsen R.L. COMAGMAT: a Fortran program to model magma differentiation processor. // Computers and Geosciences. 1993. V.19. P.1155-1170.
- Koulakov I., Gordeev E.I., Dobretsov N.L. et al. Feeding paths of the Kluchevskoy volcano group (Kamchatka) from the results of local earthquake tomography // Geophysical Research Letters. 2011. V. 38. doi:10.1029/2011GL046957.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРАНЗИТНОЙ ТЕФРЫ ОСТРОВА МАТУА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ) НА ОСНОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Дегтерев А.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,  
d\_a88@mail.ru

При проведении разноплановых геологических (в т.ч. вулканологических, палеогеографических и др.) реконструкций в рамках четвертичного времени тефрохронологическим исследованиям уделяется все большая роль. Связано это с тем, что тефра выступает мощным и, во многом, уникальным стратиграфическим инструментом, позволяющим осуществлять высокоточные датирование, корреляцию и синхронизацию различных природных событий и ассоциирующихся с ними отложений [напр.: Базанова и др., 2005; Braitseva et al., 1997; Lowe, 2011].

Настоящее исследование посвящено вопросам идентификации транзитных пеплов, обнаруженных на о-ве Матуа (Центральные Курильские о-ва), выполненной на основе изучения содержания петрогенных окислов, микро- и редкоземельных элементов. Полученные данные могут быть использованы при проведении дальнейших тефрохронологических исследований в пределах Охотоморского региона.

Фактический материал собран в ходе экспедиционных исследований на о-ве Матуа в 2009-2010 гг. [Левин и др., 2009, 2010]. Химический состав тефры изучен в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток). Определение содержания H<sub>2</sub>O, п.п.п., SiO<sub>2</sub> выполнено методом гравиметрии аналитиком В.Н. Каминской, остальных элементов – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500 Duo (Thermo Electron Corporation, США) аналитиками Г.И. Горбач, Е.А. Ткалиной, Н.В. Хуркало.

О-в Матуа располагается в северной оконечности Центральных Курильских островов, между островами Райкоке на севере и Расшуа на юге. В плане остров имеет форму эллипса размером 6,4 × 12 км и площадью 52 км<sup>2</sup>, длинной осью вытянут вкостростирацию Курильской дуги. Юго-восточная оконечность острова представляет собой плоскую равнину с высотами в 40–60 м над у.м. Северо-западная часть целиком занята постройкой влк. Пик Сарычева – активнейшего вулкана Курильской островной дуги.

В ходе исследований, направленных на реконструкцию эруптивной истории влк. Пик Сарычева, установлено, что преобладающий состав тефры голоценовых извержений вулкана андезибазальтовый и андезитовый. При этом общий характер эволюции вещественного состава вулканических продуктов на протяжении голоцена имеет слабовыраженную антидромную направленность, проявляющуюся на общем фоне сокращения разнообразия составов пород во времени. Эта тенденция наиболее ярко выражена с начала позднего голоцена, что отчетливо отражается в продуктах

современного этапа активности вулкана, представленных исключительно умереннокалиевыми андезибазальтами [Дегтерев и др., 2012].

В разрезе почвенно-пирокластического чехла о-ва Матуа, образованного преимущественно продуктами влк. Пик Сарычева, обнаружено несколько горизонтов транзитной тефры. Ее источники находились за пределами острова и были связаны с активностью соседних вулканов. Два пепловых прослоя – с индексами СКг и Us-Kr – были выделены ранее на территории Центральных Курил, в частности на о-ве Матуа, японскими исследователями [Nakagawa et al., 2008, 2009]. Источник пепла с индексом СКг к настоящему времени точно не установлен, однако предполагается, что он был локализован в пределах северной части о-ва Итуруп (Южные Курилы). Пепел Us-Kr предположительно относится к кальдерообразующему извержению влк. Ушишир (о-в Янкича, Центральные Курилы) [Nakagawa et al., 2008, 2009]. Еще один пепловый прослой, описываемый нами под номером 44а/45/10, выявлен впервые. С активностью удаленного источника связано и образование пепловых прослоев № 60/45/10 и 62/45/10.

Пепловые прослоя СКг (~2100 л.н.) и Us-Kr (~1900 л.н.) в разрезе ППЧ о-ва Матуа выделяются по светлой окраске. На фоне оливковых и коричнево-серых отложений пеплы бежевого, светло-желтого цвета создают определенный контраст с вмещающими отложениями. Гранулометрический состав, соответствующий алевриту с примесью пелитовой фракции при мощности слоев около 1.0 (СКг) и 1.5-2.0 (Us) см, выдержан по всей площади острова. Яркие литологические признаки позволяют с легкостью диагностировать эти пеплы в большинстве разрезов, что делает их важнейшими маркерами позднеголоценовых отложений Центральных Курил [Разжигаева и др., 2009, 2013; Nakagawa et al., 2008, 2009].

Геохимические характеристики пеплов СКг и Us-Kr также заметно отличаются от тефры влк. Пик Сарычева по вариациям петрогенных оксидов, так и по распределению микроэлементов. Это проявлено в концентрациях LILE и других некогерентных элементов: фигуративные точки образцов СКг и Us заметно «выбиваются» из общего роя точек тефры влк. Пик Сарычева. На диаграммах спектров нормированных значений элементов этих пеплов также выражены заметные отличия геохимических характеристик. Пепел СКг из всех проанализированных образцов является наиболее обогащенным MREE (средними редкоземельными элементами), HREE и HFSE. Пепел Us характеризуется минимальными концентрациями LILE, LREE, а также Ta, Nb, а на классификационной диаграмме его состав соответствует полю низкокалиевых пород.

В средней части разреза обнаружен прослой светло-желтого алевритового пепла № 44а/45/10 (~4200 л.н.), залегающий с неясным контактом между горизонтами погребенных почв. По совокупности геохимических характеристик данный пепел также относится к разряду транзитных. На бинарных диаграммах зависимости между LILE и SiO<sub>2</sub> фигуративная точка этого пепла отчетливо отделена от тефры влк. Пик Сарычева. Спектр распределения микроэлементов характеризуется высокими концентрациями нормированных значений LILE, LREE, MREE и HFSE. Суммарная концентрация REE этого пепла максимальна и составляет 127 г/т. В нем определено наибольшее содержание K<sub>2</sub>O (1.73 мас. %), близкое к породам высококалиевой серии.

Еще два пепловых прослоя № 60/45/10 и 62/45/10 (~8000 л.н.) также, возможно, являются удаленными. По валовому составу они не имеют существенных различий с образцами тефры влк. Пик Сарычева. Вариации LILE-SiO<sub>2</sub> в них также не обнаруживают каких-либо отклонений от общего роя значений; некоторые отличия проявлены на микроэлементных спектрах в повышенных концентрациях MREE и отчетливо выраженном Eu-минимуме (Eu/Eu\* = 0.75 и 0.79, соответственно). Представленных характеристик, однако, недостаточно для того, чтобы однозначно отрицать вероятность происхождения пепловых данных пепловых прослоев из местного источника - влк. Пик Сарычева.

Для дальнейшего развития тейфрохронологических исследований в масштабах Охотоморского региона необходимо повышение уровня их детализации и, в частности, проведение работ по синхронизации результатов наземных и морских исследований.

*Исследования выполнены при поддержке гранта ДВО РАН (№ 13-III-B-08-003).*

#### *Литература:*

*Базанова Л.И., Брайцева О.А., Дирксен О.В. и др. Пеплопады крупнейших голоценовых извержений на траверсе Усть-Большерецк – Петропавловск-Камчатский: источники, хронология, частота // Вулканология и сейсмология. 2005. № 6. С. 30–46.*

*Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Мелекесцев И.В., Разжигаяева Н.Г. Эксплозивные извержения вулкана Пик Сарычева в голоцене (о. Матуа, Центральные Курилы): геохимия тейфры // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 6. С. 16–26.*

*Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаяева Н.Г. и др. Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева–2009» (Курильские острова) // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98–104.*

*Левин Б.В., Мелекесцев И.В., Рыбин А.В. и др. Экспедиция «Вулкан Пик Сарычева–2010» (Курильские острова) // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 6. С. 152–159.*

*Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И. и др. Соотношение климатического и вулканогенного факторов в развитии ландшафтов острова Симушир (Центральные Курилы) в среднем-позднем голоцене // Тихоокеанская геология, 2013. Т. 32. № 3. С. 66–78.*

*Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Торфяник о. Кетой - опорный разрез среднего-позднего голоцена Центральных Курил // Тихоокеанская геология, 2009. Т. 28. № 6. С. 65–80.*  
*Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quatern. Res. 1997. Vol. 47. P. 125–139.*

*Lowe J.D. Tephrochronology and its application: A review // Quatern. Geochronol. 2011. Vol. 6, № 2. P. 107–153.*

*Nakagawa M., Ishizuka Y., Hasegawa T., Baba A., Kusugi A. KBP Report. Sapporo: Hokkaido University, 2008. 54 p.*

*Nakagawa M., Baba A., Ishizuka Y. et al. Tephrostratigraphy of Kuril Islands: evaluation of Holocene eruptive activity of Kuril Arc // 6th Biennial Workshop on Japan–Kamchatka–Alaska Subduction Processes (JKASP–2009), June 22–26, 2009. Fairbanks (Alaska): Geophysical Institute, University of Alaska, 2009. P. 260.*

## **ЛИТОСФЕРНАЯ МАНТИЯ ПОД КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКОЙ ОБНАЖЕННАЯ**

**Калашникова Т.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск; Kalashnikova@igc.irk.ru*

Кимберлитовая трубка Обнаженная располагается в Куойкском поле в северо-восточной части Сибирского кратона. Данная трубка интересна обилием и разнообразием мантийных ксенолитов.

Породы ксенолитов трубки характеризуются в целом средне-крупнокристаллической панидиоморфнозернистой структурой. Между различными группами существуют переходы по минеральному составу – от лерцолитов и гарцбургитов до вебстеритов и клинопироксенитов, что позволяет предположить существование расслоенной серии [Соловьева, 1994]. Наблюдаются породы как гранатовой, так и шпинелевой фации. Шпинель- и гранатсодержащие лерцолиты являются преобладающей разновидностью ксенолитов в данной трубке (около 30%). Шпинель большей частью присутствует в перидотитах и представлена включениями в межзерновом пространстве, либо в структурах распада пироксенов, а также образует графические выделения структур распада. Гранат в основном содержится в породах пироксенитового ряда в виде ранних идиоморфных выделений, либо в пироксене в виде структур распада. Иногда наблюдается замещение шпинели гранатом в ассоциации с ильменитом и флогопитом.

В ксенолитах наблюдаются метасоматические изменения пород. В некоторых образцах пироксенитов и в единичных случаях – перидотитов наблюдалось замещение амфиболом граната и клинопироксена. Около 5-7% пород подверглись флогопитизации. Слюда в них представлена как единичными зернами в межзерновом пространстве, так и продуктами изменения пироксена. Флогопит часто находится в ассоциации с ильменитом и, скорее всего, является результатом кристаллизации поздних дифференцированных ультраосновных расплавов и не связан с внедрением кимберлитов.

Таким образом, петрографические особенности (такие как развитие граната по шпинели, выделение флогопита) предполагают погружение на более глубокие горизонты и наличие мантийного метасоматизма, что можно связать с субдукционным процессом. В работе Тейлора и др. [Тейлор и др., 2005] на основании данных по распределению изотопов кислорода предполагается происхождение части перидотитов из субдуцированной океанической коры. Полученные этими авторами значения  $\delta^{18}\text{O}$  выходят за диапазон мантийных, что интерпретируется как следствие низко- и среднетемпературных гидротермальных процессов, происходивших перед субдукцией ультраосновной части слэба.

Полученные нами данные по изотопному содержанию кислорода  $\delta^{18}\text{O}$  в ксенолитах из трубки Обнаженная показаны на рис. 1. Также использовались литературные данные [Тейлор и др., 2005]. Следует отметить, что полученные значения находятся выше мантийных и, в целом, согласуются с данными Л. Тейлора с соавторами. Породы с высоким содержанием оливина (лерцолиты и вебстериты) попадают в область мантийных значений, а также лежат несколько выше. Наиболее высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  наблюдаются в гранатах из пироксенитов и эклогитов (т.е. в породах с высоким содержанием пироксена). Кроме того, был проанализирован гранат из Phl-содержащих пород. Полученные значения в большинстве попадают в мантийную область и подтверждают гипотезу, что образование флогопита связано с кристаллизацией поздних дифференцированных расплавов (отдельные выделения в межзерновом пространстве в ассоциации с ильменитом), либо с мантийным метасоматизмом.

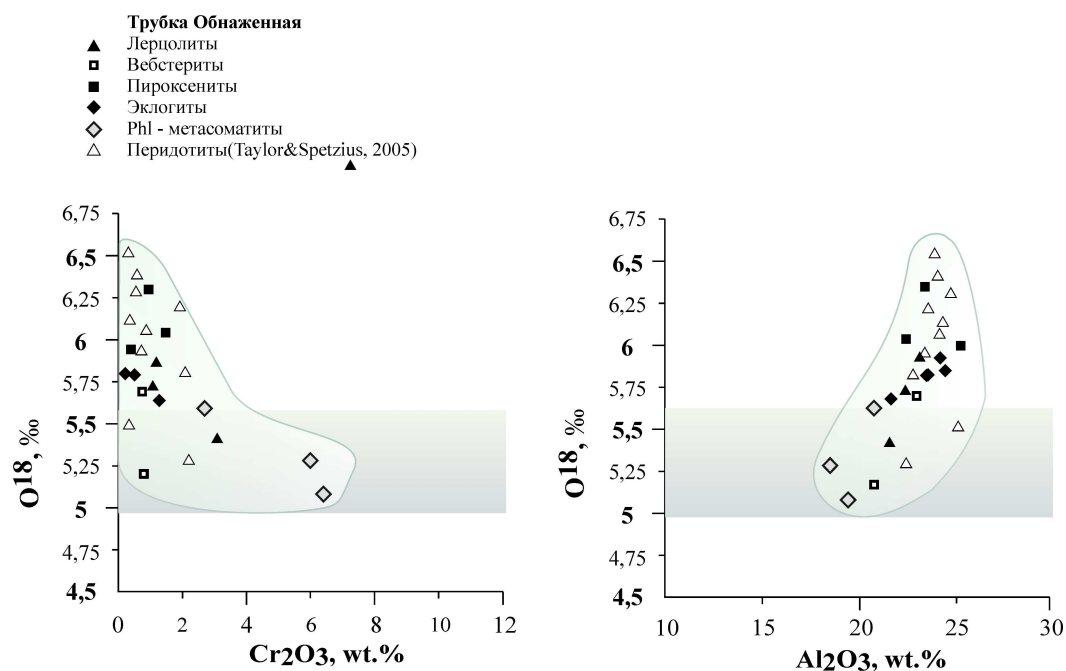


Рис. 1. Зависимость величины  $\delta^{18}\text{O}$  от  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в гранатах из мантийных ксенолитов трубки Обнаженная. Светлые треугольники – литературные данные – лерцолиты-гарцбургиты [Тейлор и др., 2005]. Серое поле – диапазон величины  $\delta^{18}\text{O}$  в мантийных гранатах  $5,3 \pm 0,3$  [по Matthey, 1994; Valley, 1998].

Высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  в клинопироксенитах (с высоким содержанием Fe) и эклогитах связываются нами с воздействием морской воды. Согласно модели Л. Тейлора [Тейлор и др., 2003], при субдукции океанической коры при 20-40 кбар начинается частичное плавление, и образуются 2 типа расплавов – типа тоналит-трондъемит-гранодиорит (богатые щелочами и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , бедные MgO) и карбонатитовые (результат плавления богатых  $\text{CO}_2$  океанических осадков). При взаимодействии данных расплавов с лежащими выше перидотитами образуются эклогиты. Однако в наших ксенолитах из трубки Обнаженная отсутствует аномалия по Eu, которая должна была бы отмечаться в случае кристаллизации из материала слэба. Можно предположить, что высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  связаны с воздействием выделявшихся в процессе субдукции флюидов, которые реагировали с находящимися выше слоями ультрабазитов. Таким образом, в процессе формирования литосферной мантии под трубкой Обнаженная отмечается влияние субдукционного процесса.

#### *Литература:*

- Соловьева Л.В., Владимиров Б.М., Днепровская Л.В. и др. // *Кимберлиты и кимберлитоподобные породы: Вещество верхней мантии под древними платформами.* – Новосибирск: ВО Наука, 1994. – 256 с.
- Тэйлор Л.А., Спецус З.В., Уизли Р., Спикуцца М., Вэлли Д.У. *Океанические протолиты алмазонасных перидотитов: свидетельство их корового происхождения на примере якутских кимберлитов* // *Геология и геофизика.* – 2005. – Т. 46. – № 12. – С. 1198-1206.
- Mattey D., Lowry D., Macpherson C. *Oxygen isotope composition of mantle peridotite* // *Earth Planetary Science Letters.* – 1994. – V. 128. – P. 231-241.
- Taylor, L.A., Snyder, G.A., Keller, R., Remley, D.A., Anand, M., Wiesli, R., Valley, J., Sobolev, N.V. *Petrogenesis of group A eclogites and websterites: Evidence from the Obnazhennaya kimberlite, Yakutia* // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 2003. – V. 145. – P. 424-443.
- Valley J.W., Kinny P.D., Schulze D.J., Spicuzza M.J. *Zircon megacrysts from kimberlite: Oxygen isotope heterogeneity among mantle melts* // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 1998. – V. 133. – P. 1-11.

## **ВЕЩЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРАНЖЕИТОВ КОСТОМУКШИ-ЛЕНТИИРО (КАРЕЛИЯ, РОССИЯ; ФИНЛЯНДИЯ)**

**Каргин А.В.**

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии  
РАН, г. Москва, kargin@igem.ru*

Щелочно-ультраосновные породы поля Костомукша-Лентииро-Кухмо (возраст 1.23-1.20 млрд. лет [Беляцкий и др., 1997, O'Brien et al., 2007]), расположены на севере Восточно-Европейской платформы в пределах архейского Карельского кратона. Особенности минерального и геохимического составов характеризуют изученные породы как близкие к кимберлитам группы II Южной Африки (оранжеитам), в большей степени, чем к оливиновым лампроитам, а также отражают их внутриплитное глубинное происхождение в области устойчивости алмаза.

**Особенности минерального состава.** По содержанию фенокристов среди изученных пород можно выделить оранжеиты трех основных типов:

1. Crx-Phl-Ol тип – сложен оливином нескольких генераций, флогопитом, который часто формирует крупные пойкилитовые кристаллы, а также фенокристами клинопироксена. Основная масса состоит из серпентина и в подчиненном значении карбоната, апатита, шпинели, магнетита и перовскита. Crx-Phl-Ol оранжеиты Костомукши содержат большое количество крупных макрокристов и фенокристов оливина (до 70-80 об. %), петрографический облик этих пород несет признаки

кумулятивного генезиса. В Сrx-Phl-Ol оранжеитах Лентиры содержится меньше клинопироксена, оливина и значительно больше карбоната в основной массе;

2. Phl Ol тип – сложен оливином двух генераций и флогопитом. При этом в некоторых разностях доминирует оливин, а в других слюда. Акцессорные фазы – апатит, шпинель и магнетит, иногда титанит (сфен), карбонат;

3. Phl-Carb тип – сложен флогопитом, карбонатом и апатитом. Отмечаются немногочисленные псевдоморфозы карбоната по оливину. Акцессорные фазы представлены сульфидами, магнетитом и реже шпинелью. Возможно, в породе присутствовал лейцит, поскольку встречаются псевдоморфозы карбоната характерного шестиугольного габитуса.

Породы двух первых типов слагают дайки Костомукшского, Корпангского кустов и Лентиры, а оранжеиты Phl-Carb типа - дайки Таловейского куста.

Составы флогопитов, пироксенов, шпинелей и апатитов сопоставимы с составами данных минералов из оранжеитов Южной Африки по [Mitchell, 1995]. В работе рассмотрены вопросы генезиса неизмененного оливина, который был встречен только в оранжеитах Сrx-Phl-Ol типа Лентиры. По размерам и габитусу выделения оливина можно разделить на четыре группы:

1. Оливины I – крупные (3x2 мм) кристаллы с округлыми контурами, обычно зональные. Центральные части имеют состав Fo92 с высоким содержанием NiO (0.33-0.37 мас. %) и низким CaO (0.03-0.04 мас. %). Такие кристаллы можно интерпретировать как ксенокристы из деплетированных перидотитов шпинель-гранатовой фации глубинности;

2. Оливины II – гипидиоморфные или идиоморфные небольшие кристаллы (обычно 0.15-0.3 мм). По составу сопоставимы с краевыми частями зональных кристаллов оливина I и III генераций - Fo 88-89 с высоким содержанием CaO (0.10-0.42 мас. %), умеренными NiO (0.14-0.35 мас. %) и MnO (до 0.07-0.21 мас. %). Их происхождение, по крайней мере для кайм, с наибольшей вероятностью связано с кристаллизацией из кимберлитового расплава;

3. Оливины IIб – образуют микрофенокристы в основной массе (менее 0.1 мм), которые отличаются от оливина II более железистым составом – Fo 86-87. Вероятнее всего они образовались на поздней стадии кристаллизации из наиболее фракционированного оранжеитового расплава;

4. Оливины III - имеют, в основном, промежуточные размеры (около 1.5x1.0 мм) и неправильную форму с округлыми контурами, часто напоминающую «плитки» (tablets, по [Arndtetal., 2010]). Ядра таких оливинов имеют состав Fo 82-83 с низким содержанием CaO (0.03-0.05 мас. %), NiO (0.12-0.17 мас. %) и высоким MnO (до 0.40 мас. %). Характер поведения элементов-примесей не позволяет сделать надежный выбор в пользу кумулюсной или метасоматической модели происхождения железистых оливинов III. Можно предположить, что они представляют исходно кумулюсные образования, испытавшие метасоматическое преобразование.

**Петрогеохимические особенности.** По содержаниям петрогенных оксидов и редких элементов примесей породы обладают промежуточным составом между кимберлитами группы I Южной Африки, оранжеитами и лампроитами.

Петрохимические различия выделенных минеральных типов оранжеитов сводятся к тому, что при переходе от Сrx-Phl-Ol и Phl-Ol к Phl-Carb оранжеитам происходит уменьшение концентраций MgO и SiO<sub>2</sub> на фоне повышения концентраций Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, в меньшей степени Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Эти петрохимические изменения отражают уменьшение роли в составе пород силикатных фаз (оливин, клинопироксен, флогопит) и возрастание роли фосфатов, титанатов, карбонатов.

Все породы обогащены относительно примитивной мантии крупноионными литофильными элементами и легкими REE, а также в меньшей степени



высокозарядными элементами и тяжелыми REE с сильным фракционированием REE, величины  $(La/Yb)_n$  варьируют от 180 до 300.

Оранжеиты Костомукши характеризуются низко- и умеренно-радиогенными значениями начальных изотопных отношений  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_{1220}$ , варьирующими от 0.7038 до 0.7067. Изотопный состав Nd в оранжеитах характеризуется низкордиогенными отношениями  $^{143}Nd/^{144}Nd$ : значения  $\epsilon Nd_{(1220)}$  варьируют в пределах от -6.9 до -12. Оранжеиты Phl-Carb типа Таловейского куста отличаются менее радиогенным изотопным составом Nd ( $\epsilon Nd_{(1220)}$  от -11 до -12) по сравнению с Срх-Phl-Ol и Phl-Ol оранжеитами Костомукши ( $\epsilon Nd_{(1220)}$  от -6.9 до -9.4).

На основе новых и обобщения ранее опубликованных данных в докладе предложена новая модель петрогенезиса оранжеитов Костомукши.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (МК- 2723.2012.5).*

#### *Литература:*

*Беляцкий Б.В., Никитина Л.П., Савва Е.В. и др. Изотопные характеристики лампроитовых даек восточной части Балтийского щита // Геохимия. 1997. № 6. С. 658-662.*

*Arndt N.T., Guitreau M., Boullier A.-M., le Roex A., Tommasi A., Cordier P., Sobolev A. Olivine and the origin of kimberlite // Journal of Petrology. 2010. V. 51. P. 573-602.*

*Mitchell R.H. Kimberlites, orangeites and related rocks, New York: Plenum Press, 1995, 410 p.*

*O'Brien H., Phillips D., Spencer R. Isotopic ages of Lentiira-Kuhmo-Kostomuksha olivine lamproite - Group II kimberlites // Bulletin of the Geol. Soc. of Finland. 2007. V. 79. P. 203-215.*

## **ГЕОХИМИЯ ПИРОКСЕНИТОВ И ПЕРИДОТИТОВ ЭГИЙНГОЛЬСКОГО МАССИВА**

**Каримов А.А.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, anas@igc.irk.ru*

В рамках данной работы были описаны и исследованы пироксениты и вмещающие перидотиты Эгийнгольского перидотитового массива, расположенного в Джидинской зоне палеозой, располагающейся между Тувино-Монгольским микроконтинентом и Хамардабанской зоной, складчатого обрамления Сибирской платформы [Гордиенко и др., 2007].

Пироксениты Эгийнгольского перидотитового массива представлены двумя разновидностями: ортопироксенитами и вебстеритами. Ортопироксениты имеют сильно выветрелый облик, трещиноваты. Структура их меняется от мелкозернистой до крупнозернистой, текстура массивная. Минеральный состав ортопироксенитов: ортопироксен (80-90%), клинопироксен (5-10%), оливин (0-5%), хромшпинелид (0-5%). Зерна ортопироксенов значительно (в 2-3 раза) больше зерен клинопироксенов.

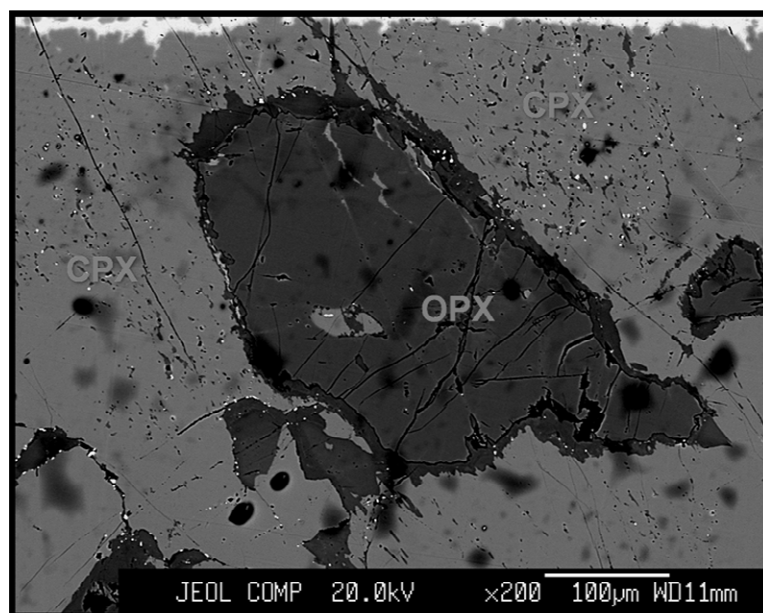
Вебстериты имеют такой же выветрелый облик как и ортопироксениты, трещиноваты. Минеральный состав вебстеритов: клинопироксен (40-50%), ортопироксен (40-50%), хромшпинелид (0-5%). Клинопироксены имеют большие размеры в сравнении с ортопироксеном. Иногда, внутри зерен клинопироксенов встречаются включения ортопироксена (рис. 1).

Пироксениты имеют значительно высокие содержания кремнезема ( $SiO_2$  52,02-57,06 мас.%), кальция ( $CaO$  1,5-13,5 мас.%). Содержания магния более низкие чем в перидотитах ( $MgO$  25,87-33,93 мас.%), и изменяются от вебстеритов к ортопироксенитам. Все пироксениты Эгийнгольского массива характеризуются

высокими и достаточно близкими значениями магнезиальности  $Mg\#$  ( $(100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}))$ ) от 87,3 до 92.

Перидотиты характеризуются наибольшими содержаниями магния ( $MgO$  до 49,5 мас.%), железа ( $FeO$  7-8,12 мас.%), и наименьшими кремнезема ( $SiO_2$  40,52-49 мас.%), кальция ( $CaO$  до 1 мас.%), алюминия ( $Al_2O_3$  0,3-1,31 мас.%). Для перидотитов характерно следующее: содержания  $Al_2O_3$  изменяются в пределах от 0,3 до 1,31 мас.% (одна проба М11-75 имеет 2,55 мас.%  $Al_2O_3$ ),  $CaO$  – до 1 мас.%, и вариации магнезиальности  $Mg\#$  ( $(100 \cdot Mg / (Mg + Fe^{2+}))$ ) от 90 до 92. Подобные вариации характерны как для абиссальных, так и для надсубдукционных перидотитов [Горнова и др., 2010].

Для шпинелей из пироксенитов характерны более высокая хромистость, и наоборот – более низкая магнезиальность в сравнении с вмещающими их перидотитами. Поскольку, в представленных пироксенитах наблюдается отрицательная корреляция хромистости и магнезиальности шпинелей (хромистость растет, магнезиальность падает), то можно сделать вывод, что произошло взаимодействие с расплавом, которое и привело к подобному поведению хромистости и магнезиальности в шпинелях, как и в породах офиолитового комплекса Войкар-Сыннинского массива [Белоусов и др., 2009].



*Рис. 1. Вебстерит, изображение в обратно-рассеянных электронах. М11-159. Включение ортопироксена в клинопироксене.*

Составы оливина из ортопироксенитов Эгийнгольского массива имеют концентрации  $NiO$  (0,2-0,3 мас.%) и магнезиальность близкие к значениям оливинов из СОХ, тогда как точки составов оливина из вебстеритов при близких значениях магнезиальности (88-91) уже имеют концентрации  $NiO$  на уровне 0,5-0,6 мас.%, и схожи с оливинами из внутриплитных магм. Более низкие значения магнезиальности в оливинах, и относительно более высокая хромистость шпинелей в пироксенитах Эгийнгола могут свидетельствовать о взаимодействии расплава с перидотитами в надсубдукционной обстановке.

Ортопироксены из ортопироксенитов и вебстеритов Эгийнгола характеризуются широкими вариациями магнезиальности, изменяющейся в пределах от 86,1 до 92,4. Причем, для ортопироксенов из вебстеритов характерны наиболее низкие величины магнезиальности (86,1-88), тогда как для ортопироксенов из ортопироксенитов – высокие (88,5-92,4). Подобное поведение значений магнезиальности также наблюдается у клинопироксенов. Здесь, клинопироксены из вебстеритов также имеют более низкие

значения магнезиальности (91,1-93,4), чем клинопироксены из ортопироксенитов, где магнезиальность варьирует в пределах от 93,6 до 95,9.

Тем самым, в паре ортопироксен – клинопироксен образуется положительная корреляция, т.е. с возрастанием величины магнезиальности в ортопироксене – растет магнезиальность и в клинопироксене. Подобное поведение может говорить о равновесном образовании приведенных выше минеральных фаз – клинопироксен и ортопироксен.

Предположительно, при взаимодействии перидотитов с бонинитоподобным расплавом происходит растворение оливина и образование пироксена, сначала ромбического, затем – моноклинного.

#### *Литература:*

Гордиенко И.В. Джидинская островодужная система Палеоазиатского океана: строение и основные этапы геодинамической эволюции в венде-палеозое / И.В. Гордиенко, А.В. Филимонов, О.Р. Минина, М.А. Горнова, А.Я. Медведев, В.С. Климук, А.Л. Елбаев, О. Томуртогов // Геология и геофизика. – 2007. Т. 48. № 1. – С. 120–140.

Горнова М. А. Геохимия и петрология Эгйингольского перидотитового массива: реставрация условий плавления и взаимодействия с бонинитовыми расплавами / М.А. Горнова, М.И. Кузьмин, И.В. Гордиенко, А.Я. Медведев, А.И. Альмухамедов // Литосфера. – 2010. – № 5. – С. 20 – 36.

Белоусов И.А. Свидетельство надсубдукционной природы мантийных пород Войкаро-Сыньинского офиолитового массива, Полярный Урал / И.А. Белоусов, В.Г. Батанова, Г.Н. Савельева, А.В. Соболев // Доклады Академии Наук, – 2009. – Т 429, № 2. – С. 238–243.

## **РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ВУЛКАНИТЫ ЕРАВНИНСКОЙ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): ГЕОХИМИЯ И ГЕОДИНАМИКА**

**Ланцева В.С.**

*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, valery\_fox@list.ru*

В результате проведенных в последние годы детальных исследований в пределах Западного Забайкалья выделена и изучена Удино-Витимская островодужная система (УВОС), сформировавшаяся в позднем рифее-палеозое [Гордиенко и др., 2010]. В составе Удино-Витимской складчатой системы выделяются Олдындинская, Кыджимитская и Еравнинская вулканотектонические структуры (ВТС). Считалось, что они образованы раннепалеозойскими вулканитами олдындинской свиты ( $\text{Є}_1$ ), сероцветными терригенными отложениями химгильдинской свиты ( $\text{Є}_{1-2}$ ) и пестроцветными терригенными – иташинской свиты ( $\text{Є}_3\text{-O}_1$ ). В настоящее время в строении Еравнинской ВТС выделяются как ранне- так и средне- и верхнепалеозойские отложения. Из состава нижнекембрийской олдындинской свиты выделены девон-нижнекаменноугольные озернинская и кыджимитская толщи, иташинская свита датирована поздним девоном, химгильдинская – ранним карбоном [Гордиенко и др., 2010, Руженцев и др., 2012].

Наиболее хорошо изученная Еравнинская ВТС, самая крупная из рассматриваемых структур, расположена в пределах хребта Байсыхан и восточной части хребта Улан-Бургасы. Далее будут рассматриваться вулканогенные породы, входящие в состав олдындинской свиты. Стратотип олдындинской свиты выделен по р. Лев. Олдында [Беличенко, 1969]. Видимая мощность свиты 1600 м, свита сложена в основном вулканитами андезит-дацит-риолитового ряда, реже биогермными известняками и туфотерригенными породами.

Андезиты мелко- и среднепорфировые породы. Структура породы порфировая с гиалопилитовой структурой основной массы. Они содержат вкрапленники плагиоклаза, роговой обманки и клинопироксена. Вторичные минералы: хлорит, эпидот, кальцит. Основная масса сложена плагиоклазом, пироксеном и магнетитом. Андезидациты характеризуются порфировой, микролитовой структурой с гиалопилитовой структурой основной массы. Текстура массивная. Вкрапленники - плагиоклаз, клинопироксен, амфибол, биотит. Вторичные минералы: хлорит, эпидот, кальцит. Акцессорные минералы: магнетит, ильменит, апатит, циркон. В основной массе выделяются тонкие микролиты плагиоклаза, промежутки между которыми выполнены хлоритом и раскристаллизованным стеклом. Риолиты представляют собой массивные флюидальные или тонкополосчатые породы. Количество вкрапленников в них составляет 15-20%. В основном это кварц, плагиоклаз и калиевый полевой шпат. Акцессорные минералы: магнетит, рутил, монацит, ксенотим. Основная масса полукристаллическая, в составе ее содержатся примерно в соотношении 2 к 1 вулканическое стекло и микролиты. Туфы кристалло- и литокристаллокластического состава с обломками плагиоклазов, андезитов и риолитов, реже кварца в количестве 20-30% от всей массы породы. Размер обломков варьирует от 0,5-до 2 мм. Туфы характеризуются в основном псаммитовой структурой и состоят из мелких слабоокатанных и остроугольных обломков кварца, плагиоклаза. Цемент туфов контактовый и поровый, замещен кварцем и крипточешуйчатым серицитом.

Аналитические работы проведены в Геологическом институте СО РАН. Петрогенные оксиды определялись атомно-абсорбционным и пламенно-фотометрическими методами (аналитик Л.В. Митрофанова); концентрации микроэлементов – рентгенофлуоресцентным методом (аналитик Б.Ж. Жалсараев). Редкоземельные элементы определялись методом ICP-AES на приборе OPTIMA 2000 DV (аналитики Т.И. Казанцева, Л.А. Левантуева).

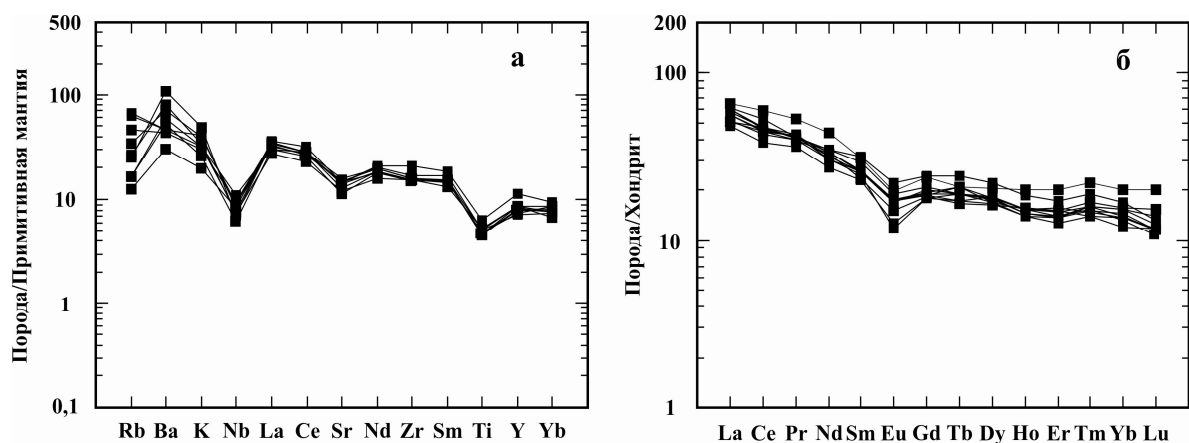
Возраст олдындинской свиты был подтвержден изотопными данными. Андезидациты дали возраст  $532 \pm 11$  млн лет, риолиты -  $529 \pm 3$  млн лет, фельзиты –  $516,7 \pm 4,4$  млн лет [Гордиенко и др., 2010, Руженцев и др., 2012].

Вулканиды Еравнинской ВТС представлены породами ряда андезит-дацит-риолит, по петрохимическим критериям относятся к известково-щелочной и высококалиевой известково-щелочной сериям. Характерной особенностью андезитов является высокоглиноземистый состав ( $al' = 1,5-2$ ), низкая магнезиальность и натриевая щелочность. Вулканиды кислого состава соответствуют весьма высокоглиноземистым ( $al' = 6-9$ ) дацитам и риолитам кали-натриевой серии.

Уровень концентрации и дифференцированный характер распределения редкоземельных элементов в рассматриваемых породах сближает их с известково-щелочными вулканидами островодужных серий (рис. б). Характерной особенностью является обогащенность их легкими лантаноидами.

Нормированное к хондриту отношение  $(La/Yb)_N$  в андезитах составляет 3-4, в риолитах  $(La/Yb)_N = 5$ . Отрицательные европиевые аномалии в андезитах ( $Eu/Eu^* = 0,50-0,63$ ), дацитах и риолитах ( $Eu/Eu^* = 0,30-0,61$ ) объясняются значительными масштабами фракционирования первичных расплавов.

Спайдердиаграммы редких элементов (рис. а) и спектры распределения РЗЭ (рис. б) всех членов этих серий характерны для надсубдукционных образований (высокий уровень накопления РЗЭ, высокая степень дифференциации легкой части спектра, обогащенность крупноионными литофильными элементами, характерный для вулканидов островодужного типа Nb – минимум). Все это в сочетании с принадлежностью вулканидов к известково-щелочной и высококалиевой известково-щелочной сериям указывает на формирование олдындинской свиты в условиях коры континентального типа [Гордиенко и др., 2010, Руженцев и др., 2012].



**Рис.** Спайдердиаграмма (а) и распределение РЗЭ (б) в вулканитах (андезиты, андезидациты) олдындинской свиты.

### Литература:

- Беличенко В.Г. Нижний палеозой Западного Забайкалья. М.: Наука. – 1969. – 208 с.  
 Гордиенко И.В., Булгаков А.Н., Руженцев С.В., Минина О.Р., Климук В.С., Ветлужских Л.И., Некрасов Г.Е., [Ласточкин Н.И.], Ситникова В.С., Метелкин Д.В., Гонегер Т.А., Лепехина Е.Н. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем палеозое // Геология и Геофизика. – Т. 51. – № 5. – 2010. – С. 589-614.  
 Руженцев С.В., Минина О.Р., Некрасов Г.Е., Аристов В.А., Голионко Б.Г., Доронина Н.А., Лыхин Д.А. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция // Геотектоника. – № 2. – 2012. – С. 3-28.

## О РОЛИ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБРАЗОВАНИИ АЛЬБИТОВЫХ ГРАНИТОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Рампилов М.О.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, [mrampilov@mail.ru](mailto:mrampilov@mail.ru)

На сегодняшний день существует две главные точки зрения на происхождение альбитовых гранитов с повышенным содержанием редких металлов – метасоматическая и магматическая. До середины прошлого века метасоматическая гипотеза пользовалась большой популярностью [Беус и др., 1962]. Однако с появлением работ В.И. Коваленко и открытием субвулканических аналогов Li-F гранитов [Коваленко, 1977], число сторонников магматической гипотезы образования резко возросло и редкометальная минерализация многих массивов гранитоидов связывается с магматическим этапом. Однако в отношении некоторых проявлений редких металлов (Ta, Nb, Zr, Th, U и др.) рассматривается метасоматический способ их образования. К ним были отнесены альбитизированные граниты с редкометальной минерализацией Главного Саянского разлома [Савельева и др., 2010]; метасоматиты Катугинского Ta-Nb-Zr месторождения [Архангельская и др., 1993]. Апограниты описаны на Полярном Урале (Тайкеуский рудный узел) [Удоратина, 2010]. Проблема происхождения альбитовых гранитов детально рассмотрена в специальной работе [Schwartz, 1992].

На территории Западного Забайкалья известно около двадцати проявлений альбитовых гранитов с повышенным содержанием Nb, Zr, Hf, Y и РЗЭ. Относительно известково-щелочных гранитов, среди которых они находятся, в них выше кремнекислотность, содержание щелочей и ниже – магния, кальция, окисного и

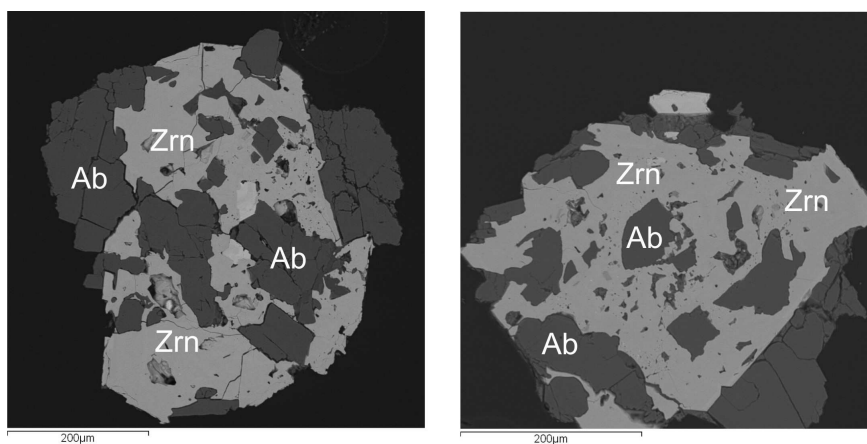
закисного железа. Нами проведено изучение таких гранитов на участках Оймурский, Безымянский и Ирбо. Ранее гранит-порфиры Оймурского штока также как и лейкограниты Безымянского массива рассматривались как альбитизированные породы [Дворкин-Самарский и др., 1971]. Позднее последние были отнесены к редкометалльному Li-F типу [Антипин и др., 1997]. Породы участка Ирбо, содержащие щелочные пироксен и амфибол, практически нацело сложены мелкозернистым альбитом, подверглись эпидотизации, сульфидизации.

Проведенные нами петрографические, минералогические и изотопно-геохимические исследования были направлены на оценку роли метасоматических процессов в перечисленных проявлениях. В результате, установлена существенная роль этих процессов. Основанием для такого вывода послужили:

1. В первую очередь структуры замещения, развитые в гранитах, наличие прожилков альбита, пересекающих калишпат и кварц. Значительные массы альбита образуют агрегаты мелких табличек и лейст, развивающиеся по первичным плагиоклазу и микроклину. Этот альбит замещает с периферии зерна кварца и калишпата.

2. В пределах массивов альбитизация распространена весьма неравномерно и нередко приурочена к тектоническим нарушениям. Примером такой приуроченности может служить Амнуннинский массив. При этом альбитизация часто выходит во вмещающие породы за пределы гранитных массивов.

3. Морфология многих акцессорных минералов в альбитовых породах несет следы метасоматического происхождения. Наиболее показательным здесь является циркон (рис. 1). Особенностью его являются скелетные формы выделений с многочисленными включениями альбита. В катодоллюминесцентном изображении его зерен магматическая зональность не фиксируется.



**Рис. 1.** Характерная форма зерен циркона (Zrn) с включениями альбита. Оймурский массив, изображение в обратно-рассеянных электронах.

4. Температуры, полученные по изотопно-кислородному термометру [Chacko, et al., 2001] пар кварц–альбит составляют 373-472°C (Ирбо), и свидетельствуют о постмагматическом происхождении альбитовых пород. В Оймурском штоке наряду с высокими температурами 636-650°C (магнетит–ильменитовый термометр [2] в неизменных участках), участки альбитизации по данным изотопно-кислородного геотермометра образовались при температуре 430-450°C.

Следует отметить, что изученные массивы альбитовых гранитов с повышенным содержанием редких элементов обладают геологическими признаками внедрившихся магматических пород. Проявленная в них неоднородность минерального и химического состава проявилась в результате метасоматических процессов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-мол 12-05-31001.*

### *Литература:*

- Chacko T., Cole D.R., Horita J. Equilibrium oxygen, hydrogen and carbon isotope fractionation factor applicable to geological system // *Stable isotope geochemistry. Reviews in mineralogy and geochemistry*, 2001. V. 43. P. 1-62.
- Spencer K.J., Lindsley D.H. A solution model for coexisting iron-titanium oxides // *American Mineralogist*, 1981. V. 66. P. 1189–1201.
- Schwartz M.O. Geochemical criteria for distinguishing magmatic and metasomatic albite-enrichment in granitoids – examples from the Ta-Li granite Yichun (China) and Sn-W deposit Tikus (Indonesia) // *Mineralium Deposita*, 1992, № 27, p. 101-108.
- Антипин В.С., Горегляд А.В., Савина Е.А., Митичкин М.А. Эволюция литий-фтористых гранитов с образованием редкометальных слюдяных шлиров // *Геология и геофизика*, 1997, т. 38, № 7, с. 1216-1227.
- Архангельская В.В., Казанский В.И., Прохоров К.В., Собаченко В.Н. Геологическое строение, зональность и условия образования Катунинского Ta-Nb-Zr-месторождения (Чаро-Удоканский район, Восточная Сибирь) // *Геология рудных месторождений*, 1993, т. 35, № 2, с. 115-131.
- Беус А.А., Северов А.С., и др. Альбитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты). М.,: Изд-во АН СССР, 1962. 193 с.
- Дворкин-Самарский В.А., Каперская Ю.Н., Козулина И.М. Геохимические особенности альбитизированных гранитов массивов Оймур и Безымянка в Прибайкалье // *Минералого-геохимические очерки Забайкалья, Улан-Удэ*, 1971, с. 138-141.
- Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометальных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977, 206 с.
- Савельева В.Б., Карманов Н.С. Кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты Главного Саянского разлома: эволюция метасоматического процесса и состав акцессорных минералов // *Геология рудных месторождений*, 2010, т. 52, № 4, с. 337-357.
- Удортатина О.В. Редкометальные апограниты // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*, 2010, № 9, с. 22-23.

## **ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КОЛЛИЗИОННОГО БАЗИТОВОГО МАГМАТИЗМА ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКОЙ ЗОНЫ**

**Рахимов И.Р.**

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа, rigel92@mail.ru*

Магнитогорская Мегазона Южного Урала в раннем карбоне представляла собой область коры отмирающей Магнитогорской дуги, аккрецирующей к Восточно-Европейскому континенту [Пучков, 2010]. В ней выделяют Западную и Восточную зоны, разделённые Западно-Кизильским разломом. Развивались они в разных геолого-структурных и тектонических условиях, но имели общий источник магмогенерации [Рахимов, 2012]. В Западно-Магнитогорской зоне (ЗМЗ) отсутствуют вулканические породы, но широко развиты комплексы интрузивных тел базитов и даек основного и кислого составов.

Позднепалеозойский интрузивный магматизм зоны проявился в несколько стадий: турнейско-визейскую, визейско-серпуховскую и позднекаменноугольно-пермскую. Лакколлиты и лополиты габброидных комплексов первой стадии цепочкой протягиваются с севера на юг (около 200 км), оконтуривая шовную зону коллизии. На юге ЗМЗ конформные интрузии секутся сульфидоносными штоками и интрузиями трещинного типа, образующими мелкие и средние месторождения никеля [Салихов, Пшеничный, 1984]. Последующие фазы магматизма были наложены на более ранние образования и прорывают их под разными углами, распространяясь на обширные площади.

В этой работе приведены признаки интрузивного магматизма ЗМЗ эпохи коллизии, основанные по петрогеохимическим параметрам пород. Определения

микроэлементов выполнены методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН, силикатный и атомно-абсорбционный анализы сделаны в ИГ УНЦ РАН.

Северные комплексы зоны представлены слабодифференцированными лополитами, сложенными лейкократовыми и мезократовыми габбро, габбро-диоритами. Породы высокожелезистые, средне- и высокоглинозёмистые, высокотитанистые, среднемагнезиальные ( $Mg\# = 44\text{--}59\%$ ), умереннощелочные (калий-натриевые).

Южные комплексы представлены спектром пород от габбро-долеритов до мезократовых габбро, слагающих дифференцированные силлы и лакколиты. Здесь присутствуют как высокотитанистые, так и породы со средним содержанием оксида титана, высокоглинозёмистые, магнезиальность  $Mg\#$  до 66 %. В лакколитах прослежена внутрикамерная дифференциация: от центра к периферии массива уменьшаются магнезиальность ( $Mg\#$  снижается от 62 до 53), титанистость (1,38–1,03), железистость, марганцевость, а также абсолютные содержания  $Cu$  (63–14 г/т) и  $Co$ ; увеличиваются количества  $Zn$ ,  $Ni$  (12–95 г/т) и  $Cr$ .

В северных комплексах в целом соблюдается принцип «когерентности» элементов [Рахимов, 2013], что не характерно для южных массивов. Но во всех конформных комплексах идентично обогащение редкоземельными элементами (общий отрицательный уклон спектров распределения, высокие значения  $La/Yb$ -отношений) с положительной аномалией  $Eu$  ( $\delta Eu = 1,6\text{--}1,9$ ). Также общими признаками являются умеренно высокие накопления высокозарядными элементами – повышены содержания радиоактивных и крупноионных литофильных (КИЛЭ). В целом, для пород первой стадии коллизионного магматизма ЗМЗ характерны признаки платформенных и позднеостроводужных формаций.

Никеленосный комплекс, отнесённый ко второй стадии магматизма, сформировался на границе виле и серпухова – в период, когда коллизия, видимо, временно ослабла, и окраина континента пришла в некое стабильное состояние (платформенный режим). Груборасслоенные и дифференцированные интрузии под разными углами секут меридионально вытянутые силлы [Салихов и др., 2011] и представлены широким разнообразием пород от кислого до ультраосновного составов, а подавляющая часть приходится на базиты. Встречаются низкомагнезиальные ( $Mg\# 32\text{--}37\%$ ) и высокомагнезиальные ( $Mg\# = 67\%$ ) типы пород основного состава, средне- и высокоглинозёмистые, низко- и высокотитанистые. Эволюция расплава выражается в накоплении коровых компонентов. Химический состав формаций второй стадии несёт смешанные признаки магматизма континентальных плит и рифтовых процессов.

Завершающий этап базитового магматизма представлен поясом меридиональных даек, наложенных на интрузивные комплексы юга ЗМЗ. Дайки сложены тремя типами пород: роговообманковыми долеритами, лампрофирами и долеритовыми порфиритами. Направленность эволюции исходного расплава выражена в накоплении щелочей, магния ( $Mg\# = 53\text{--}67\%$ ) и рассеивании железа. Титанистость средняя и высокая, глинозёмистость умеренно-повышенная. Накопление РЗЭ уже более типично для континентальных образований. Неравномерны содержания высокозарядных и когерентных элементов, что может говорить о разной степени фракционирования вещества.

Сейчас сложно говорить, как долго существовал зародившийся в раннем карбоне источник магматизма и продолжал ли он существовать до позднего карбона. С одной стороны, формации стадийного магматизма имеют сходство петрогеохимического состава, с другой, отвечают разным тектоническим условиям и некоторым химическим параметрам. Транспортными путями для магматического расплава, на наш взгляд, были полости отслоения и сколовые деформации в осадочных комплексах, обусловленные коллизией Восточно-Европейского (Балтики)



и Казахстанского континентов, выдавливающих фундамент вулканических поясов, функционировавших в девоне.

#### *Литература:*

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Рахимов И.Р. Комагматичность конформных интрузий Утлыкташского комплекса и базальтов нижнего карбона Магнитогорско-Богдановского грабена // Матер. 21-й науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2012. – С. 193–198.

Рахимов И.Р. Геохимия рудоносных габброидных комплексов Магнитогорской мегазоны // Металлогения древних и современных океанов–2013. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов. Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. – С. 258–261.

Салихов Д.Н., Пиеничный Г.Н. Магматизм и оруденение зоны ранней консолидации Магнитогорской эвгеосинклинали. Уфа: БФАН СССР, 1984. – 112 с.

Салихов Д.Н., Беликова Г.И., Пучков В.Н., Рахимов И.Р. Магматизм Худолозовской мульды на Южном Урале // V Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии: Вулканизм и геодинамика. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. – С. 163–166.

## **СФЕРИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ В КИСЛЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ**

**Рогозин А.Н.**

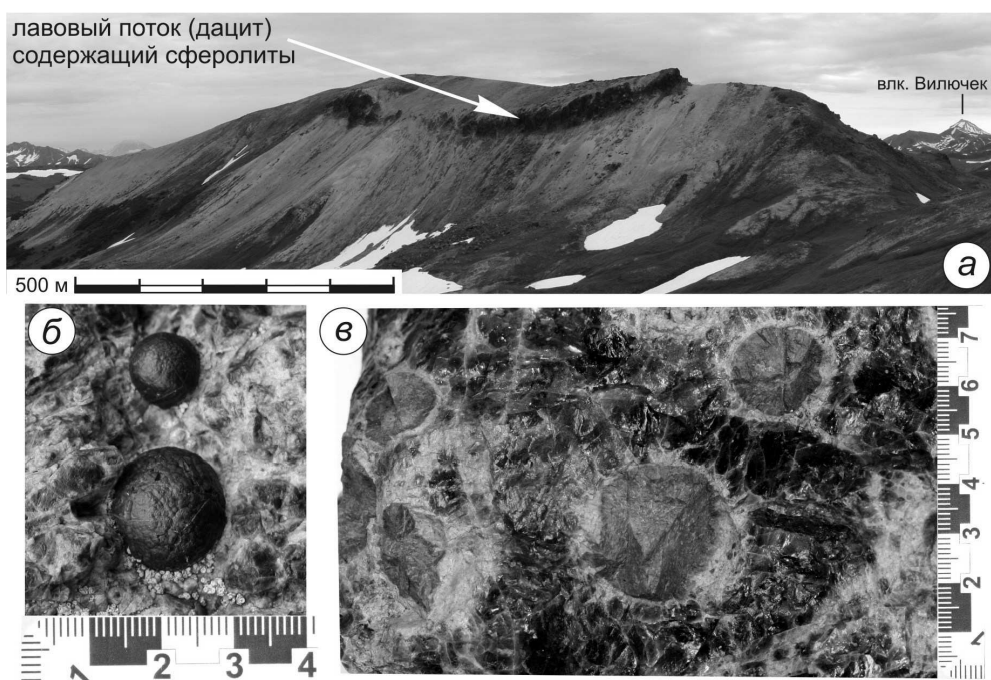
*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский,  
AlekseiRAS@yandex.ru*

В практике петрологических исследований далеко не единичны случаи, когда происхождение пород не вполне установлено. К числу таких необычных пород, природа которых не познана, относятся *сферолиты*, обнаруживаемые в составе вулканогенных толщ в разных частях Земли. Встречаются такие необычные сферические образования и на территории Южной Камчатки – *Большебанное проявление сферолитов* [Ковалев, 1976].

В результате наших исследований установлено, что проявление сферолитов представлено в виде лавового потока (рис. 1. а), дацитового состава ( $\text{SiO}_2$  – 67.8–68.6%), на восточной оконечности горного массива горы Ягодная (1247,0 м), в верховьях правых притоков р. Банная, у вершины с абсолютной отметкой 1081,0 м.

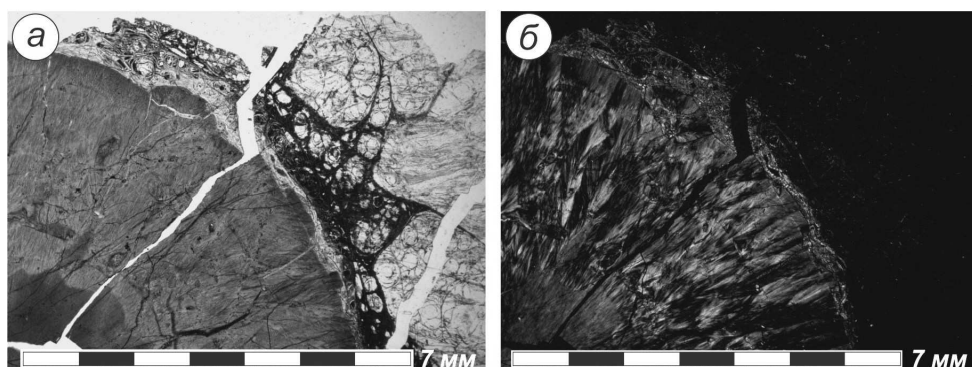
Массив горы Ягодной, по результатам исследований последних лет [Леонов и др., 2012], является сложной вулканической постройкой, у которой вершину слагают лавы базальтового состава – остатки относительно молодого вулкана четвертичного возраста, а в нижней части разреза вскрываются лавы дацитового состава. Их возраст –  $2,0 \pm 0,04$  млн. лет [Шеймович, Головин, 2003]. Между дацитовой и базальтовой частями в разрезе вулкана расположен слой туфобрекчий и зеленых туфов с цеолитами. Его видимая мощность более 200 м. Лавовый поток, содержащий сферолиты, залегает в этом слое (рис. 1. а). Мощность потока неравномерная и составляет около 30 м. Вулканическое стекло, слагающее поток, макроскопически темно-зеленого, местами почти черного цвета. Имеет перлитовую текстуру. Отдельность в потоке – блоковая.

Сферолиты хорошо выражены в потоке (рис. 1. б, в.). Их поверхность в основном гладкая. Цвет сферолитов темно-серый, буроватый, коричневый. Внешне они представлены в виде шаров диаметром 1-3 см и более мелкими шариками диаметром до 1 см. В обнажениях потока и в осыпях встречаются шары размером до 4 см. В потоке также установлены сростки состоящие из двух или трех сферолитов. Сферолиты по потоку распределены неравномерно.



**Рис. 1.** Вид с северо-запада на лавовый поток, содержащий сферолиты (а). На поверхности потока (б) хорошо проявляется округлая форма сферолитов. Вокруг сферолитов (в) на фоне черного вулканического стекла видна серая оторочка.

Микроскопическое изучение шлифов сферолитов исследуемого района позволило выявить следующие структурные особенности (рис. 2. а, б). Все они обладают радиально-лучистой структурой. Пучки волокнистых кристаллов направлены от центра сферолита к краям. У некоторых сферолитов в строении присутствует зональность. В центре находится более темная часть в которой отсутствуют волокнистые кристаллы. На границе шар-стекло находится зона измененного стекла, опоясывающая сферолит (рис 1. в, рис. 2, а).



**Рис. 2.** Микрофотография одного и того же шлифа сферолита выполненная в проходящем свете – (а) в параллельных и (б) в скрещенных николях. В левом нижнем углу (а) видна более темная центральная часть сферолита. В правой верхней части шлифа (а) вулканическое стекло потока. В скрещенных николях (б) стекло представлено черным полем. Хорошо видны волокнистые кристаллы, растущие из центральной части сферолита к его краевой части (б).

В настоящее время существует две основных гипотезы происхождения сферолитов: 1) гипотеза первично-магматического происхождения и 2) гипотеза вторичного образования сферолитов. Несомненно, что вопрос о генезисе сферолитов считается важной петрологической задачей, а выявление механизмов их образования и причин возникновения этого явления, может указать на условия формирования конкретных вулканогенных формаций.

Работа выполнена в рамках проектов ДВО РАН: № 12-III-A-08-171 (В.Л. Леонов) и №13-III-B-08-025 (А.Н. Rogozin).

*Литература:*

Ковалев В.П. Сферолиты Хайдымского хребта (Восточный Саян) и сферолитообразование в вулканогенных породах // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. Новосибирск: Наука, 1976. С. 256-303.

Леонов В.Л., Биндеман И.Н., Rogozin А.Н. Новые данные о вулканизме, предварявшем суперизвержение и формирование кальдеры Карымишина (Южная Камчатка) // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2012 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2012. С. 56-63.

Шеймович В.С., Головин Д.И. Возраст кислых вулканитов района Большие-Банные источники // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 21-25.

**ПОСТАККРЕЦИОННЫЙ И РИФТОГЕННЫЙ МАГМАТИЗМ ВОСТОЧНОГО  
ЗАБАЙКАЛЬЯ: ГЕОХИМИЯ, SR-ND ИЗОТОПНАЯ СИСТЕМАТИКА И  
ГЕНЕЗИС МЕЗОЗОЙСКИХ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД АЛЕКСАНДРОВО-  
ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ**

**Сасим С.А., Ильина Н.Н., Ощепкова А.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, sasim@igc.irk.ru*

В мезозойский период развития забайкальского сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса традиционно выделяются два этапа тектонических событий: постааккреционный (средняя-поздняя юра) и рифтогенный (верхняя юра – ранний мел) [Первов и др., 1987; Парфенов и др., 2003]. В пределах северного борта Александрово-Заводской впадины, локализованной в Аргунском террейне, выделяются интрузивные образования акатуевского комплекса средне-верхнеюрского возраста и три толщи эффузивных пород, которые непосредственно и являются объектами данных исследований. В настоящее время принято следующее подразделение исследуемых интрузивных и стратиграфических образований: акатуевский комплекс включает в себя одноименный массив, площадью 45 км<sup>2</sup> и ряд малых интрузий, вещественно близких Акатуевскому массиву (АМ); нижняя (J<sub>2-3</sub>) и верхняя (J<sub>3</sub>-K<sub>1</sub>) вулканогенная толщи основного и среднего состава объединены в нижнюю (НПКС) и верхнюю (ВПКС) пачки кайласской свиты соответственно и разделены между собой пачкой туфогенно-осадочных пород; кислые вулканиты верхней толщи раннемелового возраста отнесены к тургинской свите (ТС) [Объяснительная..., 2000].

Согласно [Pescerillo, Taylor, 1976; Morrison, 1980] породы АМ и вулканиты НПКС относятся к шошонит-латитовой серии (K<sub>2</sub>O – 2,83-4,52 вес. %; K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O – 0,50-1,78; TiO<sub>2</sub> – 0,17-1,34 вес. %), а эффузивы ВПКС (K<sub>2</sub>O – 2,23-5,36 вес. %; K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O – 0,49-1,67; TiO<sub>2</sub> – 1,07-2,02 вес. %) к трахибазальтовой серии. Породы АМ представлены оливинными монцонитами и габбромонцонитами (ранняя фаза), монцонитами и кварцевыми монцонитами (вторая, главная фаза) и сиенитами (заключительная фаза). Вулканиты НПКС согласно диаграммам TAS [Петрографический..., 2009] и K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> [Pescerillo, Taylor, 1976; Перепелов, 1989] представлены дифференцированными сериями от высококалийных базальтов до высококалийных андезидацитов и от шошонитовых базальтов до кварцевых латитов; вулканиты ВПКС представлены рядом пород от трахиандезибазальтов до трахидацитов. Кислые породы ТС представлены в соответствии с [Петрографический..., 2009] к щелочным риодацитам, трахириодацитам, трахириолитам и риолитам. Петрохимические характеристики исследуемых пород детально описаны в [Сасим и др., 2012] и в данном сообщении опущены.

Поведение РЗЭ в породах АМ и эффузивах НПКС идентично и характеризуется их большим суммарным содержанием (в среднем от ~ 419 мкг/г (ранняя фаза), постепенно снижаясь до ~ 218 мкг/г (третья фаза) и 396-227 мкг/г (НПКС) от основных до более кислых соответственно), их высокой степенью фракционирования (величина  $La/Yb_{(N)}$  в породах АМ составляет 31,1–41,2 (первая фаза), 19,5–41,4 (вторая фаза), 8,7–32,2 (третья фаза);  $La/Yb_{(N)}$  отношение в вулканитах НПКС варьирует в пределах 21,6-40,4) и умеренно выраженной отрицательной европиевой аномалией. Трахибазальты и трахиандезиты ВПКС имеют высокие суммарные содержания РЗЭ, варьирующие в пределах 413-535 мкг/г для более основных и 326-351 мкг/г для более кислых дифференциатов. Спектр распределения весьма схож с вулканитами НПКС. Сумма РЗЭ в трахириодацитах и трахириолитах ТС составляет 297-389 мкг/г; величина  $La/Yb_{(N)} = 17,7-19,6$ . Наблюдается глубокий европиевый минимум ( $Eu/Eu^* = 0,04-0,44$ ), что характерно для безплагиоклазовых кислых пород.

В породах АМ и вулканитах НПКС отмечаются высокие содержания Ва (753-1388 мкг/г, наибольшие значения у наиболее ранних дифференциатов), Sr (890-2342 мкг/г), U (4-12 мкг/г), Th (18-68 мкг/г), LREE и минимумы (по характеру распределения рассеянных элементов на спайдер-диаграмме) Ti (1001-9245 мкг/г), Nb (5-19 мкг/г), P (1300-3449 мкг/г), а также широкая вариация величины Ва/Nb (32-484), что является характерной особенностью пород шошонит-латитовой серии. Породы ВПКС характеризуются схожими геохимическими чертами, однако, с более высокими содержаниями Rb (78-315 мкг/г, в породах НПКС до 180 мкг/г), менее выраженными отрицательными аномалиями по Ti, Nb, P, а также с узким колебанием величины Ва/Nb (35-49).

Породы Акатуевского массива характеризуются  $^{87}Sr/^{86}Sr_{(160 MA)} = 0,70642-0,70644$  (ранняя фаза) и  $0,70667-0,70669$  при значениях  $\epsilon Nd(t) = -0,1(-1,7)$  и  $-1,0(-2,1)$  соответственно. Вулканические породы НПКС имеют схожие изотопные характеристики:  $^{87}Sr/^{86}Sr_{(160 MA)} = 0,70652-0,70687$  и  $\epsilon Nd(t) = -0,6(-1,4)$ . Вулканициты ВПКС имеют менее радиогенный изотопный состав стронция:  $^{87}Sr/^{86}Sr_{(145 MA)} = 0,70510-0,70529$  при значениях  $\epsilon Nd(t) = 1,0(-0,4)$ . Вулканические породы ТС характеризуются весьма экстремальными значениями  $^{87}Sr/^{86}Sr_{(145 MA)} = 0,70730-1,02319(!)$  и слабо положительными значениями  $\epsilon Nd(t) = 0,2(+0,7)$ .

Таким образом, породы АМ и НПКС, отвечающие постааккреционному этапу характеризуются умеренно обогащенным первичным изотопным составом стронция, что указывает на контаминацию родоначальных магм некоторым количеством корового вещества, а слабоотрицательные значения  $\epsilon Nd(t)$  с учетом изотопного состава стронция свидетельствуют об обогащенном мантийном источнике. Изотопные составы стронция и неодима пород ВПКС, характеризующие рифтогенный этап, указывают на мантийный источник, который в меньшей степени был контаминирован коровым веществом. Одной из наименее ясных остается ситуация с резервуаром, из которого возникли кислые породы ТС. С одной стороны исходный резервуар имеет коровые значения первичного отношения  $^{87}Sr/^{86}Sr$ , отдельные породы которого имеют экстремально высокие значения первичного  $^{87}Sr/^{86}Sr$  в данном резервуаре. С другой стороны, слабо положительные характеристики величины  $\epsilon Nd(t)$  в соответствии с традиционными изотопными моделями типичны для мантийного источника.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 12-05-31334, 12-05-31181.*

#### *Литература:*

*Объяснительная записка к геологической карте РФ масштаба 1:200 000. Лист М-50-Х // М.–2001 г.–132 с.*

*Парфенов Л.М. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22. – № 6. – С. 7-41.*

- Первов В.А. и др. Геохимия субцелочных вулканических серий двух стадий позднемезозойской тектоно-магматической активизации Юго-Восточного Забайкалья // *Геохимия*. – 1987. – № 6. – С. 798-811.
- Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования // СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. – 2009. – 200 с.
- Сасим С.А. и др. Геохимия вулканических пород позднемезозойской рифтогенной ассоциации Александрово-Заводской впадины (Юго-Восточное Забайкалье) // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. – 2012. – Т. 5. – № 2. – С. 209-228.
- Morrison G.W. Characteristics and tectonic setting of shoshonite rock association // *Lithos*. – 1980. – Vol. 13. – № 1. – P. 97-108.
- Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 1976. – Vol. 58. – № 1. – P. 63-81.

## МИНЕРАЛОГИЯ СИМПЛЕКТИТОВЫХ ЭКЛОГИТОВ СЕВЕРО-МУЙСКОЙ ГЛЫБЫ

Скузоватов С.Ю.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, skuzovатов@igc.irk.ru*

Минеральные парагенезисы высоких и сверхвысоких давлений, сохранные в комплексах пород фанерозойских и раннедокембрийских субдукционно-коллизионных зон несут важную генетическую информация о режимах субдукции, РТ-условиях, флюидопереносе, мобильности и рециклинге элементов в глубинных зонах континентальной литосферы, а также механизмах и скорости эксгумации глубинных пород к поверхности [Carswell and Compagnoni, 2003]. В пределах восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса минеральные ассоциации высоких давлений представлены эклогит-гнейсовым комплексом Муйской глыбы (Байкало-Муйская аккреционная зона) [Авченко и др., 1989; Добрецов и др. 1989]. Муйская зона в структуре складчатой области представлена раннедокембрийскими и рифей-вендскими метаморфитами, перекрытыми терригенными, карбонатно-терригенными, карбонатными и вулканогенными породами нижнего рифея. Возраст пиковой стадии метаморфизма эклогитов ранее был определен в 631 млн. лет [Шацкий и др., 2012], что соответствует времени позднерифейско-ранневендской стадии позднебайкальского орогенеза в обрамлении Сибирской платформы (710-590 млн. лет) [Рыцк, 2007]. В настоящей работе приводятся предварительные результаты минералогического исследования группы эклогитов района ручья Самокут (Северо-Муйский хребет).

Исследованные породы представлены средне- и мелкозернистыми эклогитами с порфиробластовой структурой, с крупными идиобластами и мелкими зернами граната и основной массой, представленной симплектитовым Сrx-Pl-агрегатом. Более редкими являются Grt-Сrx-Qz-эклогиты с гранонематобластовой структурой, со значительным количеством неизмененного омфацита, а замещение симплектитовым агрегатом происходит только на межзерновых границах.

Порфиробласты представлены крупными идиоморфными, в некоторых случаях - футляровидными зернами граната размером от 150 до 500 мкм в мелкозернистых и до 2 мм в среднезернистых разностях. Состав граната соответствует пироп-гроссуляр-альмандину и в мольных содержаниях указанных миналов варьирует в диапазоне  $\text{Ru}_{11-27}\text{Grs}_{17-36}\text{Alm}_{44-54}$ . Порфиробласты граната визуально и композиционно зональны. Химическая зональность является регрессивной (с уменьшением  $x_{\text{Grs}}$ ) или полистадийной (включающей прогрессивную (с ростом  $x_{\text{Grs}}$ ) и регрессивную стадии). Включения в гранате представлены минералами эклогитового парагенезиса (омфацит, монокристаллический кварца, рутила) и более низкотемпературными фазами (амфибол, реже - эпидот, титанит, ильменит, альбит, кальцит). Более мелкие зерна граната по

составу соответствуют внешним зонам крупных порфиробластов. Среди прочих в центральных частях крупных порфиробластов встречаются полифазные минеральные включения, чаще всего содержащие амфибол и кварц. В случае некоторых образцов наблюдается келифитовое замещение граната амфиболом, хлоритом, а также замещение граната биотитом во всем объеме зерен.

Клинопироксен в изученных эклогитах образует субидиоморфные зерна слабо-зеленого оттенка размером от нескольких десятков микрон до 2 мм, содержится в виде включений в гранате и – реже - кварце, а также образует симплектитовые сростания с плагиоклазом. По составу породообразующий клинопироксен относится к омфациту и содержит до 27 мол. % Jd. Отдельные зерна породообразующего клинопироксена и клинопироксен в составе пироксен-плагиоклазового симплектитового агрегата являются менее натровыми (не более 12 мол. % Jd), содержат более кальциевыми и железистыми, и по составу относятся к авгитам. Крупные зерна омфацита слабо зональны. Включения клинопироксена в гранате и кварце по составу практически не отличаются от породообразующего омфацита изученных эклогитов (до 26 мол. % Jd). В крупных зернах омфацита наблюдаются включения кварца, граната, алланита, титанита.

Амфибол в эклогитах образует крупные пойкилитовые зерна размером до 2 мм, псевдоморфозы по клинопироксену в симплектитовом агрегате, в некоторых случаях - келифитовые каймы вокруг крупных зерен граната и игольчатые зерна в продуктах замещения первичных парагенезисов в виде агрегатов с сульфидами и карбонатами. Состав пойкилобластов амфибола и келифитовых кайм вокруг граната схож и номенклатурно соответствует в основном паргаситу, эдениту и магнезиальной роговой обманке ( $Mg/(Mg+Fe^{2+}) > 0.5$ , Si (ф.е.)  $> 6.5$ ), в некоторых случаях – магнезиотарамиту за счет повышенного содержания Na (до 4,5 вес. %  $Na_2O$ ). Амфибол, замещающий клинопироксен в симплектите, в большинстве случаев представлен актинолитом (Si (ф.е.)  $> 7.5$ ), реже – паргаситом. Наиболее поздний низкотемпературный амфибол по составу принадлежит к актинолиту, реже – ферроактинолиту.

Плагиоклаз наблюдается в пределах Сrx-Pl-апоомфацитового агрегата, в редких случаях – в виде включений в гранате и в реакционных каймах на границе граната и Сrx-Pl-симплектита. По составу наблюдаемые плагиоклазы относятся к альбиту-олигоклазу. Наиболее кислый плагиоклаз наблюдается в виде включений в крупных порфиробластах граната (от чистого Ab до  $An_{11}$ ). Близкий к Ab олигоклаз выявлен в редких случаях в каймах вокруг граната ( $An_{11}$ ). Наиболее кальциевый плагиоклаз ( $An_{16-21}$ ) наблюдается в Сrx-Pl-симплектитах. Во всех описанных случаях плагиоклазы характеризуются отсутствием примеси BaO и крайне низкими содержаниями  $K_2O$  (до 0.1 вес. %).

Акцессорные фазы в исследованных породах представлены титанитом, рутилом, ильменитом, титаномагнетитом и карбонатами. Титаномагнетит в эклогитах образует как отдельные ксеноморфные зерна, так и скопления-линзы в некоторых из образцов. В виде включений в гранате рудный минерал диагностирован как ильменит. Карбонаты приурочены к интерстициям между породообразующими минералами в наименее ретроградно измененных эклогитах, большинстве случаев представлены кальцитом (менее 1.9% вес. FeO, до 1.5% вес. MgO), в редких случаях обнаружен доломит (до 20 вес. % MgO, 7% вес. FeO).

Таким образом, по результатам минералогического исследования в изученных эклогитах отмечены ассоциации минимум трех стадий минералообразования, которые нуждаются в дальнейшем онтогеническом, термобарометрическом и геохимическом анализе.

*Работа выполняется при поддержке СО РАН (межведомственный интеграционный проект № 49).*

#### *Литература:*

*Carswell D.A. and Compagnoni R. Ultrahigh pressure metamorphism. 2003. EMU notes in mineralogy 5. Eötvös University Press. 508 p.*

Авченко О.В., Габов Н.Ф., Козырева И.В., Конников А.З., Травин Л.В. Эклогиты Северо-Муйской глыбы: состав и генезис // Известия АН СССР. - 1989. - № 5. - С. 68-82.

Добрецов Н.Л., Соболев Н.В., Шацкий В.С. и др. Эклогиты и глаукофановые сланцы складчатых поясов. Новосибирск: Наука, 1989. 236 с.

Рыцк Е.Ю., Ковач В.П., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В. Структура и эволюция континентальной коры Байкальской складчатой области // Геотектоника. – 2007. – № 6. – С. 23-51.

Шацкий В.С., Ситникова Е.С., Томиленко А.А., Рагозин А.Л., Козьменко А.Л., Ягоуцц Э. Эклогит-гнейсовый комплекс Муйской глыбы (Восточная Сибирь): возраст, минералогия, геохимия, петрология // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 6. – С. 657–682.

## **ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ОЛЬДОЙСКОГО ТЕРРЕЙНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА**

**Смирнова Ю.Н.**

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск*

Ольдойский террейн является составной частью Аргунского супертеррейна, расположенного в восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. В строении террейна выделяют [Решения..., 1994] терригенные и терригенно-карбонатные отложения силурийского (омутнинская свита), нижнедевонского (большеневверская свита), ниже-среднедевонского (имачинская свита), средне-верхнедевонского (ольдойская свита), верхнедевонского (тепловская свита) и нижнекаменноугольного (типаринская свита) возрастов.

Согласно существующим представлениям Ольдойский террейн рассматривается в качестве фрагмента пассивной континентальной окраины [Парфенов и др., 1999; Геодинамика..., 2006] или наложенного прогиба [Геологическая..., 1999]. Однако к настоящему времени накоплены геологические факты, противоречащие данной модели формирования террейна: 1) в составе средне-верхнедевонской ольдойской свите присутствуют прослои и линзы вулканических пород кислого состава [Государственная..., 2000]; 2) в основании нижнекаменноугольной типаринской свиты отмечаются конгломераты [Решения..., 1994; Государственная..., 2000]; 3) в пределах рассматриваемого региона выявлены гранитоиды с возрастом 386 $\pm$ 10 млн. лет и 371 $\pm$ 5.5 млн. лет [Сорокин и др., 2002]; 4) закономерность в распространении толщ в направлении от континента к палеоокеану нарушена, и раннекаменноугольные осадки не наращивают разрез в направлении от континента к палеоокеану, сменяя вслед за силурийскими девонские отложения, а наложены на них в тыловой части континентальной окраины.

Одним из ключей к решению указанной неопределенности является комплексное исследование вещественного состава терригенных отложений, слагающих террейн, что может способствовать уточнению геодинамической обстановки осадконакопления. Объектом исследования являлась представительная коллекция образцов, характеризующая практически весь разрез Ольдойского террейна, за исключением верхнедевонской тепловской свиты. Образцы были отобраны в бассейнах рек Ольдой (с притоками Бол. Мадалан, Мал. Ольдой, Тахтамыгда, Имачи), Большой Невер, а также среднего течения р. Зея.

Результаты геохимических исследований [Сорокин и др., 2010; Смирнова и др., 2013] терригенных отложений Ольдойского террейна свидетельствует о том, что таковые нижней части разреза Ольдойского террейна по своему химическому составу близки осадкам, накапливающимся в обстановке пассивной континентальной окраины, а верхней – обнаруживают сходство с осадками, формирующимися в обстановке,

определяемыми субдукционными процессами (островной дуги и активной континентальной окраины).

Результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований [Сорокин и др., 2012] палеозойских терригенных пород Ольдойского террейна показывают, что они характеризуются оценками  $t_{Nd(DM)} = 1.5 - 1.0$  млрд. лет. При этом происходит омоложение модельного возраста и увеличение значения  $e_{Nd}(t)$  снизу вверх по разрезу в песчаниках от силура до раннего карбона. Полученные данные указывают на наличие среди источников сноса пород континентальной коры докембрийского возраста или более молодых пород, образованных за счет переработки коры докембрийского возраста. А вариации значений  $e_{Nd}(t)$  и  $t_{Nd(DM)}$  свидетельствует о появлении в девонское и раннекаменноугольное время новых источников сноса.

Результаты U-Pb геохронологических исследований показывают, что в терригенных породах Ольдойского террейна преобладают детритовые цирконы палеозойского и позднедокембрийского возрастов [Сорокин и др., 2012]. При этом диапазоны возрастов детритовых цирконов из песчаников средне-верхнедевонской ольдойской и нижнекаменноугольной типаринской свит практически соответствуют стратиграфическим возрастам свит. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что, по крайней мере, со среднего девона накопление терригенных отложений Ольдойского террейна протекало на фоне активной магматической деятельности, т.е. в обстановке зрелой островной дуги или активной континентальной окраины.

Таким образом, результаты комплексных геохимических, Sm-Nd-изотопно-геохимических и геохронологических исследований свидетельствуют о том, что накопление терригенных пород Ольдойского террейна проходило в различных тектонических обстановках: на начальной стадии развития – в обстановке пассивной континентальной окраины (силурийский период), которая в дальнейшем сменилась обстановкой, определяемой субдукционными процессами (девонский – каменноугольный периоды).

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 12-05-00170), Президиума ДВО РАН (проекты 12-I-0-ОНЗ-09, 12-II-СУ-08-009).*

#### *Литература:*

*Геодинамика, магматизм и металлогения востока России / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – 572с.*

*Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий 1 : 2500000. С-Пб.: ВСЕГЕИ, 1999. Государственная геологическая карта Российской Федерации 1 : 200000 (издание второе). Лист N-51-XVI. Становая серия / Под ред. Л.П. Карсакова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.*

*Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. – 1999. – Т. 18. – № 5. – С.24–43.*

*Решения IV межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Комплект схем. Хабаровск, ХГГПИ, 1994.*

*Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И., Смирнов Ю.В. Геохимические особенности палеозойских терригенных отложений Ольдойского террейна восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение геодинамических условий седиментации // Геохимия. – 2013. – № 4. – С.344-365.*

*Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Сорокин А.П. Фрагменты палеозойских активных окраин южного обрамления Монголо-Охотского пояса (на примере северо-восточной части Аргунского террейна, Приамурье) // ДАН. – 2002. – Т. 387. – № 3. – С.382-386*

*Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Котов А.Б., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Попеко Л.И. Источники палеозойских терригенных отложений Ольдойского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса: результаты изотопно-геохимических (Sm-Nd) и геохронологических (U-Pb, LA-ICP-MS) исследований // ДАН. – 2012. – Т. 445. – № 5. – С.571-581.*

*Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Попеко Л.И., Сорокин А.П., Смирнов Ю.В. Особенности химического состава и тектонические условия накопления палеозойских терригенных отложений Ольдойского террейна (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) // ДАН. – 2010. – Т. 435. – № 3. – С. 361-364.*



# ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВОВ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Сотникова И.А.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, sotnikova@igc.irk.ru*

Северо-Байкальская щелочная провинция включает в себя 9 массивов, протягивается от северной окраины озера Байкал до западной части Алданского щита. Однако лишь два массива имеют специфику гидротермальной и карбонатитовой редкометальной минерализации: Бурпалинский и Аkitский. На Бурпалинском массиве разведаны редкометальные месторождения Zr, Nb, TR, сконцентрированные в сиенит-пегматитах приконтактной СЗ и центральной частях массива. Концентрации редких элементов в пегматитах достигают следующих максимальных значений: Zr-4%, TR-2.5%, Y-0.5%, Nb-0.4% и представляют промышленный интерес. Для Аkitского массива важной особенностью является ассоциация с ним Th-Y-TR оруденения. Оно отличается высокими концентрациями Y и элементов иттриевой группы, что характерно для редкометальных щелочных гранитов. Разработаны новые схемы магматизма обоих массивов, которые подтверждены петрохимическими данными: шонкиниты → нефелиновые сиениты → щелочные сиениты → кварцевые сиениты → жильные породы: нефелин-содалитовые сиениты, редкометальные пегматиты, аляскиты и щелочные граниты, апатит-флюоритовые породы, карбонатиты. Главные разновидности пород относятся к миаскитовым, а более поздние жильные образования к агпайтовым горным породам. [Сотникова, Владыкин, 2009] Для силикатных щелочных пород массивов характерны ассоциации следующих породообразующих минералов: слюды, амфиболы, пироксены.

Слюды по химическому составу представляют собой сложные водные алюмосиликаты. На массивах встречается несколько разновидностей слюды (флогопит-биотитовый ряд, тайниолит). На диаграмме слюд для Бурпалинского массива все изученные слюды образуют единый тренд составов от флогопитов до аннитов; от ранних пород к поздним наблюдается увеличение Fe-составляющей, что согласуется с химизмом самих пород. На графиках парных корреляций элементов в слюдах наблюдаются единые параллельные тренды составов для пар Mg-Fe и Al-Si, что связано с расслоением магмы (рис. 1). В целом, для составов всех слюд отмечается единый тренд, согласующийся с процессом дифференциации пород. Характерным признаком потенциальной рудоносности массивов является образование высокотитанистых слюд в силикатных породах.

Изученные амфиболы на классификационной диаграмме относятся к двум типам: щелочному катафорит-рибекит-арфведсонитовому и субщелочному: эденит-паргасит-гастингситовому (рис. 2).

Для ранних пород главной фазы массивов и некоторых ранних жильных меланосиенитов характерна кристаллизация амфиболов субщелочного ряда. А для поздних агпайтовых жильных нефелиновых сиенитов, мариуполитов и пегматитов характерны амфиболы щелочного ряда. Их щелочной состав коррелируется с высокой агпайтовой щелочностью пород, из которых они образуются. Данные выводы подтверждают и наличие двух параллельных трендов составов на парных и тройных диаграммах петрогенных элементов. Однако от ранних пород к более поздним в амфиболах наблюдается увеличение (Na+K) относительно Ca и Fe относительно Mg.

Нами изучены химические составы более сотни пироксенов из всех имеющихся пород массива. Как видно из треугольных и двойных диаграмм, в Бурпалинском массиве существует полный ряд пироксенов – от диопсида до эгирина с определенным количеством геденбергитового компонента (рис. 3).

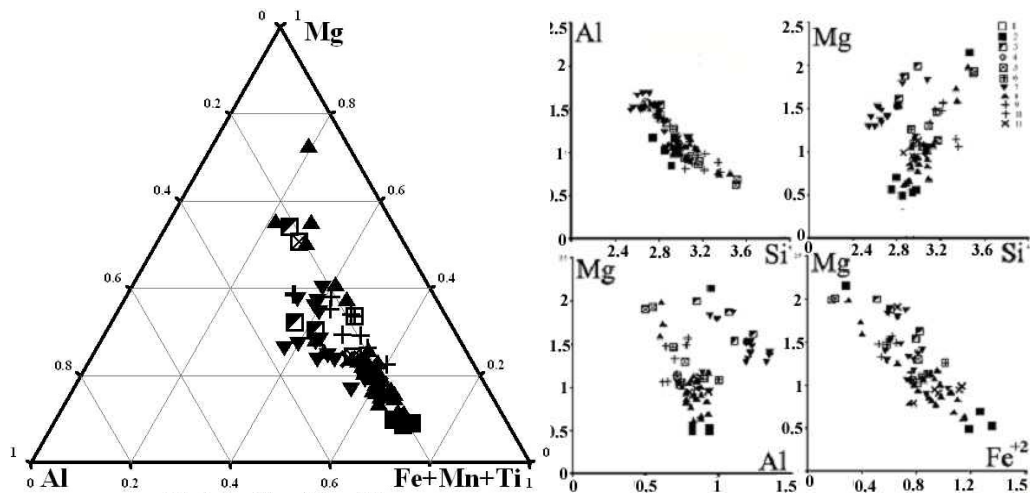


Рис. 1. Тройная и парные корреляционные зависимости слюд Бурпалинского массива: 1 – нефелиновые сиениты, 2 – пуласкиты ГИФ, 3 – кварцевые сиениты, 4 – мариуполиты, 5 – пегматиты центра массива, 6 – нефелиновые сиениты жильные, 7 – дайки шонкинитов, 8 – редкометалльные пегматиты, 9 – аляскиты и щелочные граниты, 10 – апатит– флюоритовые породы, 11 – фениты.

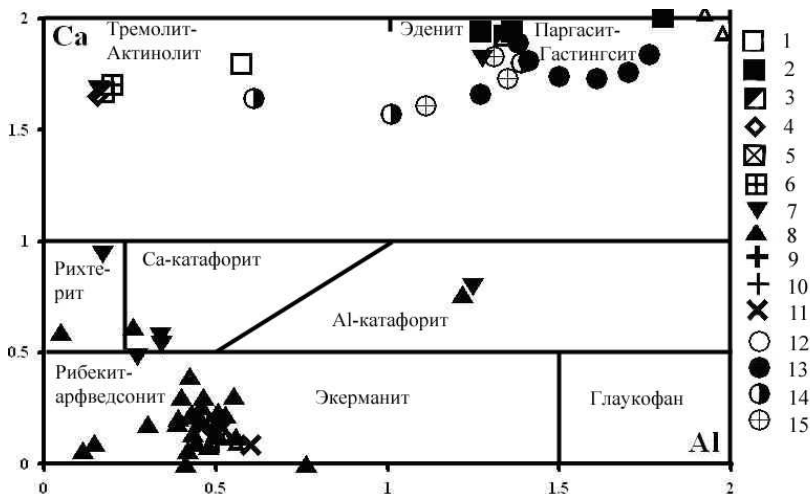


Рис. 2. Классификационная диаграмма амфиболов: **Бурпалинский массив:** 1 – нефелиновые сиениты, 2 – пуласкиты ГИФ, 3 – кварцевые сиениты, 4 – мариуполиты, 5 – сиениты, 6 – пегматиты центральной зоны, 7 – дайки лейкосиенитов, 8 – редкометалльные пегматиты, 9 – щелочные граниты, 11 – апатит–флюоритовая жила, 12 – фениты; **Акитский массив:** 13 – нефелиновые сиениты, 14 – щелочные сиениты, 15 – кварцевые сиениты.

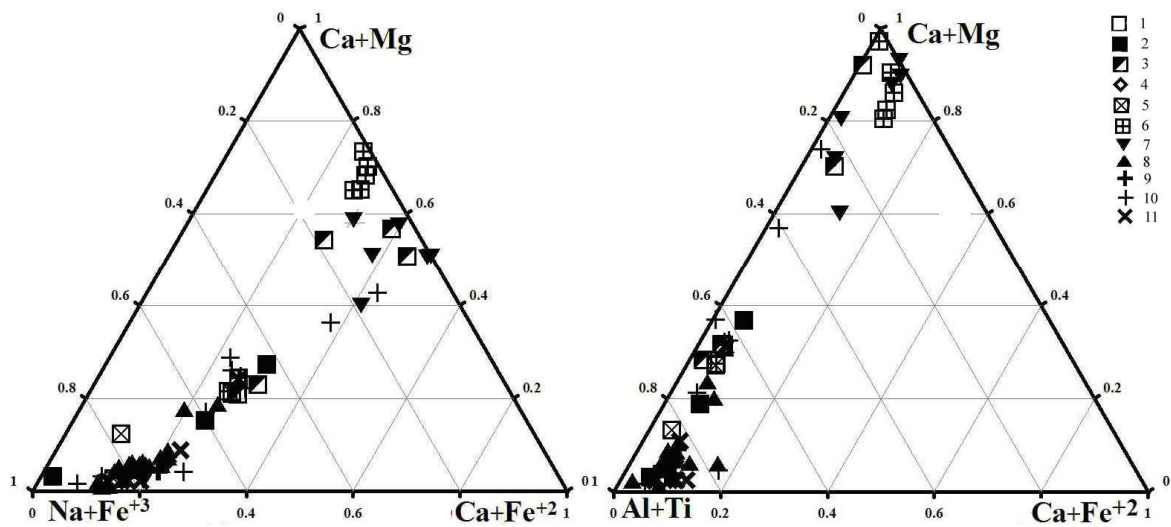


Рис. 3. Тройные корреляционные зависимости пироксенов массива Бурпала. Условные обозначения как на рис. 1.

От ранних пород к более поздним происходит увеличение только эгиринового минала. Диопсид-геденбергитовые составы пироксенов характерны для наиболее ранних пород массива- шонкинитов и нефелиновых сиенитов, для щелочных и кварцевых сиенитов пироксены эгирин- диопсидового состава, а эгириновые составы пироксенов характерны для редкометальных пегматитов и поздних даек агпайтовых гранитов. Еще более четко наблюдаются единые тренды составов пироксенов на диаграммах парных корреляций. В процессе дифференциации пород изменение химических составов пироксенов от диопсид-авгитов до эгиринов согласуется с увеличением щелочности пород, что свидетельствует об едином магматическом процессе.

#### *Литература:*

*Сотникова И.А., Владыкин Н.В. Петрогеохимические и минералогические особенности редкометальных массивов Сев. Прибайкалья // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской Академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – № 9 (35).*

## **ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ МУРУНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА**

**Сычев В.Ю.**

*ФГУПП «Урангео», г. Иркутск, vasya.sy4ev@yandex.ru*

Мурунский ультращелочной массив (площадью 150 кв.км) является уникальным вулcano-плутоническим образованием. В его пределах выявлены и в настоящее время эксплуатируются не имеющие мировых аналогов месторождения ювелирно-поделочного камня – чароита и стронций-бариевых (бенстонитовых) карбонатитов. Около десяти новых минералов (чароит, тинаксит, таусонит, дианит и др.) являются его визитной карточкой.

Массив имеет мантийное происхождение [1], отличается высокой степенью агпайтности и представлен дифференциатами ультращелочной магмы от ультраосновного до кислого состава, которые формируют кольцевое магматическое сооружение, состоящее из совокупности штоков лакколлитов, силлов, туфогенно-лавовых образований и даек. Он находится на границе Алданского щита с Березовским прогибом Сибирской платформы. Вмещающей массив средой служат глубоко-метаморфизованные архейские гнейсы и перекрывающие их, горизонтально залегающие, терригенно-осадочные породы рифея.

Формирование Мурунского массива обусловлено мезозойской тектоно-магматической активизацией Алданского щита, а его положение контролируется узлом пересечения регионального северо-восточного Атбастах-Торгойского разлома с северо-западным (Кеме-Кебектинским) и субмеридиональными древнего заложения.

После кристаллизации пород массива тектоническая активность территории не ослабла и массив рассечен многочисленными зонами разломов различного простирания. Эти зоны разломов и пропитывались гидротермальными растворами, пришедшими из глубинных частей магматического очага массива. Вмещающие магматические породы подверглись процессам окварцевания и сульфидизации. С этими растворами связаны месторождения и рудопроявления U, Au, Ag, Mo, Cu, Zn, Pb, Nb и Ti.

Породы, контрастные по составу с растворами являются химическим барьером и на них происходит кристаллизация многих элементов, которые несут растворы. Так при

взаимодействии с магнезиальными по составу лампроитами обнаружены аномальные концентрации следующих элементов (в ppm): Pb- 3200, Sn- 90, Zn- 200, W более 100, Be- 60, Ti- 50, Nb-3000, V- 2000, Cu- 400, Mo- 300, Ag-23, Au 0,6. Изучение флюидных включений в кварцевых образованиях дало начало кристаллизации флюидных растворов при t- 520 градусов.

Можно выделить следующие стадии гидротермальных процессов на массиве:

**Дорудная метасоматическая стадия**, имеющая широкое распространение, сформировалась под воздействием высокотемпературного расплава – флюида на вмещающие породы и проявлена в виде калишпат-эгириновых фенитов с чароитом, рихтерит-асбестом, эгиринов, скарноидов. С заключительной частью этой стадии связано формирование торий-редкометалльного оруденения: торита, уранинита, апатита, циркона, сфена, брукита, анатаза, фосфатов редких земель и т.п.

**Вторая золото-полиметаллическая** (прожилково-гнездово-вкрапленная) стадия характеризуется золото-кварц-пиритовым и золото-полиметаллическим оруденением. Минеральные ассоциации: галенит, халькопирит, пирит с каплевидным золотом.

**Третья стадия рудного процесса (золото-урановая формация)** представляет собой самостоятельный тип промышленных месторождений с образованием вкрапленных, прожилково-вкрапленных и трещинно-жильных урановых руд (настуран, браннерит с сульфидами). Парагенетически и пространственно с ней связана золото-сульфидно-кварцевая (малосульфидная) формация. Золото в кварце свободное, мелкое, его содержание составляет первые г/т. Рудные процессы этой стадии охватывают сам массив и все стратиграфические уровни его обрамления.

**Заключительная стадия** гидротермального процесса проявлена прожилковой (редко жильной) минерализацией, для которой наиболее характерны: флюорит, кальцит, доломит, кварц, барит, дисульфиды Fe, сульфиды Pb, Zn, Cu.

#### *Литература:*

1. Владыкин Н.В. Алданская провинция К-щелочных пород и карбонатитов: вопросы магматизма, генезиса и глубинных источников. Журнал «Щелочной магматизм и проблемы мантийных источников». – 2001. – С 18-48

## **ПЕТРОЛОГИЯ МЕТАБАЗИТОВ ХАРБЕЙСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

**Уляшева Н.С.**

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, nsulasheva@geo.komisc.ru*

Харбейский антиклинорий расположен в западной тектонической зоне Полярного Урала и разделяется на северный Марункеуский и южный Харбейский блоки. В пределах рассматриваемых блоков раннепротерозойские и глубокометаморфизованные породы представлены соответственно марункеуским эклогит-амфиболит-гнейсовым и харбейским гнейсо-мигматитовым комплексами. Согласно стратиграфическим схемам Урала эти комплексы относятся к разным глубинным уровням нижнего структурного этажа. Некоторыми учеными показано, что они сформировались в принципиально разных геодинамических обстановках и должны рассматриваться как самостоятельные структурные единицы (Пыстин, 1994).

Наиболее дискуссионными являются вопросы о составе протолитов metabазитов марункеуского и харбейского комплексов, как наиболее индикаторных пород, и установлении их геодинамических обстановок формирования, ответы на которые

позволят восстановить докембрийскую историю развития Уральского литосферного сегмента в целом.

Предшественниками было отмечено, что формирование metabазальтов Харбейского блока протекало в условиях платформенного геотектонического режима, а амфиболиты и эклогиты Марункеуского блока представляют собой образования древней геосинклинали, возможно, реликты протоофиолитовых комплексов (Душин и др., 1983).

Для реконструкции вещественного состава пород изучены петрогенный и микроэлементный составы наименее измененных метасоматическими процессами амфиболитов харбейского комплекса а также амфиболитов и альмандиновых эклогитов марункеуского комплекса при помощи силикатного, рентгенофлуоресцентного, нейтронно-активационного и масс-спектрометрического методов.

**Марункеуский комплекс.** Амфиболиты, изученные в южной части комплекса, залегают в виде пластовых тел среди плагиогнейсов. Они имеют сланцеватую текстуру и состоят в основном из амфибола, альбита, граната, биотита, эпидота и клинопироксена. Альмандиновые эклогиты образуют пластообразные и линзовидной формы тела среди гнейсов и мигматитов в пределах Слюдяной горки. Они имеют массивную и сланцеватую текстуру, и состоят в основном из граната пироп-гроссуляр-альмандинового и гроссуляр-пироп-альмандинового ряда и светло-зеленого омфацита. Изучаемые породы имеют состав умеренноглиноземистых натриевых и калиево-натриевых толеитовых андезитов, андезитобазальтов и базальтов нормальной щелочности. По соотношению петрогенных компонентов амфиболиты и эклогиты схожи с толеитами островодужных и океанических обстановок.

Микроэлементный состав метаморфитов показал, что практически во всех проанализированных породах наблюдаются Zr–Hf и Ta–Nb аномалии и близкие к N-COX содержания остальных высокозарядных элементов. Графики, построенные по составам metabазитов, нормализованным относительно хондрита и базальта N-COX, различаются неодинаково. В первую группу попали амфиболиты, отличающиеся повышенным количеством легких лантаноидов (относительно тяжелых) и крупноионных литофилов (кроме Sr), а также Ta и Nb. Во второй группу отнесены амфиболиты, имеющие пологий спектр распределения всех содержаний редкоземельных элементов в 10 раз выше хондритовых, невысокие содержания крупноионных литофилов и аномально низкие содержания Ta и Nb, что очень характерно для островодужных обстановок. К третьей группе относятся амфиболиты и эклогиты с горизонтальным спектром распределения содержаний редкоземельных элементов (в 10 раз выше хондритовых) и низким количеством крупноионных литофилов. По содержанию Nb и Ta они схожи с базальтом N-COX. Cr–Y и Th–Hf–Ta соотношения в metabазитах показывают их схожесть с островодужными образованиями. На дискриминантной диаграмме, где задействованы V, Y, Nb и Zr, точки составов пород располагаются в основном в океанической области.

Таким образом, в содержаниях амфиболитов и эклогитов сочетаются признаки островодужных (Ta–Nb и Zr отрицательные аномалии) и океанических (содержания легких лантаноидов и высокозарядных элементов) обстановок, что очень характерно для толеитовых базальтов задуговых и окраинных морей.

**Харбейский комплекс.** Амфиболиты харбейского комплекса залегают в виде пластовых тел среди плагиогнейсов, имеют массивную и сланцеватую текстуру и состоят в основном из амфибола и плагиоклаза. В сланцеватых амфиболитах в переменном количестве встречаются гранат, эпидот, биотит и мусковит. По химическому составу амфиболиты схожи с низко-, умеренно- и высокоглиноземистыми натриевыми и калиево-натриевыми толеитовыми и известково-щелочными базальтами и андезитобазальтами. Идентификационные диаграммы, учитывающие петрогенные

компоненты, показали схожесть амфиболитов с вулканитами континентальных, океанических и островодужных обстановок.

Анализ микроэлементного состава позволил выделить несколько типов метабазитов. Первая группа пород наиболее дифференцирована, обогащена легкими редкоземельными элементами. Наблюдается европиевая аномалия и повышенные содержания стронция, рублидия, тантала и ниобия, что характерно для платформенных образований. Выше по разрезу также наблюдается обогащение пород легкими лантаноидами, стронцием, барием и торием, но имеются низкие содержания тантала, что характерно для толеитов окраинных или задуговых морей. Третья группа пород характеризуется пониженным содержанием легких лантаноидов, пологим спектром распределения редкоземельных элементов относительно хондрита, обогащением литофильными элементами и танталовым минимумом, что также сближает эти метаморфиты с окраинно-морскими вулканитами.

Таким образом, в пределах харьбейского комплекса совмещены платформенные и окраинно-морские породы, представляющие собой временной ряд магматических образований, соответствующий стадиям эволюции морских впадин. В результате исследования можно сделать вывод, что протолиты метаморфитов харьбейского и марункеуского комплексов относятся к образованиям единого латерального ряда пород, сформировавшегося на границе континент – окраинное (или задуговое) море.

*Автор выражает благодарность профессору, д.г.-м.н. А.М. Пыстину за ценные советы. Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований РАН № 12-У-5-1011 и № 12-И-5-2022.*

#### *Литература:*

*Душин В.А., Макаров А.Б., Сычева Э.А., Исхаков Р.А. О формационной принадлежности метаморфитов харьбейского гнейсо-амфиболитового комплекса // Геология метаморфических комплексов. Межвуз. темат. сб. Свердловск: СГИ, 1983. С 83–90.*

*Пыстин А.М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 208 с.*

## **К ПРОБЛЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ДИАГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД**

**Фазлиахметов А.М., Зайнуллин Р.И.**

*Институт геологии УНЦ РАН, г. Уфа, famrb@mail.ru*

В практике литологических и петрографических исследований часто используются геохимические индексы (коэффициенты, модули и др.) и диаграммы. Область их применения, как правило, ограничивается небольшим количеством строго определенных генетических типов (например, только эффузивов или только песчаников). Многие переходные разности при этом не вынесены на поля диаграмм или не рассматриваются при характеристике индексов.

Вулканогенно-обломочные породы занимают положение между собственно осадочными и собственно вулканогенными породами, но применение к ним диаграмм и индексов, принятых в литологии и петрографии часто дает противоречивые результаты [Фазлиахметов, 2012]. Одной из причин этого является недостаток наших знаний о процессах формирования состава вулканогенно-обломочных пород. Для того, чтобы в некоторой мере его устранить, нами были изучены девонские тефровые и вулканомиктовые турбидиты ирендыкской, улутауской и биягодинской свит Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала.

В ходе полевых работ было опробовано 29 слоев средне- и грубозернистых турбидитов (в терминологии [Стоу, 1990]). Отбор образцов осуществлялся из верхней, средней (в большинстве случаев) и нижней частей циклитов. Содержание петрогенных элементов определялось методами РФА; малых элементов — методом ИСП-МС. Таким образом, каждый слой турбидита был охарактеризован двумя или тремя образцами песчаников, отличающихся по гранулометрическому составу.

По полученным аналитическим данным были рассчитаны значения индексов, наиболее часто применяемых как поодиночке, так и в составе диаграмм. Их значения существенно варьируют внутри одного и того же турбидита (табл.).

**Таблица. Вариации некоторых геохимических индексов внутри циклитов тефровых и вулканотерригенных турбидитов**

Индекс	Максимальные отклонения	Среднее по 29 слоям	Индекс	Максимальные отклонения	Среднее по 29 слоям
F1	6	0,89	Cu/Th	2,03	0,3
F2	6,95	2,2	La/Co	0,816	0,21
F3	1,98	0,76	La/Cr	0,308	0,091
F4	6,18	2,28	La/Sc	0,242	0,092
CIA	13,38	3,84	La/Th	2,71	0,98
PIA	13,39	3,95	La/Y	0,25	0,071
ГМ	0,28	0,08	La/Yb	2,23	0,71
ТМ	0,014	0,04	Ni/Co	3,81	1,03
АМ	0,18	0,05	Rb/Ba	0,069	0,031
ЖМ	0,22	0,08	Rb/Sr	0,082	0,027
НКМ	0,22	0,05	Sc/Cr	1,63	0,45
ЩМ	52,08	7,2	Sc/Th	952,61	223,43
ФМ	0,15	0,05	Th/Co	0,246	0,052
$\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$	0,24	0,08	Th/Sc	0,088	0,027
$\lg((\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})/\text{K}_2\text{O})$	0,84	0,27	Th/U	0,922	0,333
$\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$	0,68	0,16	Ti/Zr	0,0037	0,0019
$\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$	0,95	0,26	V/Ni	19,71	8,24
Co/Th	36,09	9,62	Y/Ni	15,04	2,45
Cr/Th	175,58	42,48	Yb/Th	1,18	0,34
Cr/V	1,08	0,34	Zr/Hf	4,74	2,36
Cr/Zr	4,17	1,02	Zr/Th	31,72	8,9

*Примечания к таблице.*  $F1 = 30.638 \times \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 12.541 \times \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{общ.}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 7.329 \times \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 12.031 \times \text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 35.402 \times \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 6.382$ ;  $F2 = 56.5 \times \text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 - 10.879 \times \text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{общ.}}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 30.875 \times \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.404 \times \text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 + 11.112 \times \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.89$ ;  $F3 = 0.303 - 0.0447 \times \text{SiO}_2 - 0.972 \times \text{TiO}_2 + 0.008 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.267 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.208 \times \text{FeO} - 3.082 \times \text{MnO} + 0.14 \times \text{MgO} + 0.195 \times \text{CaO} + 0.719 \times \text{Na}_2\text{O} - 0.032 \times \text{K}_2\text{O} + 7.51 \times \text{P}_2\text{O}_5$ ;  $F4 = 43.57 - 0.421 \times \text{SiO}_2 + 1.988 \times \text{TiO}_2 - 0.526 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0.551 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 - 1.61 \times \text{FeO} + 2.72 \times \text{MnO} + 0.881 \times \text{MgO} - 0.907 \times \text{CaO} - 0.177 \times \text{Na}_2\text{O} - 1.84 \times \text{K}_2\text{O} + 7.244 \times \text{P}_2\text{O}_5$  [Roser, Korsch, 1988];  $CIA = 100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (рассчитывается по молекулярным количествам) [Nesbitt, Young, 1982];  $PIA = 100 \times (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (рассчитывается по молекулярным количествам) [Fedoetal., 1995];  $ГМ = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2) / \text{SiO}_2$ ;  $ТМ = \text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $АМ = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ ;  $ЖМ = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ ;  $НКМ = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $ФМ = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}_2 + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$ ;  $ЩМ = \text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$  [Юдович, Кетрис, 2000].

Микроскопические исследования и расчет нормативного состава в программе PetroExplorer 2.4 (автор Е.В. Кориневский) показали, что соответствие минералогическое и литогеохимическое составов становится полнее в ряду от тонкозернистых разностей к грубозернистым. По всей видимости, это обусловлено двумя основными причинами. Первая — постседиментационные преобразования, степень которых увеличивается с уменьшением размера зерен. Вторая причина — сортировка зерен по размеру и плотности в водотоках. Известно [Кураленко, 1989], что кристаллокластика андезитовой тефры накапливается в псаммитовой фракции, тогда как в алевропелитовых осадках концентрируется витрокластика. Это позволяет

предположить, что грубозернистые песчаники и гравелиты, в зернах которых порфириобласты и стекло составляют единое целое, наиболее полно отражают состав вулканогенных пород питающей провинции. Породы этих гранулометрических групп целесообразнее опробовать для определения элементного состава, расчета геохимических индексов и восстановления особенностей источника сноса.

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ. Проект № 12-05-31505.*

*Литература:*

*Кураленко Н.П. Влияние вулканизма на формирование вещественного состава аллювия р. Камчатки и ее притоков // Литология и полезные ископаемые. – 1989. – №3. – С. 27-38.*

*Стоуд А.В. Морские глубоководные терригенные отложения // Обстановки осадконакопления и фауны. М., 1990. – Т. 2. – С. 141–194.*

*Фазлиахметов А.М. К методике интерпретации состава вулканогенно-обломочных пород / Новое в познании процессов рудообразования // Материалы молодежной школы по рудной геологии. М.: ИГЕМ., 2012. – С. 191-192.*

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. – 479 с.*

*Fedo С.М., Nesbitt Н.В., Young G.М. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications of paleowathering conditions and provenance // Geology. – 1995. – V. 23. – P. 921-924.*

*Nesbitt Н.В., Young G.М. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. – 1982. – V. 299. – P. 715-717.*

*Roser В.Д., Korsch R.Ж. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data // Chem. Geol. – 1988. – V. 67. – P. 119-139.*

## **ПЕТРОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЯ КИМБЕРЛИТОВ КУОЙКСКОГО ПОЛЯ (ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

**Эсенкулова С.А.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, esenkulova@igc.irk.ru*

Якутская кимберлитовая провинция разделена на две субпровинции – южную и северную. Южная субпровинция является алмазонасной, в то время как северная – убогоалмазонасной.

Среди северных полей можно выделить Куойкское поле, оно является самым многочисленным по количеству кимберлитовых тел полем. В пределах поля насчитывается около 100 тел, наряду с одиночными телами также можно выделить кусты трубок. Расстояние между телами от десятков метров до 5 км.

Также оно интересно тем, что наряду с типичными для северных полей высокожелезистыми кимберлитами здесь развиты и высокомагнезиальные кимберлиты, которые характерны для южных алмазонасных полей.

Располагается Куойкское поле в северо-восточной части северной субпровинции, в бассейне р. Оленек в пределах Оленекского сводового поднятия [Зайцев А.И., Смелов А.П., 2010].

Кимберлитовые тела представлены трубками, жилами и дайками различного состава. Жилы и дайки являются самостоятельными объектами, не связанными с трубками.

Размеры трубок небольшие и обычно не превышают 100 м. в диаметре. Дайки и жилы представляют собой субвертикальные или слабонаклонные тела. Протяженность даек до 1 км при мощности от 1 м до 10 м. Кимберлитовые жилы имеют мощность от 5 см до 1 м, их длина составляет первые десятки метров.

Нами был изучен химический состав около 75 кимберлитовых тел, просмотрено около 110 шлифов.



Дайки и жилы преимущественным образом сложены массивными разновидностями кимберлита, в отличие от кимберлитовых трубок, где преобладают кимберлитовые брекчии.

Макро-, фенокристы оливина имеют хорошую степень сохранности. Содержание оливина, замещенного в разной степени серпентином или карбонатом, варьирует от 20 до 60%. В массивных разновидностях кимберлита вкрапленники нередко имеют идиоморфную форму, в то время как в кимберлитовых брекчиях - более угловатую форму.

Высокое содержание неизмененного оливина является отличительной особенностью кимберлитового поля. Основная масса кимберлитов массивной текстуры имеет преимущественно карбонатный состав. Основная масса кимберлитовой брекчии существенно серпентинового состава. Рудные минералы представлены титаномагнетитом или перовскитом. Встречаются тела, в кимберлитах которых можно встретить монтичеллит, флогопит. Содержание флогопита в некоторых телах варьирует от 5 до 45%.

Кимберлиты Куойкского поля характеризуются широкими вариациями химического состава. В пределах поля распространены как высокожелезистый, высокотитанистый петрохимические типы, так и высокомагнезиальный тип, который встречается в южных алмазоносных полях [Костровицкий С.И. и др., 2007]. Основными факторами изменчивости состава кимберлита являются процессы дифференциации и флюидизации. Более высокое содержания карбоната (кальцита) в массивных разновидностях кимберлита указывает на его первичную магматическую природу. В южных полях, в отличие от северных, наиболее распространена вторичная наложенная карбонатизация.

Кимберлитовые брекчии Куойкского поля являются более высокомагнезиальными и низкокальцевыми, в то время как массивные разновидности - высококальцевыми и низкомагнезиальными.

В целом распределения содержаний некогерентных элементов Куойкского поля совпадает с распределением содержания этих же элементов в южных алмазоносных полях.

Массивные разновидности кимберлита некоторых тел (трубка Зенит, дайка Великан, дайка Монтичеллитовая) характеризуются более высоким уровнем содержаний некогерентных элементов по сравнению с брекчиевыми разновидностями кимберлита. Кимберлитовые брекчии оказались более разубоженными в результате попадания значительного количества обломочного материала литосферной мантии в кимберлитовый расплав, а также процесса флюидизации в результате которого объем карбонатной фазы заметно снизился.

**Выводы:**

1. Кимберлиты Куойкского поля характеризуются широкими вариациями химического состава. В пределах поля распространены петрохимические типы, которые характерны как для северных полей, так и для южных алмазоносных полей.

2. По содержанию и распределению микроэлементов кимберлиты Куойкского поля близки кимберлитам южных полей, и по-видимому имеют один астеносферный источник. Массивные разновидности, в отличие от кимберлитовых брекчий, являются высококальцевыми и низкомагнезиальными с более высоким содержанием некогерентных элементов.

*Литература:*

*Зайцев А.И., Смелов А.П. Изотопная геохронология пород кимберлитовой формации Якутской провинции // Якутск: Офсет. – 2010. – С. 108.*

*Костровицкий С.И., Морикио Т., Серов И.В., Яковлев Д.А., Амиржанов А.А. Изотопно-геохимическая систематика кимберлитов Сибирской платформы. // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 3. – С. 350-371.*

# ГЕОХИМИЯ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

## К ВОПРОСУ ОБ УЧАСТИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Барабашева Е.Е.

*Забайкальский государственный университет, г. Чума, barabasheva@mail.ru*

Роль органического вещества в геохимических процессах на разных этапах геологической истории сводится к следующему: 1) образованию биогенно-хемогенных осадков; 2) образованию каустобиолитов, гумуса, почв; 3) влиянию на диагенез и катагенез; 4) выветриванию горных пород; 5) участию в процессах метаморфизма горных пород; 6) накоплению и миграции редких элементов в осадочных отложениях; 7) переносу органического вещества природными водами; 8) участию в гидротермальных процессах; 9) участию в процессах рудообразования. Чтобы выявить ключевую роль органического вещества во всех вышеуказанных процессах предлагается рассмотреть их с точки зрения коэффициента биогеохимического участия.

Коэффициент биогеохимического участия для биогенного осадконакопления  $B_o$  измеряется полученной биомассой в год, количество которой, в свою очередь, зависит от глубины моря, близости берега, гранулометрического состава осадков, окислительно-восстановительной обстановки, климатической зональности, и равна  $B_o = m_b * (T_0 - T_1) * K_{kat} * K_{kos}$ , где  $m_b$  – биомасса органического вещества в год,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время образования описываемой осадочной формации, определенное при помощи палеонтологических данных,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов,  $K_{kos}$  – коэффициент возможного привноса минерального вещества в моменты попадания на Землю космического материала в виде комет, астероидов и метеоритов [Баранбаум, 2002].

Коэффициент биогеохимического участия при образовании каустобиолитов, гумуса и почв  $B_k$  напрямую зависит от количества и видового состава растительной биомассы, косвенно от гранулометрического состава осадков, наличия свободного кислорода, климатической зональности и равна  $B_k = m_f * (T_0 - T_1) * V_o * V_d$ , где  $m_f$  – растительная биомасса в год,  $(T_0 - T_1)$  – длительность геологического образования толщи, определенная палеонтологическим методом,  $V_o$  и  $V_d$  – скорости окисления и диагенеза осадков. С погружением повышается температура осадков – зона диагенеза переходит в зону катагенеза, где органическое вещество подвергается метаморфизации.

Коэффициент биогеохимического участия в процессах диагенеза и катагенеза зависит от окислительно-восстановительных условий, создаваемых бактериальной биотой аэробов и анаэробов, а также скорости прогибания и/или опускания дна водоема, и равна  $B_{d-k} = m_{bac} * V_p$ , где  $m_{bac}$  – масса работающих бактерий,  $V_p$  – скорость прогибания участка.

Метаморфизм органического вещества состоит в обогащении его углеродом при одновременном убывании водорода и неуглеводородных элементов. Отщепление последних происходит в виде воды, углекислоты, метана и др. Выделяясь, эти подвижные продукты метаморфизации органического вещества мигрируют в поровые пространства и трещиноватые зоны, пока поровая проницаемость пород не исчезает. По каналам миграции они достигают поверхности, завершая тем самым метаморфический или катагенный цикл углерода. Коэффициент биогеохимического участия в процессах метаморфизма горных пород  $B_{met} = m_o * t^0 * C * h * K_t$ , где  $m_o$  – масса органического вещества,

$t^{\circ}C$  – температурный режим,  $h$  – глубина зоны метаморфизации,  $K_t$  – коэффициент трещиноватости горных пород.

На коэффициент биогеохимического участия в процессах гипергенеза и гальмиролиза горных пород  $B_g$  непосредственно влияет количество живых организмов в составе бактерий, цианобактерий, аэрофильных водорослей, грибов, лишайников, высших растений и отмершей биомассы, а также время геологического разрушения. Количество биомассы непосредственно зависит от климатических условий суши и зон моря.  $B_g = m_b * (T_0 - T_1)$ , где  $m_b$  – масса живой и отмершей биоты и продуктов метаболизма,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время разрушения изучаемого объекта. В зоне гипергенеза низкие температуры, смена вод, доступ с проникающими на глубину водами микроорганизмов нарушают целостность недр.

Коэффициент биогеохимического участия процессов переноса органического вещества природными водами представляется как  $B_v = m_o * h * V * Q$ , где  $m_o$  – масса органического вещества,  $h$  – глубина распространения грунтовых вод,  $Q$  – мощность и  $V$  – скорость потока.

Коэффициент биогеохимического участия при накоплении (биосорбции) и миграции в составе металлоорганических комплексов рудообразующих элементов в осадочных отложениях  $B_{b+mg} = m_b * (T_0 - T_1) * K_{kat} * V_d$ , где  $m_b$  – биомасса органического вещества (включая живые организмы, продукты метаболизма и отмершей биомассы в виде твердых, жидких и газообразных составляющих) накапливаемого в год,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время образования осадочной формации, определенное при помощи палеонтологических данных,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов,  $V_d$  – скорость диагенеза осадков [Баренбаум, 2002].

Коэффициент биогеохимического участия в гидротермальных процессах  $B_{gt} = m_{bac} * t^{\circ}C * h * S * K_t$ , где  $m_{bac}$  – масса работающих сульфат-редуцирующих бактерий,  $t^{\circ}C$  – температурный режим гидротерм,  $h$  – глубина зоны действия гидротерм,  $S$  – площадь развития гидротермальных источников,  $K_t$  – коэффициент трещиноватости горных пород в зоне развития гидротерм.

Коэффициент биогеохимического участия в процессах рудообразования  $B_r = m_b * (T_0 - T_1) * K_{ma} * K_{kat} * K_{kos} * K_r$ , где  $m_b$  – биомасса органического вещества (включая живые организмы, продукты метаболизма и отмершей биомассы в виде твердых, жидких и газообразных составляющих) накапливаемого в год,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время с начала заложения архейско-протерозойского фундамента до времени образования месторождения,  $K_{ma}$  – коэффициент тектоно-магматической активности региона, связанный с внутренними и внешними (космическими) факторами,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов, связанных с космическими и тектоно-магматическими причинами,  $K_{kos}$  – коэффициент возможного привноса минерального вещества в моменты попадания на Землю космического материала в виде комет, астероидов и метеоритов,  $K_r$  – коэффициент биогеохимического рециклинга (количество циклов участия биоты в процессах накопления, преобразования и трансформации рудного вещества).

Таким образом, практически для всех вышеперечисленных процессов основным компонентом влияния является количество органического вещества, которое, в свою очередь, тесно связано с палеогеографическими, климатическими, тектоно-магматическими, космическими и прочими косными факторами.

#### *Литература:*

Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция / М.: ГЕОС. 2002. 393 с.

# ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАСОМАТИТОВ ТУЛОМОЗЕРСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ УРАН-ВАНАДИЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СРЕДНЯЯ ПАДМА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

Баранов А.И.

*Всероссийский геологический институт (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург,  
anatoly\_baranov@vsegei.ru*

Месторождение комплексных уран-ванадий-благороднометалльных руд Средняя Падма входит в состав Падминского рудного узла (РУ) Онежского рудного района (РР). Онежский РР приурочен к Северо-Онежскому синклинию – части Карельского массива Фенноскандинавского щита. Синклиний представляет собой брахиформную структуру, сложенную терригенными, вулканогенными, вулканогенно-осадочными и карбонатными образованиями мезопротерозоя и силлами габбро-долеритов [Онежская..., 2011]. Тектоническое строение территории определяют зоны складчато-разрывных дислокаций (СРД) СЗ простирания [Билибина и др., 1991], развитые вдоль гребневидных антиклиналей, выполненных образованиями заонежской и туломозерской свит. По наиболее проницаемым нарушениям зон СРД развиты вмещающие оруденение магнезиально-щёлочно-карбонатные метасоматиты. Рудные тела приурочены к крутопадающим крыльям и призмковым частям антиклиналей. Основной рудный элемент – V, сопутствующие – U, Cu, Cr, Mo, Bi, Sb, Au, PGE. Рудные минералы представлены настураном, роскоэлитом, различными сульфидами и сульфоселенидами. Возраст оруденения (U-Pb метод по настурану) составляет  $1760 \pm 30$  млн. лет, по данным [Государственная..., 2000]. Комплексные руды сформированы в зональном ореоле гидротермально-метасоматически изменённых пород. Внешняя зона представлена ранними пропилитами, промежуточная – предрудными альбититами, центральная – рудными слюдистыми и карбонатно-слюдистыми метасоматитами (слюдитами). Оруденение обычно развито на контакте пород верхней подсвиты туломозерской свиты (мрамора и метадоломиты с подчинённым количеством терригенных пород) и заонежской свиты (разнообразные терригенные, шунгитовые, туфогенные и вулканогенные породы), иногда присутствуют габброиды. Такой разнообразный состав вмещающих пород обусловил сложный, комплексный состав руд.

Исходные материалы представлены образцами околорудных и рудоносных метасоматитов (50 шт.), отобранных из вмещающих пород, пропилитов и слюдитов, в которых определены содержания широкого спектра химических элементов (ХЭ) (анализы выполнены методами ААА и ICP-MS в ЦЛ ФГУП ВСЕГЕИ). Предварительно автором по ретроспективным данным были рассчитаны региональные кларки Заонежья (ферсмы) и средневзвешенные содержания в породах туломозерской свиты (табл. 1). Проведено нормирование усреднённых содержаний ХЭГМО на кларки земной коры, ферсмы Заонежья и средние значения по туломозерской свите. По полученным коэффициентам концентрации построены графики, отражающие вариации содержаний ХЭ по зонам метасоматической колонки (рис. 1). Спектры накопления имеют следующий вид (подстрочный индекс – коэффициент концентрации):

*Нормирование на кларки:* вмещающие породы –  $Ag_{1,8}, пропилиты – Mo_{11,4}Bi_{8,2}U_{7,4}Pb_5Cu_{4,4}V_4Zn_{3,9}Pd_2Ag_{1,5}$ , слюдиты –  $U_{332}Bi_{86,8}V_{68,7}Cu_{39,4}Zn_{31}Pd_{11,9}Pb_{7,8}Ag_{6,7}Ba_{4,1}Au_2$ .

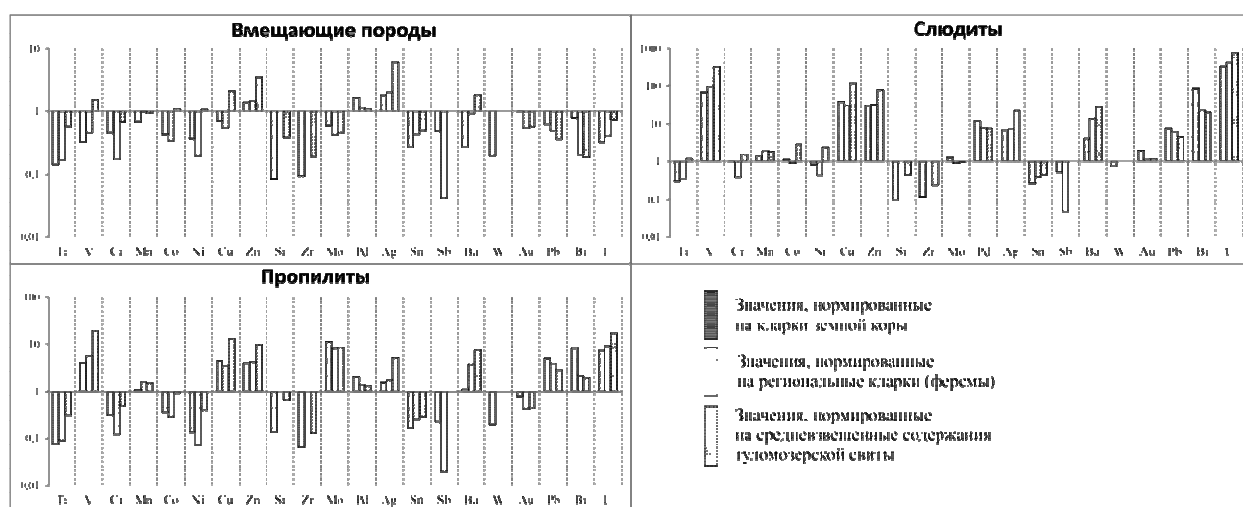
*Нормирование на ферсмы:* вмещающие породы –  $Ag_2$ , пропилиты –  $U_{9,2}Mo_8V_{5,6}Zn_{4,1}Pb_{3,9}Ba_{3,7}Cu_{3,5}Bi_{2,1}Ag_{1,7}Mn_{1,6}$ , слюдиты –  $U_{414}V_{95,8}Zn_{32,6}Cu_{30,8}Bi_{22,4}Ba_{13,7}Pd_{8,1}Ag_{7,4}Pb_6Mn_2$ .

*Нормирование на средние содержания по туломозерской свите:* вмещающие породы –  $Ag_6Zn_{3,5}Cu_{2,1}Ba_{1,8}V_{1,5}$ ,

пропилиты –  $V_{19,1}U_{17}Cu_{13}Zn_{9,92}Mo_{8,6}Ba_{7,5}Ag_{5,1}Pb_{2,9}Bi_{1,9}$ ,  
 слюдиты –  $U_{766}V_{326}Cu_{116}Zn_{78,2}Ba_{27,6}Ag_{22,1}Bi_{20,4}Pd_{7,7}Pb_{4,5}Co_{2,9}Ni_{2,4}Mn_{1,9}Cr_{1,6}$ .

**Таблица 1. Средние содержания ХЭ в породах Заонежья и туломозерской свиты**

ХЭ	Территория Заонежья в целом		Туломозерская свита	
	Ферсм, г/т	Кол-воанализов	Среднее, г/т	Кол-воанализов
Ti	4110	5513	1200	1050
V	136	7436	40	1050
Cr	242	5673	61	1050
Mn	622	5282	650	1050
Co	29	7501	9	1050
Ni	104	7402	19	1050
Cu	68	7341	18	1050
Zn	65	5127	27	1050
Sr	105	3697	80	1050
Zr	139	6521	80	1050
Mo	1,7	4670	1,6	1050
Pd	13	1470	0,0139	1073
Ag	0,066	4968	0,022	1073
Sn	1,5	4860	1,3	1050
Ba	141	3487	70	1050
Pt	12,5	1258	0,0118	1073
Au	5,4	1627	0,0052	1073
Pb	16	4266	21	1050
Bi	0,77	1943	0,85	1050
U	2,4	3982	1,3	1050



**Рис. 1. Диаграммы нормированных содержаний ХЭ.**

В целом, спектры накопления представлены U, V, Cu, Zn, Bi, Pd, Pb, причём содержания ХЭ закономерно увеличиваются от ранней стадии к поздней (соответственно, от внешних зон к внутренним). Относительно среднего по свите все типы пород характеризуются повышенными значениями коэффициентов и более широким спектром накопления ХЭ, что указывает на то, что породы туломозерской свиты даже на удалении от рудных тел геохимически специализированы на Ag, Zn, Cu, Ba, V, уровень накопления которых возрастает от пропилитов к слюдитам. Характерная особенность – обогащённость слюдитов относительно средних сидерофильными элементами (Co, Ni и Cr, в меньшей степени Ti).

### *Литература:*

- Билибина Т.В., Мельников Е.К., Савицкий А.В. О новом типе комплексных руд в Южной Карелии // Геология рудных месторождений. № 6, 1991.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Р-35-(37) – Петрозаводск. Объяснительная записка. СПб, 2000.
- Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерализация). Петрозаводск, 2011.
- Металлогения Карелии. Петрозаводск, 1999.

## **МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В РУДАХ ГАНЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕРЕЗИТ-ЛИСТВЕНИТОВОЙ ФОРМАЦИИ (УЧАЛИНСКИЙ РАЙОН, БАШКОРТОСТАН)**

**Заботина М.В., Белогуб Е.В., Новоселова К.А., Паленова Е.Е., Блинов И.А.**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, mary\_7-88@mail.ru*

Проблема источника золота при формировании месторождений березит-лиственитовой формации до сих пор не решена. Наряду с мнением о магматическом источнике вещества, существует гипотеза о полихронности таких месторождений [Сазонов и др., 2001]. Согласно этой гипотезе, золото, накопленное при осадконакоплении и гидротермальных процессах, синхронных с вулканизмом, во время коллизии может переотлагаться с образованием более богатых концентраций. В пределах зоны ГУР в Учалинском районе в Западно-Буйдинской рудной зоне распространены месторождения березит-лиственитовой формации: Ганеевское и др. В вулканогенно-осадочном комплексе в непосредственной близости к указанным месторождениям локализованы месторождения золота Курпалинской рудной зоны (Контрольное и др.), родственные колчеданным месторождениям по генезису. Цель работы заключается в сопоставлении золотоносных минеральных ассоциаций Ганеевского и Контрольного месторождений.

Ганеевское месторождение расположено в 9 км ЮВ г. Учалы, в 2010–2012 гг. отработывалось ЗАО НПФ БЗК. Рудные тела локализованы в зоне тектонического контакта поляковской ( $S_{1pl}$ ) и улутауской ( $D_{2gv ul}$ ) вулканогенно-осадочных толщ, на участке месторождения также развиты породы карамалыташской свиты ( $D_{2ef-gv kr}$ ) [Сурин, 2006ф; Серавкин и др., 2001; Галиуллин, 2010]. Структура месторождения имеет субмеридиональное простирание и субвертикальное падение. Вмещающие породы в пределах карьера представлены metabазальтами, кварц-хлоритовыми метасоматитами, иногда пиритизированными, среди которых встречаются линзы вулканогенно-осадочных пород и тектонические пластины серпентинитов. Рудная зона представлена лиственитами, пирит-, карбонат-содержащими серицит-кварцевыми метасоматитами (березитами) и кварцевыми жилами. Листвениты имеют кварц-анкерит(магнезит)-фуксит(талък)-альбитовый состав, характеризуются низким содержанием (мас. %)  $SiO_2$  (24,02–30,02),  $Al_2O_3$  (0,52–0,68) и высоким –  $CO_2$  (13,46–18,98). Характерно наличие реперных элементов (г/т) Cr (503–740), Ni (1336–1545), свидетельствующих об образовании лиственитов по породам ультраосновного состава. Березиты представлены ассоциацией серицит-доломит(анкерит)-альбит-кварц, их химический состав (мас. %):  $SiO_2$  (46,3 – 46,86),  $Al_2O_3$  (12,04–13,23),  $TiO_2$  (1,00–0,92) сопоставляется с составом metabазальтов и хлоритовых сланцев, образованных по вулканогенно-обломочным породам.

Золото в пределах рудной зоны распределено неравномерно. Рудные тела выделяются по результатам опробования. Рудоносными являются березиты (Au от 8 до 18 г/т), листвениты (Au до 10 г/т) и кварцевые жилы (Au 1-3 г/т).

Главные рудные минералы лиственитов и березитов – пирит и гетит, второстепенный – халькопирит, редкие – золото, галенит, сфалерит, пирротин, блеклая руда, магнетит, гематит. Нерудная часть представлена альбитом, кварцем, карбонатами и слюдой. Золото самородное, приурочено к пириту и замещающему его гетиту. В составе золота присутствует небольшая примесь серебра ( $Au_{0.93-0.83}Ag_{0.07-0.17}$ ).

Главный рудный минерал кварцевых жил – галенит, второстепенный – халькопирит, редкие – айкинит, полидимит, теннантит, миллерит, золото, теллуриды золота и серебра (петцит, гессит). Золото свободное, также образует включения в галените и теллуридах. Содержит значительную примесь серебра ( $Au_{0.65-0.80}Ag_{0.20-0.35}$ ). Петцит ( $Au_{0.91-1.11}Ag_{2.98-3.06}Te_2$ ) и гессит ( $Ag_{1.91-2.00}Te$ ) образуют преимущественно включения и сростки с галенитом, айкинитом.

Таким образом, по ассоциации, составу и характеру выделений золото Ганеевского месторождения разделяется на два основных типа: 1) золото в виде сростков и включений в пирите и гетите из березитов и лиственитов и 2) золото, ассоциирующее с галенитом и минералами Bi, Te и Ag в кварцевых жилах.

В 4 км к западу от Ганеевского расположено месторождение Контрольное, приуроченное к бескарбонатным серицит-кварцевым метасоматитам, образованным по вулканогенным породам карамалыташской свиты ( $D_{2ef-gv\ kr}$ ). Структура месторождения субмеридиональная с крутым падением, соответствует направлению ГУР. Руды вкрапленные, прожилково-вкрапленные. Содержания золота составляли (г/т) 1-5, в кварц-баритовых сыпучках до 15. Главный рудный минерал – пирит, второстепенные сфалерит, халькопирит, галенит. В густо-вкрапленных барит-сульфидных рудах повышается роль теннантита и халькопирита. Нерудная часть представлена кварцем, баритом, серицитом, эпидотом. Золото приурочено к сульфидам (пириту, теннантиту, сфалериту), заполняет интерстиции кварца и барита. Состав золота: в теннантите –  $Au_{0.54-0.62}Ag_{0.36-0.42}Cu_{0.02-0.09}$ , в трещинках –  $Au_{0.46-0.67}Ag_{0.30-0.40}Cu_{0.01-0.14}$  [Белогуб, 2009].

Таким образом, структура Ганеевского и Контрольного месторождений золота подчиняется простиранию ГУР, рудные тела приурочены к метасоматически измененным породам вулканогенно-осадочных толщ – карбонат-содержащим на Ганеевском месторождении и бескарбонатным на Контрольном. Главный рудный минерал в обоих случаях – пирит, второстепенный – халькопирит. Для Контрольного месторождения и кварцевых жил Ганеевского характерен более широкий спектр сульфидов. Содержания серебра в золоте из более высокосульфидных руд Контрольного месторождения выше, чем в золоте из березитов и лиственитов.

Учитывая отсутствие гранитоидов на Ганеевском месторождении, присутствие сингенетической золотоносной минерализации в вулканогенных толщах карамалыташской свиты, можно предположить, что источником золота на Ганеевском месторождении служила сульфидная минерализация вулканогенно-осадочных толщ среднего девона, генетически близкая колчеданным месторождениям, широко распространенным в Учалинском районе.

*Авторы благодарят И.Б. Фадину и Г.Н. Дрокину (ЗАО НПФ БЗДК).*

#### *Литература:*

*Белогуб Е.В. Гипергенез сульфидных месторождений Южного Урала // Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. 536 с.*

*Галиуллин И.Б. Геохимическая зональность Ганеевского месторождения золота на Буйдинской площади (Учалинский район, Республика Башкортостан) // Металлогения древних и современных океанов-2010. Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 163–166.*

Крылатов В.А. и др. Проект работ «Поиски месторождений рудного золота в пределах Курпалинской площади» на 2006–2009 гг. Учалы, 2006ф.

Новоселов К.А., Белозуб Е.В., Викентьев И.В. Буйдинская золотоносная площадь (Учалинский рудный район, Башкортостан) // Уральский минералогический сборник, № 17. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 131-136.

Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А. Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 622с.

Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.

Сурин С.В. Проект на проведение разведочных работ на Западно-Буйдинской рудной зоны. Учалы, 2006ф.

## **ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОБАЛЬТ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ СТОЙЛЕНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА**

**Колот Е.А.**

*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, katrinkolot@mail.ru*

В пределах Курского мегаблока Воронежского кристаллического массива (ВКМ) широко развиты породы железисто-кремнистой формации. Они слагают сложные по морфологии и внутреннему строению зоны полосовидных аномалий северо-западного простирания, пространственно сопряженные с Белгородско-Михайловским и Орловско-Тимским коматиитсодержащими зеленокаменными поясами позднеархейского заложения. В центральной части восточной зоны располагается Старооскольский рудный район с обрабатываемым Стойленским железорудным месторождением [Голивкин и др., 2001].

Стойленское месторождение является одним из крупнейших в России источником железной руды. Оно находится в центральной части Старооскольского рудного узла и приурочено южному замыканию Тим-Ястребовской синклинойной структуры. Месторождение обрабатывается карьерным способом, на его базе действует Стойленский горнообогатительный комбинат.

В геологическом строении Стойленского месторождения принимает участие докембрийский комплекс сложнодислоцированных пород и перекрывающие его отложения фанерозоя. Архейские образования присутствуют в бортах месторождения. Они представлены александровской (амфиболиты, амфиболовые сланцы) и лебединской (кварц-сланцевые сланцы, метаморфизованные кварцевые порфиры, и туфосланцы) свитами михайловской серии.

Курская серия нижнего протерозоя включает нижнюю (стойленскую - песчаниково-сланцевую) и верхнюю (коробковскую - железорудную) свиты.

Коробковская свита представлена двумя подсвитами железистых кварцитов и двумя сланцевыми подсвитами. Железорудные подсвиты сложены различными типами железистых кварцитов: силикатно-магнетитовыми и магнетитовыми кварцитами с куммингтонитом, актинолитом, иногда тремолитом или тальком, щелочно-амфибол-магнетитовыми, железнослюдково-магнетитовыми и малорудными кварцитами. Общая мощность железорудных подсвит в среднем составляет 330 м [Голивкин и др., 2001].

Предметом исследования являются железистые кварциты нижней железорудной. Они занимают строго определенное место в фациальном профиле формации, где они повсеместно находятся на контакте с межрудными сланцами. В зонах контактов наблюдается наибольшая сульфидизация и повышенные концентрации благородных металлов.



При проведении геохимической характеристики железистых кварцитов Стойленского месторождения было изучено 20 химических анализов выполненных методами: ICP MS (масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой): Be, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; ICP AES (атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой): Ag, Co, Cu, Ni, Pb, Sc, Zn, Li. Анализы выполнены коллективом научной группы кафедры минералогии, петрографии и геохимии в лаборатории ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) в 2009 г. Химические элементы были разделены на 4 группы: 1) элементы ультраосновных пород Ni, Co; 2) элементы основных пород Ag, Zn, Cu, Sc; 3) элементы кислых пород – Pb, Be, Li. (свинец, бериллий, литий); 4) редкоземельные элементы.

Проведенное определение законов распределения химических элементов методом оценки асимметрии и эксцесса показало, что Pb, Be, Ag, REE (редкоземельные элементы) характеризуются нормальным распределением, а для Co, Ni, Cu, Zn, Li характерен логнормальный закон распределения.

В трех пробах железистых кварцитов Стойленского месторождения были установлены аномально высокие содержания Co, Sm, Ho (Co – до 1546,33 г/т, Sm до 873,33 г/т, Ho до 0,84 г/т).

Дальнейшая характеристика геохимических особенностей кобальт-редкоземельных железистых кварцитов проводилось с помощью расчетов кларков концентрации и их сравнения с кларками концентрации, рассчитанных для железистых кварцитов, не обогащенных Co, Sm, Ho (табл.).

**Таблица. Сравнительная характеристика кобальт-редкоземельных железистых кварцитов и железистых кварцитов, не обогащенных Co, Sm, Ho**

Элемент	Кларки концентрации		Элемент	Кларки концентрации	
	кобальт-редкоземельные кварциты	железистые кварциты, не обогащенные Co, Sm, Ho		кобальт-редкоземельные кварциты	железистые кварциты, не обогащенные Co, Sm, Ho
Элементы ультраосновных пород			Редкоземельные элементы		
Co	85,91	0,5	LREE	11,18	17,87
Ni	0,5	0,1	MREE	702,01	40,63
Элементы основных пород			HREE	3,26	1,95
Ag	27,29	10,55	REE	716,45	60,44
Zn	1,58	0,96	Ho	0,840	0,268
Sc	0,33	0,13	Sm	873,33	1,200
Cu	0,58	0,49	Dy	0,977	1,160
Элементы кислых пород			Er	0,683	0,808
Li	0,28	0,20	Tm	0,133	0,120
Be	0,37	0,21	Yb	0,550	0,793
Pb	1,2	1,01	Lu	0,093	0,127
			Y	6,240	9,337

*Примечание:* LREE - (La - Pr); MREE - (Nd - Dy); HREE - (Ho - Lu).

Таким образом, в железистых кварцитах Стойленского месторождения установлены кобальт-редкоземельные железистые кварциты с повышенными содержаниями элементов протокристаллизации (Zn, Ag, Cu, Sc, Ni), элементов кислых магм (Li, Be), Pb и тяжелых редкоземельных элементов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-05-31194 мол\_а, № 11-05-00316-а.*

#### *Литература:*

Голивкин, Н.И. Железные руды КМА / Н.И. Голивкин, Н.Д. Кононов, В.П. Орлов и др.; под ред. В.П. Орлова, И.А. Шевырева, Н.А. Соколова. – М.: Геоинформмарк, 2001. – 616 с.

# МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТЫХ ТОЛЩ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ АРТЕМОВСКОГО УЗЛА (БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН)

**Паленова Е.Е., Белогуб Е.В., Заботина М.В.**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, palenova@mineralogy.ru*

В пределах Артемовского узла Бодайбинского района расположен ряд небольших золоторудных объектов, к которым относятся месторождения Копыловское и Кавказ, рудопроявление Красное, а также более мелкие. Они приурочены к углеродистым терригенным породам, рудная минерализация локализуется в замках складок высоких порядков. Рудопроявление Красное залегает в породах вачской свиты ( $R_3vc$ ), месторождения Копыловское и Кавказ – в более молодой догалдынской свите ( $R_3dg$ ) [Докембрий..., 1995].

Вмещающие породы рудопроявления Красное представлены углеродистыми алевролитами темно-серого, черного цвета с подчиненным количеством кварцевых песчаников и редкими прослоями гравелитов и углеродисто-глинистых сланцев [Паленова, 2013]. На Копыловском развиты полевошпат-кварцевые песчаники и углеродисто-глинистые сланцы, реже встречаются алевролиты. На месторождении Кавказ преобладают кварц-полевошпатовые песчаники с прослоями углеродисто-глинистых сланцев и алевролитов [Паленова и др., 2011].

Содержание углеродистого вещества в породах Красного выше (3-10 об. %, в среднем ок. 5 об. %), чем в породах Копыловского и Кавказа (15 об. %, в среднем ок. 2 об. %). Породы Красного сложены кварцем с подчиненным содержанием слюд – (мусковита и парагонита), и небольшой примесью карбоната (брейнерита, доломита, сидерита). Для пород Копыловского и Кавказа, кроме кварца, характерна существенная примесь полевых шпатов: альбита, ортоклаза, микроклина; слюды представлены мусковитом-2M<sub>1</sub> и иллитом, а также парагонитом, встречается хлорит. Карбонаты – брейнерит, доломит, сидерит, кальцит. Акцессорные минералы на Красном представлены турмалином и рутилом (обломочные, регенерированные, новообразованные формы), флоренситом (новообразованный), более редки циркон, монацит и ксенотим (обломочные). На Копыловском и Кавказе широкое распространение получили турмалин (обломочный, регенерированный), циркон, апатит (обломочные), реже встречаются флоренсит, гоэцит (новообразованные), рутил, эпидот (обломочные, новообразованные), сфен, ортит, гранат (обломочные).

Главным рудным минералом на всех трех объектах является пирит, второстепенными и редкими – халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин, золото. На рудопроявлении Красное развита ассоциация сульфидов и сульфоарсенидов Ni: пентландит, герсдорфит, годлевскит, встречаются никелистый пирит, арсенопирит, блеклые руды ряда теннантит – тетраэдрит, селенистый галенит, молибденит, гринокит, кадмий-содержащий сфалерит.

Породы Красного, Копыловского и Кавказа метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации [Паленова и др., 2011], что подтверждается минеральной ассоциацией, наличием структурно-упорядоченных слюд, температурами выгорания углеродистого вещества ( $T_0=530-550^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max}}=650-700^\circ\text{C}$ ). Отдельные образцы Красного характеризуются более низкими температурами выгорания углеродистого вещества ( $T_0=450^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max}}=550^\circ\text{C}$ ), которые соответствуют преобразованию на более низкой стадии аспидных сланцев [Паленова, 2013].

По геохимическим особенностям породы рудопроявления Красное отличаются от пород месторождений Копыловское и Кавказ пониженным содержанием ряда литофильных элементов: Be, Li, Sr, Sc, Rb, Hf, Nb, а также Cr, Mn. В то же время, содержание халькофильных элементов, особенно Mo, Cd, в меньшей степени Zn, а также Se, Te, Sb, на Красном значительно выше. Концентрации Ni, Cu, Pb, As на всех объектах близки. Для Красного, по сравнению с Копыловским и Кавказом, в целом характерно меньшее распространение слюд – мусковита и парагонита, меньшее количество карбонатов, а также акцессорных минералов терригенного происхождения (циркона, апатита), что сказывается на концентрациях литофильных элементов. Минералами-концентраторами Se, Te, Sb на Красном являются блеклые руды, селенистый галенит, Mo – молибденит, Cd - гринокит и кадмий-содержащий сфалерит, которые не встречаются на месторождениях Копыловское и Кавказ.

Для пород Красного характерны низкие содержания Th (в среднем 3,8 г/т) и высокие концентрации U (4,4 г/т), по сравнению с породами Копыловского и Кавказа (Th – 6,9 г/т, U – 1,9 г/т). Отсюда Th/U для Красного составляет в среднем ок. 0,9 (диапазон 0,2 – 4,2 по 20 анализам), для Копыловского и Кавказа – ок. 3,6 (0,7 – 8,8 по 50 анализам). Доказана способность Th сорбироваться органическими соединениями [A review..., 2008], однако, решающее значение в его накоплении имеет состав терригенного материала [Юдович, Кетрис, 1994]. U преимущественно образует металлоорганические комплексы с углеродистым веществом [Юдович, Кетрис, 1994]. Th/U, согласуясь с содержанием органического вещества в породах, может указывать на смешанную терригенно-гидрогенную природу пород Красного, тогда как породы Копыловского и Кавказа существенно терригенные.

Состав и характер распределения РЗЭ для всех трех объектов сходны. Наблюдается обогащение легкими РЗЭ за счет тяжелых, и относительное повышение концентрации тяжелых РЗЭ за счет средних. Аномалий распределения Eu и Ce не выявлено. Анализ ряда образцов с рудопроявления Красное показывают слабо пониженное содержание La, что может быть связано с его особым поведением при  $pH < 7.7-8.0$  [Балашов, 1974]. Общее содержание РЗЭ в породах Копыловского и Кавказа несколько выше, чем в породах Красного.

Таким образом, породы рудопроявления Красное имеют терригенно-гидрогенную природу, породы Копыловского и Кавказа – существенно терригенные. Рудная минерализация на Красном характеризуется Ni и Ni-As специализацией, на Копыловском и Кавказе – присутствием сульфидов Zn и Pb. Породы метаморфизованы в условиях серицит-хлоритовой субфации. Геохимические, текстурно-структурные и минералогические признаки наложенных гидротермально-метасоматических процессов не выявлены.

#### *Литература:*

- Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1974
- Докембрий Патомского нагорья / А.И. Иванов, В.И. Лившиц и др. – М.: Недра, 1995. 352 с.
- Паленова Е.Е., Белогуб Е.В., Новоселов К.А. Метаморфизм рудовмещающих толщ золоторудных месторождений Копыловское, Кавказ и Продольное (Бодайбинский рудный район) // *Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции Минерагеня северо-восточной Азии. Улан-Удэ, 2011. С. 123 – 124.*
- Паленова Е.Е. Вмещающие породы рудопроявления золота Красное (Бодайбинский рудный район) // *Металлогения древних и современных океанов-2013. Миасс, 2013. С. 201 – 205.*
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. 304 с.
- A review of the geochemical processes controlling the distribution of thorium in the earth's crust and Australia's thorium resources. By T.P. Mernagh, Y. Miezitis. Geoscience Australia, 2008. 48 p.*

# ЭПГ И RE В ПОРОДАХ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ МАССИВОВ ШАРЫЖАЛГАЙСКОГО ДОКЕМБРИЙСКОГО ВЫСТУПА СЕВЕРО- АЗИАТСКОГО КРАТОНА

Радомская Т.А.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, radomskaya@igc.irk.ru*

Проблема пополнения ресурсов никеля, меди и платиноидов в Ю. Сибири не теряет своей актуальности, поэтому первоочередной задачей является выявление перспективных объектов среди многочисленных ультрабазит-базитовых массивов, размещающихся в докембрийских выступах фундамента Северо-Азиатского кратона и являющихся потенциальными на наличие в них платиноидно-медно-никелевой минерализации.

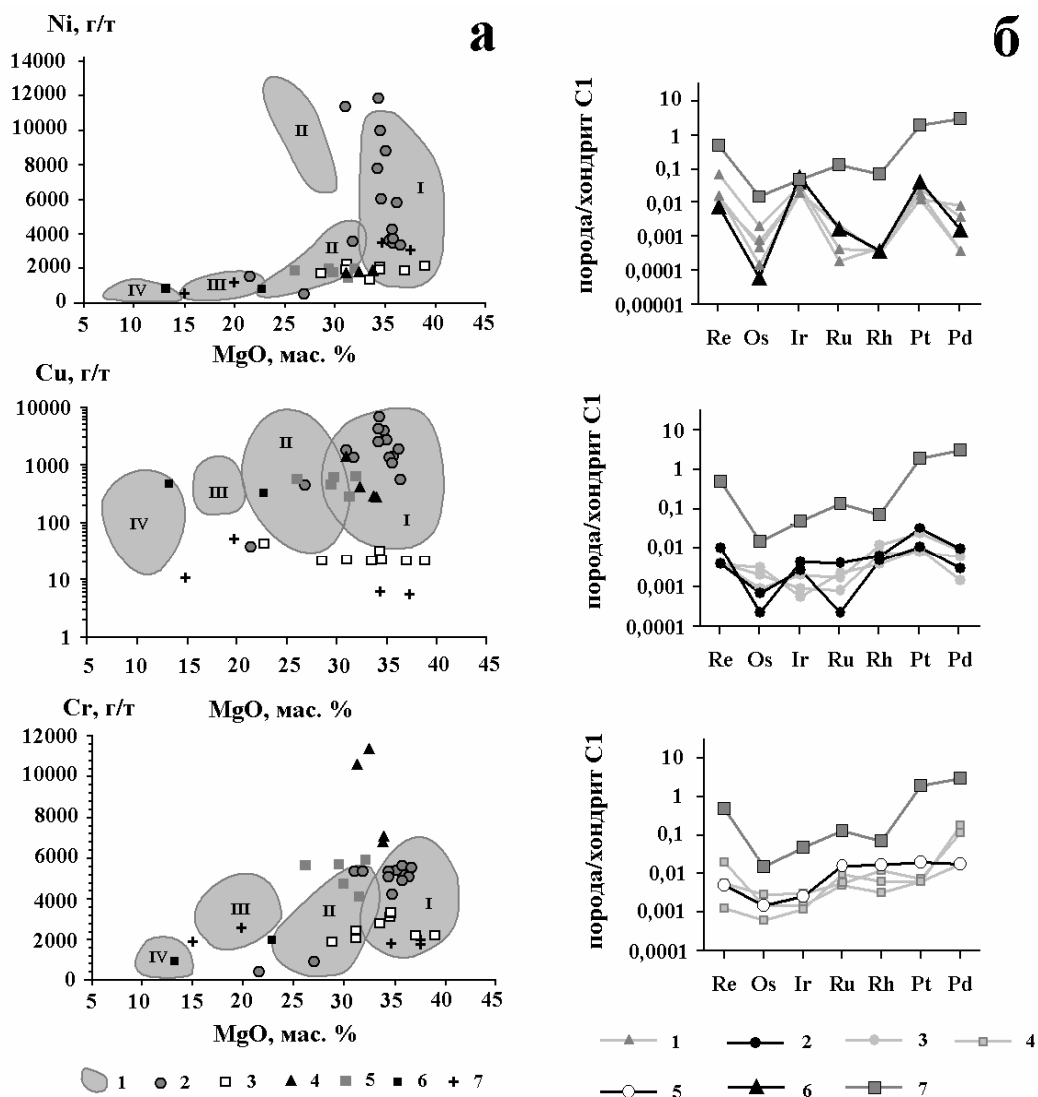
Ультрабазиты Хоготского массива по петрохимическим и геохимическим параметрам подобны ультраосновным породам Кингашского платиноидно-медно-никелевого месторождения (рис. а). В породах отмечаются повышенные содержания  $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $Co$ ,  $V$ ,  $Cr$  и пониженные значения  $CaO$ . Массив Чёрная Тагна сложен породами перидотит-пироксенит-габбрового состава и по морфологическому строению, петрохимическим, геохимическим признакам обнаруживает сходство с массивом Кингаш. Ультраосновные породы Гихейской площади отмечаются пониженным содержанием  $TiO_2$ . Низкие концентрации в них  $Cu$  (см. рис. а) и высокое отношение  $Ni/Cu$  позволяют их сравнивать с безрудными ультрабазитами реститового идарского комплекса. В ультраосновных породах Кундуйского массива отмечаются низкие значения  $TiO_2$  и  $Al_2O_3$ . Однако, высокие содержания  $Cr$  (до 11400 г/т) и  $Cu$  (до 1310 г/т) (рис. а) позволили выделить породы этого массива в новый геохимический подтип, перспективный на  $Cr-Cu-Ni$  оруденение [Глазунов и др., 2012]. Для гипербазитов Крутой Губы характерно пониженное содержание  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Cu$  и повышенное значение щелочей,  $P_2O_5$ ,  $Zn$ ,  $Rb$  и  $Sr$  относительно ультраосновных пород рудоносного Кингашского массива.

Пробы из образцов всех массивов исследовались методикой определения элементов платиновой группы (ЭПГ) и  $Re$  в пробах на уровне 1-10 нг/г методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [Власова и др., 2007]. Суммарное количество ЭПГ в породах массивов колеблется в следующих пределах (мг/т): 14-32 (Кундуй), 7-43 (Хогот), 43 (верлит массива Чёрная Тагна), 23-40 (Крутая Губа), 3-110 (Гихейская площадь). В исследованных породах  $Pt$  преобладает над  $Pd$ , исключением являются перидотиты Гихейской площади, где  $Pd$  значительно доминирует над остальными ЭПГ (рис. б). Количество  $Re$  в породах массива Хогот увеличивается с 0,4 до 0,8 мг/т от ранних дифференциатов к поздним.

Кривые распределения ЭПГ и  $Re$ , нормированные к хондриту, в ультраосновных породах Крутой Губы и массива Эргак подобны. На них отмечаются положительные аномалии  $Ir$  и  $Pt$  (см. рис. б). Значения ЭПГ и  $Re$  в породах массивов Хогот и Кундуй, нормированных к хондриту, схожи между собой. Форма трендов содержаний ЭПГ и  $Re$ , нормированных к хондриту, ультраосновных пород Гихейской площади и массива Чёрная Тагна аналогична форме тренда значений ЭПГ и  $Re$  аповерлитового серпентинита платиноидного горизонта Кингашского массива (см. рис. б).

Таким образом, отношения  $Ni/Cu$  в ультраосновных породах массивов Хогот, Чёрная Тагна и Кундуй (1,3-7,5) сопоставимы с отношениями  $Ni/Cu$  (2,8-10,5) в породах Кингашского месторождения. Это позволяет отнести породы исследованных массивов к потенциально рудоносным и расширяет перспективы Саянской никель-платиноносной провинции. Несмотря на высокое  $Ni/Cu$  отношение в ультрабазитах

Гихейской площади, наличие в них повышенных содержаний ЭПГ до 110 мг/т даёт основание для дальнейшего их изучения.



**Рис. а** – Положение пород ультрабазит-базитовых массивов Канского (1-3) и Шарыжалгайского (4-7) докембрийских выступов на диаграммах Ni-, Cu-, Cr-MgO. 1 – породы Кингашского массива: I – дуниты, II – верлиты, III – оливиновые клинопироксениты и клинопироксениты, IV – метагаббро; 2 – В. Кингаш; 3 – идарский комплекс; 5 – Хогот; 6 – Чёрная Тагна; 7 – Гихей. **б** – Содержание ЭПГ и Re, нормированное к хондриту [McDonough, Sun, 1995] в породах ультрабазит-базитовых массивов. 1 – Крутая Губа, 2 – Хогот, 3 – Кундуй, 4 – Гихей, 5 – Чёрная Тагна, 6 – Эргак, 7 – серпентинит платиноидного горизонта массива Кингаш.

**Литература:**

Власова В.Н., Сокольников Ю.В., Краснощёкова Т.С., и др. Определение металлов платиновой группы и золота в геологических материалах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с отделением мешающих элементов катионно-обменной хроматографией // Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды: Материалы Всерос. науч. конф. (с участием иностр. учёных). Иркутск: Изд-во Ин-та геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. в 3-х т. Т. 3. С. 212-214.

Глазунов О.М., Радомская Т.А., Салаев А.В., Власова В.Н. Сопоставление геохимии гипербазит-базитовых массивов докембрийских террейнов в южном обрамлении Северо-Азиатского кратона // Современные проблемы геохимии: Всерос. совещ. (с участием иностр. ученых), посвящ. 95-летию со дня рожд. акад. Л.В.Таусона (22-26 окт. 2012 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН. Т. 3. 2012.

McDonough W.F., Sun S.-s. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. V. 120. P. 2

# РАССЕЯННОЕ УГЛЕРОДИСТОЕ ВЕЩЕСТВО В ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ДЕГДЕКАН

**Романова А.С., Будяк А.Е.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, asr@lenta.ru*

Месторождение Дегдекан локализовано в пермских черносланцевых толщах Аян-Юряхского антиклинория Верхояно-Чукотской складчатой области [Литвиненко, 2009]. Исследования рассеянного углеродистого вещества (РУВ) углеродистых сланцев проводилось на технологической пробе месторождения Дегдекан (ИрГИрМет). Технологическая проба, исследуемая в данной работе, характеризует первичные руды, представленные в основном углистыми сланцами с преобладанием в составе прожилков карбонатов, кварца, с массовой долей сульфидов не более 3%. Текстура руд прожилковая и прожилково-вкрапленная.

Химический состав пород изучали с применением оптического спектрального, количественного рентгенофлуоресцентного и фазового атомно-абсорбционного методов анализа. Содержание драгоценных металлов определяли пробирным анализом исходной пробы, а также по балансу технологических опытов. По результатам спектрального анализа, проба состоит, в основном, из литофильных элементов, среди которых преобладает кремний. Масса железа находится на уровне 4 % (табл.).

**Таблица. Результаты спектрального анализа пробы**

Элементы	Массовая доля, %	Элементы	Массовая доля, %
Ni	0,008	Sc	0,0005
Co	0,002	Be	0,0003
V	0,008	B	0,030
Cr	0,015	Ga	0,003
Pb	0,003	La	0,003
Cu	0,006	Y	0,004
Zn	0,020	Yb	0,0004
W	0,001	P	0,050
Mo	0,0003	Ba	0,030
Zr	0,015	Sr	0,040
As	0,150	Li	0,006
Sn	0,0008	Ge	0,0001

Силикатным химическим анализом установлено, что в составе пробы присутствует, главным образом, оксид кремния, массовая доля которого составляет 67,6%. В меньшем количестве (19,1%) фиксируется оксид алюминия. Доля оксида калия находится на уровне 3,3%. Массовая доля общего железа – 4,12% при этом, количественно преобладает железо, присутствующее в оксидной форме, на долю которого приходится 71% от общей массы металла. Масса общей серы составляет 1,48% и она на 90 % находится в сульфидной форме. Что касается оксидной серы, то ее доля не превышает 0,15%.

Содержание золота в технологической пробе из рудного горизонта месторождения варьирует от 0,93 до 1,12 г/т. Оно находится преимущественно в самородном виде и ассоциировано с кварцем и сульфидами. Валовое содержание углерода составляет 1,8–2,5%. Углерод присутствует в карбонатной (0,67%) и органической (1,82%) форме. На кривой дифференциально-термического анализа для углистой пробы зафиксировано два максимума экзотермической реакции, соответствующие 450<sup>0</sup>С и 580<sup>0</sup>С, что указывает на неоднородность углеродистого вещества и вероятность различного его генезиса. Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) углеродистого вещества составляет в среднем –21,5%, что подтверждает его биогенное происхождение [Развозжаева и др., 2005].

Для более детального изучения органического вещества было проведено извлечение битумоида путем холодной экстракции спиртобензольной смесью [Мартихаева и др., 2001]. Выход битумоида составил 0,0004%.

По данным ИК-спектроскопии (прибор UR-1, ИХ СО РАН, Иркутск) спиртобензольный битумоид исследуемой пробы характеризуется полосами поглощения метильных и метиленовых структур углеводородов ( $1390, 1460 \text{ см}^{-1}$ ), парафиновых цепей ( $2920, 2950-2970 \text{ см}^{-1}$ ), полос поглощения ароматических структур, кислородных функциональных групп карбонатных кислот, альдегидов, ароматических сложных эфиров нет.

Элементный анализ показал, что спиртобензольный битумоид состоит только из углерода 88,34% и водорода 11,86%, т.е. представлен углеродистыми фракциями (нормальные алканы и нафтеновые углеводороды). Геополимеры (смолы, асфальтеновая фракция) не зафиксированы, так как не обнаружены соединения с гетероэлементами (азот, кислород, сера).

На основании проведенных работ сделаны следующие выводы. Проба характеризует золотокварцевый малосульфидный тип руд, локализованных в карбонатизированных углистых сланцах. Основными компонентами, входящими в ее состав, являются оксиды кремния и алюминия с резким преобладанием оксида кремния, содержание которого составляет 67,6%. Золото находится преимущественно в самородном виде и ассоциировано с кварцем и сульфидами.

Как известно, концентраторами золота в битумоидах золоторудных месторождений, локализованных в черносланцевых толщах, являются асфальтеновые фракции [Развозжаева и др., 2010]. Растворимая компонента (Битумоид) месторождения Дегдекан имеет углеводородный состав и не содержит асфальтенов. В связи с этим обнаружение золота в битумоидах, на наш взгляд, маловероятно. Тем не менее, нерастворимый углерод (кероген), представляющий одну из минеральных фаз углистых сланцев месторождения Дегдекан, мог служить средой для концентрирования металла в процессе рудогенеза.

#### *Литература:*

*Литвиненко И.С. Условие нахождения и типоморфизм самородного золота в рудах Дегдеканского (северо-восток России) месторождения в черносланцевых толщах // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 6. С. 691-697.*

*Мартихаева Д.Х., Макрыгина В.А., Воронцов А.Е., Развозжаева Э.А. Углеродистое вещество в метаморфических и гидротермальных породах // Новосибирск: ГЕО, 2001.*

*Развозжаева Э.А., Спиридонов А.М., Белозерова Г.М., Мартихаева Д.Х. Рудные элементы в битумоидах черносланцевых образований // Геология минералогия юга Сибири. Вестник Гео ИГУ. 2005. № 4. С. 110-114*

*Развозжаева Э.А., Спиридонов А.М., Таусон В.Л., Будяк А.Е. Высокодисперсное золото в рассеянном углеродистом веществе осадочно-метаморфических формаций юга Сибирской платформы // Мат. Всерос. конф. «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». 2010. Т. 2. С. 156-158.*

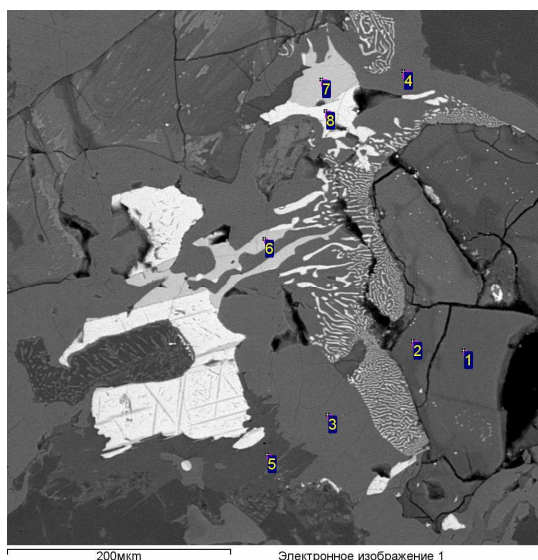
## **ГРАФИЧЕСКИЕ СРАСТАНИЯ РУДНЫХ И ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ В ИНТРУЗИВНЫХ ТРАППАХ ОНЁКСКОГО КОМПЛЕКСА (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)**

Шихова А.В.

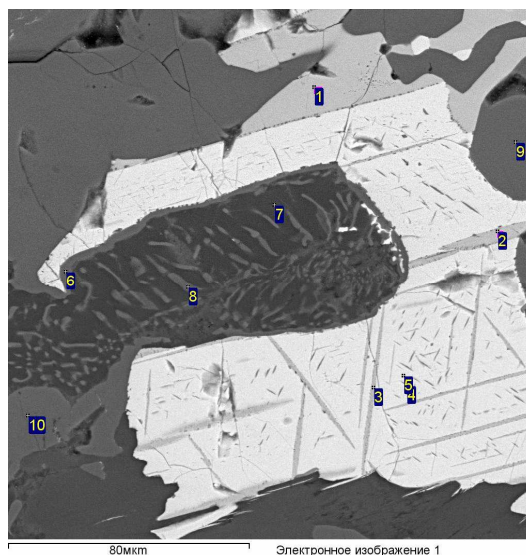
*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, anna\_shikhova@mail.ru*

Онёкский комплекс интрузивных траппов, расположенный в междуречье Нижней и Подкаменной Тунгусок, характеризуется богатым набором рудных

минералов – оксидов и сульфидов, которые по структурным и текстурным особенностям сопоставимы с минералами руд норильского типа. В них можно проследить все процессы дифференциации и перераспределения элементов в многостадийной раннемагматической и послемагматической истории становления магматических тел, эволюции аутометасоматических процессов и наложенных преобразований в связи с потоками глубинных и смешанных флюидов [Мазуров и др., 2011]. Совместное изучение препаратов в отраженном и проходящем свете и особенно на сканирующем электронном микроскопе дает возможность получать сведения о динамике кристаллизации и последовательности появления минеральных парагенетических ассоциаций, определять основные ассоциации минералов. При большом увеличении хорошо видны некоторые особенности минеральных ассоциаций. Обнаружены графические сростания пироксена, оливина и шпинели с магнетитом. В некоторых образцах прослеживается последовательность кристаллизации от оливина до плагиоклаза. На фотографиях образца № 710 видно, как идиоморфное зерно оливина обрастает ортопироксеном, в котором появляются симплектитовые сростки магнетита и ильменита. Далее появляется авгит, обрастающий титаномагнетитом с характерными структурами распада (рис. 1), и заканчивается все диопсид-плагиоклазовыми сростаниями (рис. 2). Для данного образца были получены составы минеральных фаз, представленные в таблицах 1 и 2.



**Рис. 1 (обр. 710).** Титаномагнетит-оливиновые графические сростания в габбродолерите. 1, 2 – авгит ( $f = 0,82$  и  $0,69$  соответственно), 3, 4 – оливин, 5 – биотит ( $f = 0,35$ ), 6, 7 – ильменит, 8 – титаномагнетит. ( $f$  – железистость минералов)



**Рис. 2 (обр. 710).** Плагиоклаз-диопсидовые графические сростания, отороченные амфиболом на контакте с титаномагнетит-ильменитовыми сростаниями. 1-3 – ильменит, 4, 5 – титаномагнетит с ильменит-герцинитовыми структурами распада, 6 – смесь амфибола со шпинелью, 7 – плагиоклаз (№ 91), 8 – диопсид, 9 – оливин, 10 – ортопироксен.

Оксидно-силикатные агрегаты сложены тесными сростаниями зерен двух минералов со взаимно округленными границами; они часто приводятся в качестве примеров совместной кристаллизации в пределах единых крупных блоков [Кориневский, 2007].

В породах Онёкского комплекса рудные минералы встречаются в виде различных морфологических разновидностей, как однородных, так и различных сростаний: сэндвич-структур, мirmekитовых и закономерно ориентированных структур распада твердых растворов. Они свидетельствуют о различных условиях, скоростях остывания



и затвердевания расплава. Так, в краевых частях силлов наблюдается мелкая вкрапленность оксидов и сульфидов, которая сменяется скелетными кристаллами, а затем более крупными зернами с сэндвич-структурами по мере движения к центру интрузива. Наиболее крупные агрегаты со структурами распада твердых растворов и графическими сростаниями свидетельствуют о медленном остывании расплава в центральных частях интрузива.

**Таблица 1. Состав минеральных фаз (мас. %), определенных в обр. 710 (рис. 5)**

	Минерал	Сумма	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	авгит	100	46,5	0	6,97	33,52	0	7,41	5,14	0,47	0	0
2	авгит	100	47,69	0	5,73	29,05	0,40	13,18	3,95	0	0	0
5	биотит	100	40,3	2,63	15,58	10,85	0	20,52	0	0	10,13	0
6	ильменит	100	0	50,14	0,8	46,73	0,72	1,61	0	0	0	0
7	ильменит	100	0	50,38	0,71	47,01	0,64	1,26	0	0	0	0
8	титаномагнетит	100	0	2,51	2,67	94,15	0	0	0	0	0	0,67

**Таблица 2. Состав минеральных фаз (мас. %), определенных в обр. 710 (рис. 6)**

	Минерал	Сумма	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	ильменит	100	0	50,67	0,67	0	46,36	0,8	1,5	0	0	0
2	ильменит	100	0	50,25	1,03	0	46,14	1,23	1,35	0	0	0
3	ильменит	100	0	23,5	5,29	0	69,46	0,77	0,98	0	0	0
4	титаномагнетит	100	0	4,58	6,77	0	87,11	0	0,89	0	0	0,65
5	титаномагнетит	100	0	1,88	1,68	0	95,78	0	0	0	0	0,66
6	амфибол	100	49,94	0	30,27	0,92	1,71	0	0,5	13,35	3,3	0
7	плаггиоклаз	100	49,49	0	11,92	0	15,9	0	15,93	6,18	0,58	0

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 12-05-00798.*

**Литература:**

- Кориневский В.Г. Редкий случай мирмекитовых сростаний ильменита и диопсида // Записки российского минералогического общества ч. СXXXVI, № 2. 2007. С. 56-64.
- Мазуров М. П., Васильев Ю. Р., Титов А. Т., Шихова А. В. Парагенезисы непрозрачных минералов в интрузивных траппах западной части Сибирской платформы как индикаторы динамики кристаллизации и газо-гидротермальных процессов // Вулканизм и геодинамика. Материалы V всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург. 2011. С. 553-556.

# ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ГИДРАТОВ МЕДИ И АЗОТА В КРИОГЕОСИСТЕМАХ

Абрамова В.А.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита,  
vera\_abramova79@mail.ru*

Проблема геохимии азота и его соединений достаточно давно привлекает к себе внимание ученых из разных областей геологии, геохимии и других наук. Большинство эколого-геохимических исследований направлены на изучение поведения азота в зоне гипергенеза, что обусловлено значительным изменением уровня содержания и химических форм данного элемента в различных природно-техногенных средах. Особый интерес вызывает участие соединений азота в гипергенных гидрогеохимических процессах системы «вода-порода». Однако для природных криогеохимических систем этот вопрос мало изучен и представляет большой интерес.

Для решения поставленной задачи потребовалось обобщение имеющихся данных экспериментальных исследований и создание физико-химической модели, позволяющей изучить механизмы процессов вымораживания с участием азотсодержащих соединений в природно-техногенных ландшафтах с многолетней мерзлотой. В качестве модельного полигона для анализа криогеохимических процессов в работе рассмотрена зона окисления Удоканского месторождения меди (Забайкальский край) с точки зрения оценки негативного воздействия на окружающую среду при его планируемой отработке. На территории Удокана криолитозона имеет практически сплошное распространение с мощностью от 65 м под водотоками и до 950 м под водоразделами. Температура мерзлых пород составляет от  $-7$  до  $-8$  °С, мощность активного слоя  $\sim 1$  м, а зона годовых колебаний температуры 20 – 30 м [Удокан..., 2003].

Методом компьютерного термодинамического моделирования была сформирована физико-химическая модель системы  $\text{CuSO}_4\text{-Cu}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ -лед. Расчёт термодинамических равновесий проводился с помощью программного комплекса «Селектор» [Карпов, 1981]. Исследуемая термодинамическая система являлась открытой по отношению к атмосфере условиям. Для построения модели были использованы термодинамические базы данных: a\_sprons98.DB (для водных компонентов), g\_sprons98.DB (для газовых компонентов) и s\_Yokokawa.DB (для твердых фаз). Исходные термодинамические параметры для некоторых нитратов меди, включающие изобарно-изотермический потенциал, энтальпию образования из элементов и стандартную энтропию в стандартном состоянии (298,15 К; 1 бар), были рассчитаны на основе аддитивности свойств кристаллизационной воды в гидратах [Mergury, 2001] и взяты из справочника [Рябин и др., 1977] (табл.). В таблице также представлены исходные термодинамические данные по растворимости некоторых гидратов меди взятых без изменений из согласованных баз данных программного комплекса «Селектор».

Химический состав системы представлен следующими независимыми компонентами:  $\text{C} - \text{Cu} - \text{S} - \text{N} - \text{H} - \text{O}$ , e, где e – обозначает электрон (электрзарядность компонента). Общее число зависимых (вероятных) компонентов, включенных в модель – 68, из них – 11 газов, 34 водных компонента и 23 твердые фазы.

Результаты термодинамического расчета равновесного состава системы « $\text{CuSO}_4\text{-Cu}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ -лед» показали, что в интервале температур от 0 до  $-25$  °С в системе происходит образование и постепенное повышение содержания сульфата меди – халькантита ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), характерного для зон гипергенеза рудных месторождений.

Как известно, образование халькантита зависит от степени влажности среды и характера циркуляции вод и может быть как сезонным, так и техногенным продуктом. Присутствие соединений азота приводит к понижению температуры замерзания системы «CuSO<sub>4</sub>-Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-лед» и образованию льда. При температуре -15°C, наряду с халькантитом, в модели присутствует нитрат меди, гексагидрат (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O), что вполне соответствует диаграмме растворимости Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> [Киргинцев, 1972]. Также установлено, что при вымораживании рН раствора претерпевает изменения в пределах от 1 до 1,8, что возможно связано как с образованием гидратов меди, так и с частичным растворением газов в твердой фазе (во льду).

**Таблица. Термодинамические свойства гидратов меди и азота**

Компонент	Формула	$-\Delta H_f^\circ$ cal/mol	$-\Delta G_f^\circ$ cal/mol	$S^\circ$ cal/mol
Пуатвенит	CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	-259520	-219460	34,895
Бонаттит	CuSO <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O	-402560	-334649	52,892
Халькантит	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	-544849	-449344	71,797
Нитрат меди	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-72978,01*	-20895,5**	26,051*
Нитрат меди, тригидрат	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	-291085,086*	-200017**	62,5**
Нитрат меди, гексагидрат	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	-504326,003*	-374259*	98,9*
Нитрат меди, наонагидрат	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·9H <sub>2</sub> O	-720810,946**	-551807**	135,51**

*Примечание:*

\* – значения взяты из [Рябин В.А. и др., 1977].

\*\* – оценочные значения (на основе аддитивности свойств кристаллизационной воды в гидратах).

Таким образом, методом физико-химического моделирования показано образование возможных химических форм существования соединений азота и меди в криосистемах, а также состав равновесных с ними газов и минералов. Получает подтверждение и тот факт, что в холодных условиях многие минералы после осаждения гидратируются, число молекул воды с понижением температуры увеличивается, содержание сульфата меди с понижением температуры возрастает. Полученные результаты могут позволить сделать прогноз изменения состава подземных вод, происходящие вследствие криогеохимических процессов в системе «атмосфера – вода – порода – лед».

*Литература:*

- Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии. – Новосибирск: Наука, 1981. – 125 с.  
 Киргинцев А.Н., Трушников Л.Н., Лаврентьева В.Г. Растворимость неорганических веществ в воде. Справочник. – Л.: Изд-во «Химия», 1972. – 248 с.  
 Рябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ. Справочник. Л.: Химия, 1977. – 392 с.  
 Удочан: геология, рудогенез, условия освоения / Птицын А.Б., Замана Л.В., Юргенсон Г.А. и др. – Новосибирск: Наука, 2003. – 160 с.  
 Mercury L., Vieillard Ph., Tardy Y. Thermodynamics of ice polymorphs and «ice-like» water in hydrates and hydroxides // Appl. Geochem.. – V. 16. – 2001. – P. 161-181.

## ИСТОЧНИКИ ПРИВНОСА ТОРИЯ И УРАНА В ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКА

**Грицко П.П., Гребенщикова В.И.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, rysya-87@mail.ru*

Инфраструктуру города Иркутска определяют промышленные предприятия теплоэнергетического, транспортного, машиностроительного, деревообрабатывающего, авиационного, химического и других комплексов.

Основные исследования проводились летом (июнь-август) 2010-2011 гг. Пробы почв отбирались методом конверта из поверхностного гумусово-аккумулятивного слоя (0-10 см), предварительно очищенного от верхнего дернового слоя. Измерения мощности дозы гамма-излучения (МЭД) производились в каждой точке пробоотбора. В общей сложности было отобрано и проанализировано 223 почвенные пробы. Для определения валового содержания U и Th в почвах использовался неинвазивный рентгенофлуоресцентный анализ (РФА, аналитик Айсуева Т.С.). Серия моноэлементных карт площадного распределения исследуемых элементов построена с использованием программного пакета ArcGis 9.3 (исполнители Дорошков А.А., Шестаков С.А.).

Для установления влияния атмосферного привноса исследуемых поллютантов также была опробована территория по направлению розы ветров от Ангарского электролизно-химического комбината (АЭХК) до г. Иркутска. АЭХК создан в 1954 г. как один из четырёх центров по производству урана для создания советского «ядерного щита» [Яблоков, 2009]. Поскольку АЭХК удалён, как от месторождений урана, так и от других предприятий ядерно-топливного цикла, сырьё и готовая продукция транспортируются по Транссибирской железной дороге, создавая тем самым серьёзные дополнительные риски для населения и окружающей среды.

В целом, в почвах города Иркутска и его окружения разброс содержаний как урана (от < 1 до 44,9 мг/кг), так и тория (от 5 до 27,4 мг/кг) значителен, что свидетельствует о неоднородном характере распределения радионуклидов в почвенном покрове [Грицко, Гребенщикова, 2012]. Максимальные концентрации элементов проявились в виде небольших по площади локальных аномалий, расположившихся преимущественно вблизи техногенных промышленных источников (ТЭЦ, Иркутский авиазавод, детская железная дорога на о. Юность, военная база в п. Зеленый). Стоит отметить, что деятельность ТЭЦ, мелких котельных промышленных предприятий и частного сектора, работающих на углях, безусловно, вносят вклад в радиоэкологическую обстановку в г. Иркутске. Угли как природные образования содержат в тех или иных количествах естественные радиоактивные элементы. Анализ литературных данных [Рихванов, 2009] позволяет утверждать, что Th/U отношение на уровне 3-5 наблюдается у подавляющего большинства почв различных регионов, стран и континентов вне зависимости от их генетического типа. Соотношение Th/U в почвах и почвогрунтах города Иркутска и его периферии преимущественно находится на уровне регионального значения – 3,5 – 5. Наблюдаются как пониженные, так и повышенные отклонения от фоновое значения, являющиеся свидетельством техногенеза. Средний гамма-фон для Иркутской области, по данным наблюдений Иркутского межрегионального территориального управления Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, составляет 0,20 мкЗв/ч [О состоянии..., 2010]. Повышенные значения МЭД гамма-излучения, главным образом, проявились в местах превышения содержаний урана. В результате проводимых авторами исследований стоит отметить, что распределение концентраций тория и урана в почвенном покрове по направлению от г. Ангарска к г. Иркутску по так называемой «розе ветров» незначительно уменьшается, в частности, если рассматривать точки, отобранные по прямой (табл.). Исключения составляют точки, взятые на расстоянии 10,5 км и 15,5 км. Данное отклонение объясняется тем, что на расстоянии 10,5 км от г. Ангарска в данной точке располагалась зенитно-ракетная бригада, ныне расформированной военной части. Последняя точка отобрана с городской территории, испытывающей влияние техногенеза.

Вариации содержаний, как тория, так и урана незначительные: U (max – 2,5 мг/кг; min – 1,4 мг/кг; среднее значение – 1,9 мг/кг), Th (max – 6,8 мг/кг; min – 3,4 мг/кг; среднее значение – 5,5 мг/кг). Значения МЭД уменьшаются в 2 раза по направлению к г. Иркутску.

**Таблица. Распределение содержаний тория и урана в почвенном покрове территории от г. Ангарска до г. Иркутска, а также результаты МЭД**

№ проб	Th, мг/кг	U, мг/кг	Th/U	МЭД, мкЗв/ч
АП-1	4,8	1,5	3,2	0,21
АП-2	5,4	2,5	2,2	0,22
АП-3	6,3	1,8	3,5	0,21
АП-4	3,4	1,4	2,4	0,21
АП-5	4,4	2,5	1,8	0,22
<b>500 м*</b>	6,1	2	3,1	0,18
1,5 км-1	5	1,9	2,6	0,18
<b>1,5 км-2</b>	5,4	1,9	2,8	0,16
1,5 км-3	6,4	2,2	2,9	0,16
3,5 км-1	5,1	1,7	3	0,14
<b>3,5 км-2</b>	5,2	1,8	2,9	0,14
3,5 км-3	6,7	1,7	3,9	0,14
6,5 км	5,8	2,5	2,3	0,12
<b>10,5 км</b>	5,9	1,6	3,7	0,12
<b>15,5 км</b>	6,8	1,4	4,9	0,11

*Примечание:* \* – точки пробоотбора, проходившие непосредственно по прямой; км – обозначение расстояния от «АЭХК».

Таким образом, четко проявленных закономерностей в распределении тория и урана в почвенном покрове по «розе ветров» от г. Ангарска до г. Иркутска в целом, не выявлено. Иркутск является крупным промышленным центром, на территории которого расположены «собственные» локальные источники привноса элементов, что находит свое отражение в почвах города, испытывающих многофакторный «техногенный пресс».

#### *Литература:*

*Грицко П.П., Гребеницкова В.И. Содержание урана и тория в верхнем горизонте городских почв Иркутска и природных почв в его окружении // Вестник ИргТУ. – 2012, – № 1. – с. 34-40.*

*Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиэкологии: учебное пособие // Томск: СГТУ. – 2009. – 184 с.*

*Яблоков А.В. Чудище обло, озорно, огромно, стозевно и лайя // Иркутск. – 2009. – 132 с.*

*О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2010 году: Гос. Доклад // Иркутск: Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Иркутской области. – 2011. – 400 с.*

## **ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ШЛАМ-ЛИГНИНА БЦБК ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ РЕМЕДИАЦИИ ПОЛИГОНОВ ПРОМОТХОДОВ**

**Дамбинов Ю.А.**

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Dambinov19@mail.ru*

Одна из актуальных экологических проблем для озера Байкал – это ликвидация накопленного в результате деятельности Байкальского целлюлозного бумажного комбината шлам-лигнина.

Комбинат за 40 лет накопил огромное количество отходов (около 6.2 млн. т), которые складированы на полигонах в их близости от Байкала. Шламонакопители и

золоотстойники БЦБК занимают площадь 350 га, из них непосредственно карты 123.0 га. В них накоплено 6.2 млн. м<sup>3</sup> шлам-лигнина (влажность 80-90%) (карты №1-7,9,10) и 2.6 млн. т золы (карты 11-14).

Последние годы шлам-лигнин утилизируется методом сушки и сжигания, зола поступает в сооруженные шламонакопители Бабхинского полигона, где сосредоточено 2.6 млн. т золы [Дамбинов и др., 2013]. Карты располагаются в непосредственной близости от озера Байкал и представляют собой главную экологическую опасность для озера в случае проявления катастрофических процессов.

Задачей исследований было изучение состава промтоходов по всем картам. В результате проведенных полевых работ, лабораторных и экспериментальных исследований были определены основные характеристики шлам-лигнина в картах-шламонакопителях:

1. Влажность более 90%. Водное зеркало над всеми картами составляет около 620 тыс.м<sup>3</sup>. Весной после таяния снегов объем воды может увеличиться до 1 млн. м<sup>3</sup> воды. Состав надшламовой воды в картах различен.

2. Высокое содержание сероводорода, метилмеркаптана и метана.

3. В шлам-лигнине имеется хлорорганика.

Все эти негативные факторы можно убрать следующими способами:

1. Для осушения в технологиях применяется глинозем. Зола углей в отвалах превышает массу шлам-лигнина в 4 раза. В ней содержится свыше 30% глинозема (агент дегидратации). Зола имеет влажность 10-20% и после удаления воды из лигнина и перемешивания в соотношении 1:1 по объему образует прочный консолидированный субстрат.

2. Для дезодорации используется H<sub>2</sub>S в промышленности треххлорное железо. В золе до 9% микрочастиц Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (трехвалентное железо лучший дезодорирующий агент).

3. Для удаления хлорорганики применяется активированный уголь. Хлорорганика шлам-лигнина сорбируется угольными частицами золы-«коксом», количество которого составляет 5-7%.

4. Технология рекультивации карт предполагается завоз на карты шлам-лигнина золы, вначале из карты №11 с освобождением ее для обеспечения жизнедеятельности ТЭЦ. Постепенное перемешивание золы и шлам-лигнина сопровождается выделением воды. После перемешивания с золой связанной воды остается 10-17%. Остальная вода сбрасывается на очистные сооружения. Эффективность смешивания с золой аналогична замораживанию шлам-лигнина.

5. Экспериментально проверена и опробована технология дегидратации, дезодорации и захоронения шлам-лигнина с помощью золы углей, обеспечивающая полную ремедиацию полигонов.

6. За счет воздействия глиноземистых частиц золы на жидкий шлам-лигнин, связанная с ним вода выходит в свободную водную фазу. По экспериментальным и опытно-промышленным данным выделяется до 75% связанной воды. Железистые частицы при перемешивании одновременно связывают сероводород и другие дурно пахнущие газы. Запах исчезает полностью.

Подготовлены предложения по ремедиации территории и строительству объектов рекреационного типа, рыбовосстановления и рыбопроизводства, лесопитомников, больших бассейнов для водных видов спорта и отдыха на рекультивируемых площадях БЦБК.

#### *Литература:*

Дамбинов Ю.А., Сутурин А.Н. Рекультивация полигонов промтоходов Байкальского ЦБК: проблемы и решения // *Материалы международной научной конференции. – Новосибирск. – 10-15 июня 2013. – С. 91-93.*

## ЭКСТРАКЦИЯ НУТРИЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БАЙКАЛЬСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Дамбинова Е.Л., Сайбаталова Е.В.

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, knora\_pylit@mail.ru*

Береговая зона озера Байкал состоит из двух геоморфологических элементов – берега (надводная часть) и прибрежной зоны (подводная часть). Из 2000 км береговой линии озера ~ 80 % приходится на абразионные берега, а остальные ~ 20% – на аккумулятивные и укрепленные. Береговая линия представляет собой крутые каменистые склоны, осыпи пород, валунные или галечные пляжи. Почвенный покров в береговой зоне зачастую формируется небольшой мощности или отсутствует вообще. Таким образом, для растительного и животного мира береговой линии основными природными источниками поступления питательных элементов являются выветривание горных пород, высвобождение из донных отложений, выпадение из атмосферы, минерализация органического вещества на водосборе и в самом водоеме. Наиболее важными факторами геохимической миграции биогенных элементов являются геологическая структура водосборной территории, химический состав горных пород, их устойчивость к выветриванию. На протяжении всей береговой линии встречаются различные породы – гранито-гнейсы, известняки, мрамора, песчаники, кристаллические сланцы, амфиболиты и другие.

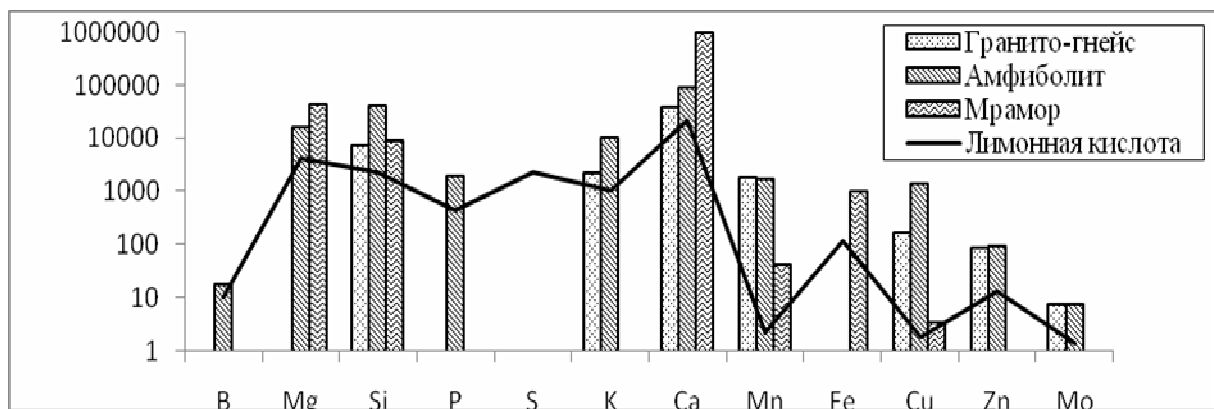
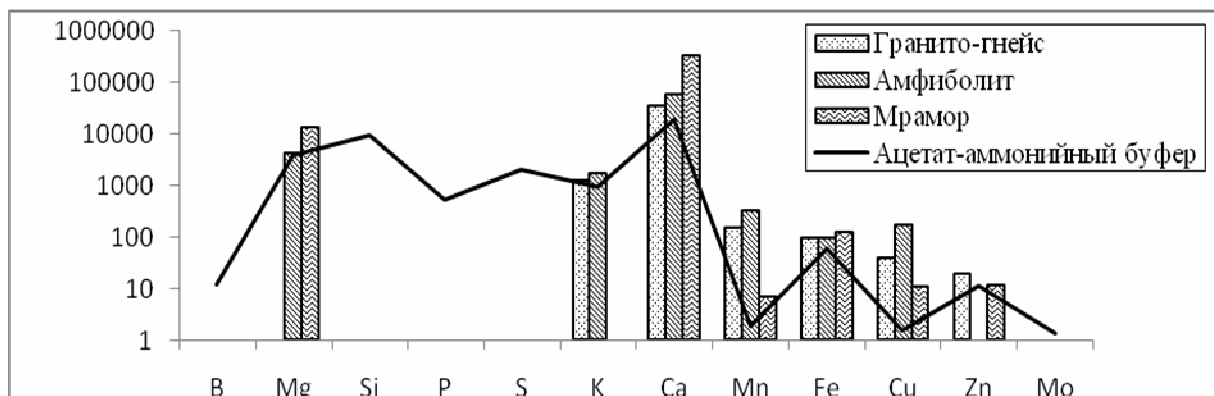
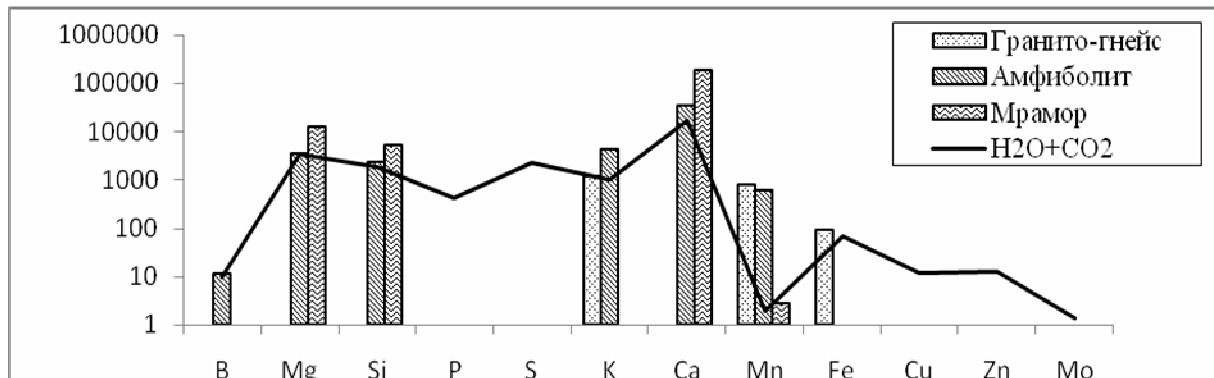
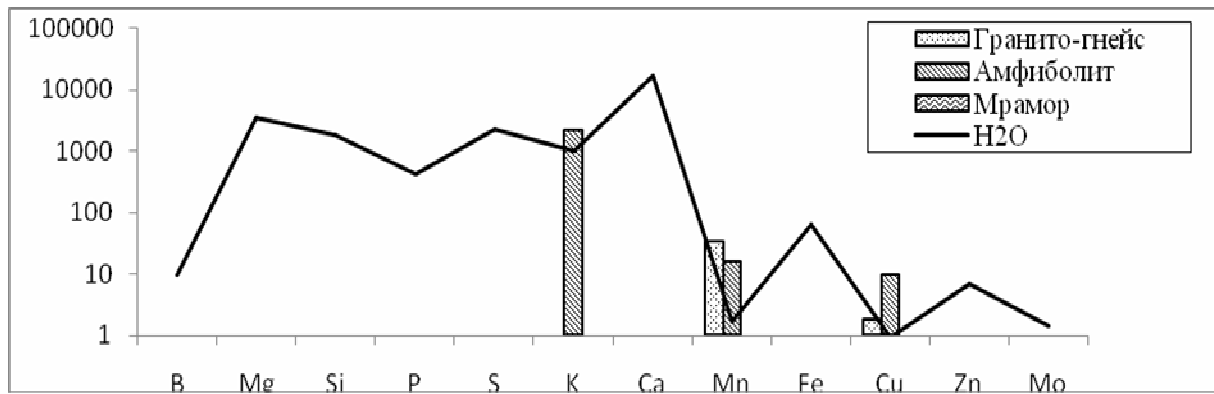
Нами были проведены эксперименты по извлечению химических элементов, доступных для растений из горных пород различными типами растворов. В качестве объектов аквальной деструкции были выбраны типоморфные для побережья Байкала и контрастные по химическому составу горные породы: гранито-гнейс, амфиболит, мрамор. Образцы горных пород были отобраны по трансектам экспериментальных байкальских полигонов: м. Березовый, Бол. Ушканий остров. Пробы были измельчены (< 0,25 мм) и проанализированы на содержание химических элементов. В качестве экстрагентов были выбраны – байкальская вода с высоким содержанием кислорода (свыше 9 мг/л), с добавлением CO<sub>2</sub>, с растворенным в ней ацетатом аммония и лимонная кислота [Сутурин и др., 2013]. Пробы анализировались на масс-спектрометре Agilent 7500ce фирмы Agilent Technologies с квадрупольным масс-анализатором.

В результате эксперимента с байкальской водой, различными веществами и газами, растворенными в ней, и горными породами, типичными для литорали Байкала, выявлены особенности процессов взаимодействия вода-горные породы (рис. 1). Вода с кислородом обеспечивает гидратацию, окисление и гидролиз поверхности минералов. В целом в раствор переходят только Mn и частично Fe. Вода с CO<sub>2</sub> активизирует процессы растворения карбонатов. Раствор ацетата аммония экстрагирует преимущественно микроэлементы (Fe, Mo, Cu и др.).

Вода с лимонной кислотой производит все типы гипергенных реакций: инконгруэнтное разложение силикатов, конгруэнтное разложение карбонатов, гидратацию и хелатирование минералов горных пород. Лимонная кислота является наиболее сильным экстрагентом и обеспечивает миграцию из твердой фазы почти всех элементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности растений и животных.

### *Литература:*

Сутурин А.Н., Куликова Н.Н. и др. Извлечение химических элементов из горных пород байкальской водой и органическими соединениями // *Геохимия*. – 2013. – № 5. – С. 471-480.



**Рис. 1.** Содержание биогенных элементов в исходных растворах и экстрактах, мкг/л (прим., на графике обозначены только те элементы, концентрация которых выше, чем в исходных растворах).



## ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НАРЫКСКО-ОСТАШКИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (КУЗБАСС)

Домрочева Е.В.

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (Томский филиал),  
г. Томск, domrocheva@rambler.ru*

Планируемая крупномасштабная добыча угольного метана на территории Кузнецкого угольного бассейна требует детального изучения не только тектоники, геолого-промысловых характеристик конкретных площадей и угольных пластов, но и многих других параметров, в том числе и геохимического состояния подземных вод.

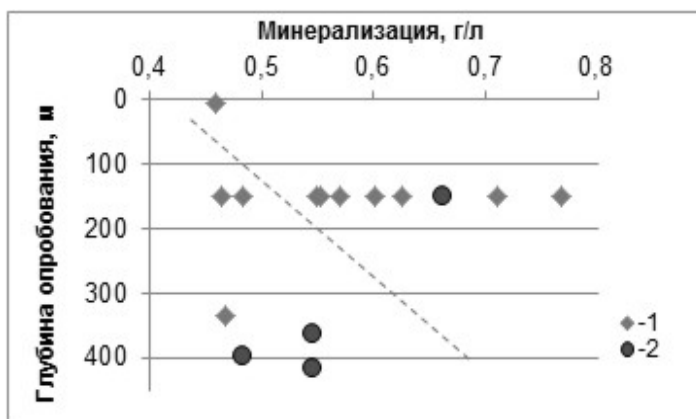
В 2012 г. Томским филиалом ИНГГ СО РАН совместно с ООО «Газпром добыча Кузнецк» продолжилось изучение подземных вод на территории Ерунаковского района. Наши исследования были сосредоточены на территории Нарыкско-Осташкинской площади.

Обобщение ранее известной информации [Аникин и др., 2001; Кузнецова, 1972; Рогов и др., 1985; Шварцев и др., 2006] и нового материала по гидрогеологии и гидрогеохимии показывает, что на территории исследуемой площади развиты разнообразие типы вод.

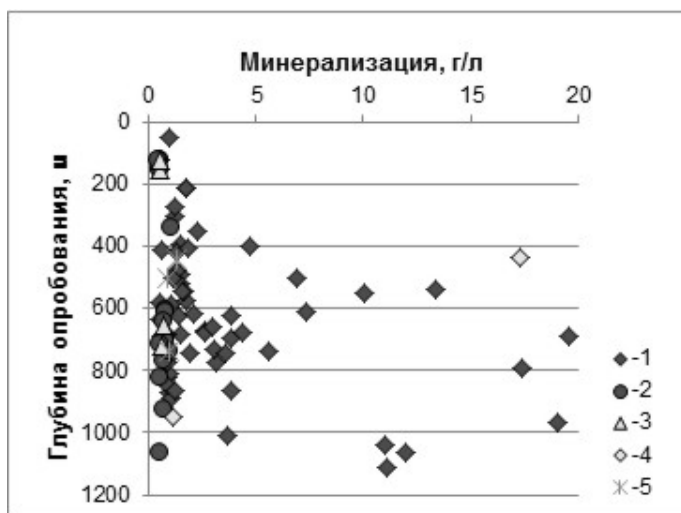
Как видно из рис. 1, начиная с небольших глубин и до 400 м, развиты по составу гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-натриевые подземные воды. Содержание иона  $\text{HCO}_3^-$  изменяется от 0,32 до 0,58 г/л, но наиболее часто составляет 0,4 г/л, Са от 0,06 до 0,12 г/л, Na в среднем до 0,03 г/л, а концентрации Cl не превышает 0,024 г/л, в среднем составляет 0,006 г/л. С глубиной минерализация подземных вод увеличивается от 0,46 до 0,77 г/л. Одновременно с ростом минерализации растет и значение pH. Подземные воды в основном нейтральные, реже слабощелочные. Для подземных вод рассматриваемой площади наиболее характерны значения pH от 7,0 до 7,6.

Увеличение минерализации происходит в основном за счет доли натрия в составе вод, незначительно, но все-таки, меняется ее тип: с гидрокарбонатного кальциевого на гидрокарбонатный кальциево-натриевый.

С глубины порядка 350-400 м воды становятся гидрокарбонатными натриевыми (содового состава). По литературным данным известно, что в Кузбассе содовые воды развиты до глубины ~ 1 км. По нашим данным они развиты шире, чем представлялось, и мы находим их на глубинах до 2 км, например, на ранее изученной соседней Талдинской площади, Березовоярском участке, в Томь-Усинском районе. На территории Нарыкско-Осташкинской площади они встречены до глубины 1 км, т.к. ниже данных по химическому опробованию пока нет.



**Рис. 1.** Изменение минерализации пресных подземных вод с глубиной. Типы вод по химическому составу: 1 –  $\text{HCO}_3 \text{ Ca}$ , 2 –  $\text{HCO}_3 \text{ Ca-Na}$ .



**Рис. 2. Изменение минерализации соленоватых подземных вод с глубиной.**

**Типы вод по химическому составу: 1 –  $\text{HCO}_3\text{Na}$ , 2 –  $\text{HCO}_3\text{Na-Ca}$ , 3 –  $\text{HCO}_3\text{Ca-Na}$ , 4 –  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ , 5 –  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{Na}$ .**

Эти воды с минерализацией от 1 до 5-7 г/л (реже 0,5-0,8, 10-19 г/л) являются щелочными с рН от 8,0 (реже 7,5) до 10, уже в верхней части гидродинамической зоны переходящие в гидрокарбонатные натриево-кальциевые, кальциево-натриевые (рис. 2). Содержание  $\text{HCO}_3^-$  от 0,3 до 5,3 г/л реже до 12,2-13,1 г/л,  $\text{Na}^+$  до 5,6 г/л и  $\text{Cl}^-$  до 1,2, реже до 2,9 г/л, тогда как  $\text{Ca}^{2+}$  уменьшается до 0,01 г/л. Практически все опробованные воды являются соленоватыми с минерализацией до 10 г/л, иногда слабосолеными (до 19,6 г/л).

Как видно из приведенных рисунков, с глубиной общая минерализация воды значительно возрастает. В общем, этот рост обусловлен за счет увеличения содержаний  $\text{HCO}_3^-$  и Na. При этом

содержание сульфат-иона для большинства анализов не превышает 10 мг/л (реже до 70 мг/л), хлора-иона – первые десятки мг/л. Несмотря на это, содержание в этих пробах  $\text{HCO}_3^-$  намного выше и воды остаются гидрокарбонатными, реже гидрокарбонатно-хлоридными, хлоридно-гидрокарбонатными и гидрокарбонатно-сульфатными.

Таким образом, отмеченные изменения в минерализации и рН подземных вод носят естественный характер и закономерно увеличиваются с глубиной, свидетельствуя о том, что изученные воды являются инфильтрационного генезиса, а источником их поступления являются атмосферные осадки, проникающие в систему из областей питания. По мере погружения воды на большую глубину, соленость ее, как мы установили выше, растет, т.е. состав и величина общей минерализации подземных вод обусловлены временем взаимодействия воды с горной породой: чем медленнее она движется, тем длиннее ее путь и соответственно чем глубже она просачивается, тем выше соленость. Следовательно, величина общей минерализации и состав подземных вод определяются временем взаимодействия в системе вода-порода [Шварцев, 1998]. Приведенные выше данные подтверждают ранее сделанный вывод о том, что в пределах рассматриваемой структуры развиты инфильтрационные подземные воды, области питания которых располагаются на местных и отдаленных геоморфологически повышенных проницаемых участках.

#### *Литература:*

- Аникин А.И., Людвиг В.М., Шварцев С.Л. Геохимия подземных вод давсонитонесных пород Березовоярского участка (Кузбасс) // Обской вестник. – 2001. – №1. – С. 65-69.
- Гидрогеология СССР Кемеровская область и Алтайский край /под ред. М.А. Кузнецова, О.В. Постникова // М.: Недра. – 1972. – Т. 17. – 398 с.
- Рогов Г.М., В.К. Попов. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса // Изд-во Томского университета. – 1985. – 191 с.
- Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза // М.: Недра. – 1998. – 288 с.
- Шварцев С.Л., Хрюкин В.Т., Домрочева Е.В. и др. Гидрогеология Ерунаковского района Кузбасса в связи с проблемой образования ресурсов и добычи угольного метана // Геология и геофизика. – 2006. – Вып.47. – № 7. – С. 878-889.

## МИГРАЦИЯ РТУТИ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ ЕЕ НАХОЖДЕНИЯ В ПИРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Журкова И.С.

*Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск,  
inna-zhurkova@yandex.ru*

Проблемам миграции элементов в окружающей среде уделяется большое внимание. Среди них одной из важнейших является изучение поведения тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, мышьяка и др.) в различных звеньях трофических цепей, природных и техногенных процессах. Одним из наиболее важных причин поверхностной миграции элементов служат лесные пожары. Достаточно сказать, что ежегодная пылевая и аэрозольная эмиссия этих явлений количественно сопоставима с выбросами вулканов: 20-150 и 10-200 млн. т соответственно [Малахов, Махонько, 1975]. По экспертным оценкам ООН, ежегодно на Земле лесными пожарами охватывается площадь от 550 до 650 млн. га. [Будыко и др., 1986]), причем за последние 250 лет идет постоянный рост частоты их экстремальных проявлений.

Ртуть относится к токсикантам повышенной опасности, влияя на нервную, ферментативную и эндокринную системы, печень, почки, желудочно-кишечный тракт. Кроме прямого токсического действия, следует принимать во внимание и более отдаленные последствия для всего организма. Ртуть может проникать в человеческий организм в виде жидкого металла, солей и паров, главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и слизистые оболочки. Токсичность, биодоступность и мобильность ртути зависит от того, в каком виде она находится. Органические соединения ртути, такие как метилртуть и этилртуть, по крайней мере, на порядок более мобильны, чем неорганические виды ртути и таким образом более токсичны. При этом, ООН отмечает стремительный рост ртутного загрязнения в последние годы и призывает заключить международную конвенцию по сокращению выбросов ртути в окружающую среду, подчеркивая их особую опасность для беременных женщин и детей младшего возраста, что широко освещается не только в научной литературе, но и в средствах массовой информации [Ягольницер и др., 1995]. Многие авторы, начиная с В.И. Вернадского [Вернадский, 1983], отмечают значительные естественные выделения ртути в процессе вулканических извержений и связанной с ними термальной деятельности в атмосферу, при этом ртуть выделяется в виде элементарной газообразной.

В геохимических циклах ртути главную роль играет ее атмосферный перенос. Ртуть из техногенных источников поступает в окружающую среду преимущественно с атмосферными осадками. И при лесных пожарах ртуть мигрирует и перераспределяется в экосистеме. Поэтому особую важность приобретает изучение компонентов биогеоценоза, которые накапливают многие тяжелые металлы, в том числе ртуть, и, следовательно, могут рассматриваться как индикаторы ее атмосферной эмиссии. К таким компонентам биогеоценоза относят хвойные опады, лишайники, мхи, лесные подстилки, кору и др. Объектом исследования данной работы являются компоненты биогеоценоза и поведение ртути при их горении. Последнее время лесные пожары являются одним из основных причин миграции и выделения ртути в атмосферу, следует отметить, что 90 % от всех пожаров происходят вследствие деятельности человека.

Летом 2012 года в Спирином сосновом бору Новосибирской области (левобережье р. Оби) были отобраны и исследованы на содержание ртути пробы компонентов биогеоценоза, относящиеся к лесным горючим материалам (ЛГМ).

Определение содержания ртути в полученных фракциях проводилось атомно-адсорбционным методом «холодного пара» в лаборатории геохимии ИГМ СО РАН по опубликованным методикам [Фурсов, 2000]. Метод основан на свойстве ртути существовать при нормальных условиях в газовой фазе в виде свободных атомов. Определяемые концентрации в растворах 0,01 – 100 мкг/л.

Анализируя полученные данные, можем наблюдать, что содержание ртути в золе меньше относительно других продуктов горения каждого компонента биогеоценоза. Ртуть преобладает в жидком конденсате, что говорит о ее активном испарении при лесных пожарах, обусловленном высокой подвижностью, летучестью соединений ртути и изменением форм ее нахождения в биосфере в зависимости от физико-химических условий среды.

Данные содержания ртути и других элементов в лесной подстилке и продуктах ее горения представлены в таблице.

**Таблица. Содержания Hg и других элементов (мг/кг) в лесной подстилке и продуктах ее горения**

Компонент	Hg	Cd	As	Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Ni	Sb
Подстилка	0,27	0,53	2,5	29	83	344	14	4,4	6,8	0,51
Зола	0,03	1,3	5,7	58	165	680	33	31	12,8	0,77
Сажа	0,35	18	27	36	129	148	14	2,1	3,9	0,96
Зола/подстилка	0,11	2,45	2,28	2,0	1,99	1,98	2,36	7,05	2,06	1,51
Сажа/подстилка	1,3	33,9	10,8	1,26	1,55	0,43	1,0	0,48	0,63	1,88

#### *Литература:*

- Малахов С.Г., Махонько Э.П. Выброс токсичных металлов в атмосферу и их накопление в поверхностном слое земли // *Успехи химии*. 1990. т. 59, № 11. с. 1777-1798.
- Будыко М.И., Голицын Г.С., Израэль Ю.А. *Глобальные климатические катастрофы*. М.: Гидрометеоиздат, 1986.
- Ягольницер М.А., Соколов В.М., Рябцев А.Д. и др. *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995, № 3, с. 23-35.
- Вернадский В.И. *Очерки геохимии*. М.: Наука. 1983.
- Фурсов В.З. *Опыт атомно-адсорбционного анализа ртути*. М.:ИМГРЭ, 2000. 152 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНОГО ИОННОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА Р. КУДА**

**Загорулько Н.А.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, natalina1981@mail.ru*

Река Куда – малая река, правый приток верхнего течения р. Ангара. Берет свое начало с перевала Ангаро-Ленского водораздела. Имеет развитую сеть притоков, которые преимущественно сосредоточены в левобережье реки. Питание реки в основном происходит за счет атмосферных осадков. На долю грунтового питания приходится лишь 17,8% от всех источников (Бочкарев, 1959)

В данной работе рассмотрены результаты исследования основного ионного состава воды среднего и нижнего течения р. Куда и других рек ее бассейна (р. Орда, ручей Ишин-Гол, р. Мурин, р. Баяндайка, р. Каменка, р. Куяда, р. Бол. Кот, р. Оек). Отбор проб был проведен в марте, мае и сентябре 2012-2013 гг. Определение

содержания основных ионов в речной воде проведено по аттестованным методикам в Аккредитованном аналитическом секторе ИГХ СО РАН.

Поверхностные воды бассейна р. Куда достаточно разнообразны по основному ионному составу и минерализации (табл. 1). Встречаются как ультрапресные речные воды (р. Бол. Кот), так и солоноватые (р. Каменка, р. Орда, р. Ишин-Гол). Воды р. Куда относятся к пресным водам.

**Таблица 1. Некоторые гидрохимические показатели поверхностных вод бассейна р. Куда**

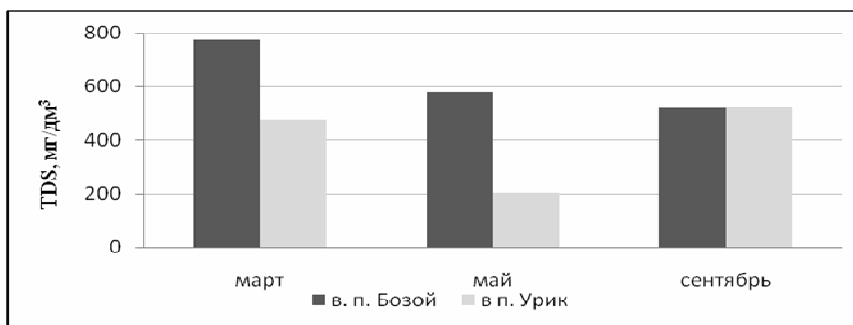
Река	pH	TDS, мг/дм <sup>3</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl, мг/дм <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> + Na <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>
р. Куда в п. Бозой (среднее течение)	8,0-8,3	519-776	225-337	160-200	7,7-40,7	95-128	17-38	14-48
р. Куда в д. Урик (нижнее течение)	7,3-7,9	204-523	112-308	36-90	3,7-14,5	38-73	6-35	7-21
р. Орда	7,4-8,0	1076-1423	411-480	380-580	13,0-9,5	93-135	85-105	86-113
р. Ишин-Гол	8,0	1235	535	400	5,8	135	93	66
р. Мурин	7,4-8,0	436-441	249-256	80	1,5-2,2	73-75	18-22	8-11
р. Баяндайка	7,1-7,9	294-392	220-303	3-20	1,6-4,3	46-65	12-28	11-23
р. Каменка	7,4-8,1	1053-1183	232-293	480-600	4,1-4,4	199-217	46-55	31-36
р. Куяда	7,5	107	78	6	0,8	13	6	3
р. Бол. Кот	6,8-7,7	29-65	14-41	6-7	0,4-0,6	3-9	3	3-5
р. Оек	7,6-8,2	532-560	322-316	80-100	3,3-4,3	82-98	20-23	21-22

По соотношению главных ионов (Алекин, 1948) можно выделить реки с водами гидрокарбонатными кальциевыми (р. Оек, р. Большой Кот), гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми (р. Куяда, р. Баяндайка), сульфатно-гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми (р. Мурин), гидрокарбонатно-сульфатными кальциевыми-кальциевыми (р. Ишин-Гол, р. Орда), гидрокарбонатно-сульфатными магниевыми-кальциевыми (р. Каменка). Состав воды р. Куда изменяется по профилю реки и в различные гидрологические фазы. Так в мае 2012 г. в пробе, отобранной в районе п. Бозой (среднее течение), доля сульфат-ионов от общего количества анионов составляла 49% экв., а доля гидрокарбонат-ионов 47% экв. В то же время вблизи устья (д. Урик) сульфат- и гидрокарбонат-ионы составляли 28 и 68% экв. соответственно. Так же следует отметить снижение доли сульфатов в фазы зимней и осенней межени (март, сентябрь) по сравнению с весенним половодьем (май) до 38 и 46 % экв. в среднем течении и до 24 и 26% в нижнем течении соответственно. На долю хлорид-ионов приходится 3-10% экв. анионов. Среди катионов преобладает кальций, его доля составляет 50-70% экв. от общей суммы катионов. Ионы магния в составе речной воды также играют значительную роль, достигая 30-42% экв. Лишь весной их доля снижается до 18-24% экв. На долю щелочных ионов приходится 8-19% экв. катионов. Таким образом, воды р. Куда занимают пограничное положение между сульфатно-гидрокарбонатным и гидрокарбонатно-сульфатным классом магниевых-кальциевой группы, и переходят в период весеннего половодья в группу кальция.

Более ранними исследованиями (Бехтерева, Шпейзер, 1970) были установлены доли сульфат- и гидрокарбонат-ионов в водах р. Куда в районе п. Бозой 15-41% экв. и 56-79% экв. соответственно. В районе д. Урик их значения составляли 13-28% экв. и 57-82% экв. соответственно. Таким образом, прослеживается общая тенденция увеличения доли сульфат-иона и снижение доли гидрокарбонат-иона в воде р. Куда в настоящий период.

В сезонной динамике минерализации воды в среднем и нижнем течении р. Куда наблюдаются различия (рис. 1). Для нижнего течения реки характерно минимальное значение этого показателя в период весеннего половодья (в мае). Более высокое

значение в марте, когда питание реки преимущественно грунтовое и в сентябре, когда поверхностный сток с прилегающих территорий снижается. Для среднего же течения реки минерализация воды в мае ниже, чем в марте, однако же, несколько превышает ее значения в сентябре.



**Рис. 1.** Сезонная динамика минерализации воды р. Куда в среднем (п. Бозой) и нижнем (д. Урик) течении.

Аналогичная картина пространственно-временного распределения наблюдается для концентраций всех главных ионов. Это связано с тем, что в бассейне среднего течения р. Куда широко распространены солончаки и в весенний период большое количество солей поступает в реку с талыми снеговыми водами. Ниже по течению воды реки разбавляются низкоминерализованными водами притоков (р. Бол. Кот, р. Куяда), что значительно снижает их минерализацию и концентрацию главных ионов.

*Литература:*

Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1970. – 444 с.  
 Бочкарев П.Ф. Гидрохимия рек восточной Сибири. – Иркутск: Вост. Сиб. изд-во, 1959. – 156 с.  
 Бехтерева Н.В., Шнейзер Г.М. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод бассейна р. Куды // Труды Иркутского государственного университета. – 1970. – С. 102-110.

## ГЕОХИМИЯ ФТОРА В СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ

**Знаменская Т.И.**

*Институт географии СО РАН, г. Иркутск, tznam@irigs.irk.ru*

В мировом сообществе распространен опыт по ограничению мощности алюминиевых заводов (до 200-300 тыс. т/год), использование сложных систем очистки отходов и жесткой регламентации норм выбросов, зачастую устанавливаемых конкретно для каждого предприятия, а также практика выноса производства за пределы страны. При этом в России расположены самые крупные алюминиевые предприятия в мире. Предпочтение отдается заводам-гигантам, выходящих на рубеж производства – миллион тонн товарного алюминия в год. Более того, устаревшие заводы с небольшими проектными мощностями сокращаются, как нерентабельные. Расположение основных производств приурочено к регионам с дешевой электроэнергией, в связи с чем существенно снижается себестоимость производства, даже с учетом необходимости транспортировки сырья и металла на дальние расстояния.

В Хакасии расположен Саяногорский промышленный комплекс, куда входят Саяногорский (САЗ) и Хакасский (ХАЗ) алюминиевые заводы. На их долю приходится основная масса выбросов вредных веществ на территории Южно-Минусинской котловины. В совокупности, они ежегодно выпускают более 800 тысяч тонн алюминия.

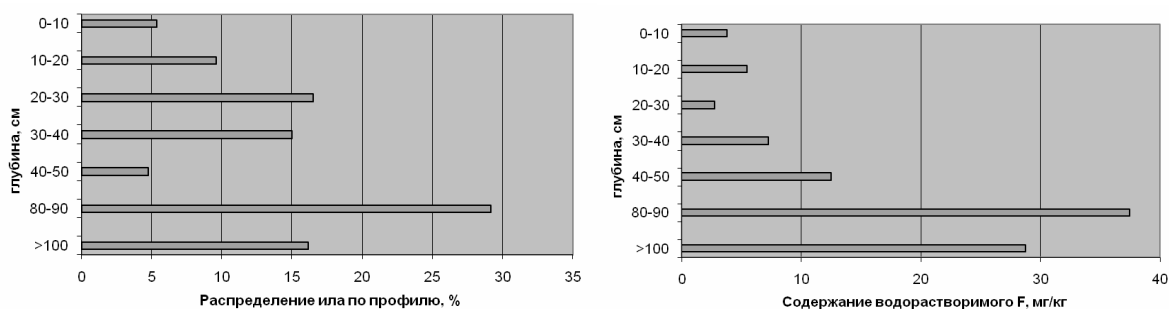
Специфическими элементами выбросов заводов являются F, Al и Na [Давыдова, 2007]. Наибольшую опасность в загрязнении компонентов геосистем представляет фтор. Он относится к первому классу опасности, отличается высокой технофильностью и деструкционной биологической активностью. Химическая активность и токсичность этого элемента требуют повышенного внимания к балансу в ландшафте.

Начиная с 2006 года, нами ведутся наблюдения за изменением вещественного состава почвенного и растительного покрова в зоне воздействия пылегазовых эмиссий. Алюминиевые заводы Саянского промузла определяют в основном атмосферный путь поступления в почвы загрязняющих веществ. Несмотря на современное оборудование и постоянное совершенствование систем очистки, при анализе снегового покрова обнаруживается увеличение ареала загрязнения, а также повышение концентрации поллютантов в поверхностных горизонтах почв. Так по данным Сараева В. Г. в 1990 году после пятилетнего периода работы Саяногорского алюминиевого завода увеличение содержания фтора происходит на расстоянии до 6 км и отмечается преимущественно, в верхней части гумусового горизонта, до пяти сантиметров [Сараев, 1993]. В настоящий момент границы ареала загрязнения расширилась до 15-20 км [Давыдова, Знаменская, Лопаткин, 2013], а аккумуляция фторидов происходит не только в верхнем органическом горизонте, но и в более глубоких слоях почв.

Исследовалось геохимическое поведение фторидов в ландшафте. Известно, что оно определяется группой многочисленных внутренних и внешних факторов, среди которых особую роль играют растворение, адсорбция, десорбция и комплексообразование.

Легкорастворимые формы элементов наиболее опасны вследствие большей проникающей способности в организме, скорости и масштабности распространения в окружающей среде. При оценке распределения водорастворимых фторидов в степи в слое почв 0-10 см, прослеживается его закономерная убыль с увеличением расстояния от источника эмиссий.

Установлена зависимость распределения водорастворимого фтора в почвенном профиле от гранулометрического состава (рис. 1). Песчаные почвы не накапливают подвижные формы фтора, так как они легко вымываются в кору выветривания. Тогда как глинистые минералы адсорбируют и накапливают многие микроэлементы, в том числе, фтор [Давыдова, Знаменская, 20011].



**Рис. 1. Распределение ила и водорастворимого фтора по профилю почв.**

Однако при оценке воздействия поллютантов, необходимо учитывать не только водорастворимые формы, но и валовое содержание элемента. Несмотря на то, что фтор является активным, подвижным мигрантом, предельно допустимая концентрация для его валовых форм не установлена. В то же время любые изменения ландшафтно-геохимических условий (кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных, химических и термодинамических) могут привести к увеличению подвижности элемента, переводу его из инертного состояние в активное.

Фторид-ион – сильный лиганд – может образовывать комплексы с элементами-комплексообразователями – магнием, кальцием, натрием, алюминием, хромом и др.

[Иванов, Кашин, 2003]. В зоне гипергенеза он концентрируется на сорбционных и испарительных барьерах. Наиболее устойчивые комплексы формируются при  $pH < 7$ . На интенсивность миграции фтора и на условия его осаждения определяющее влияние оказывают свойства самого элемента, в частности, исключительная способность его иона к комплексообразованию и возможность образования малорастворимого  $CaF_2$  [Перельман, Касимов, 2000].

Важную роль в распространении поллютантов играют климатические условия. Периодически промывной режим сдерживает вынос поллютантов за пределы почвенного профиля. В водах зоны гипергенеза фтор мигрирует в широком диапазоне значений  $pH$  и  $Eh$ , при этом интенсивность его миграции мало зависит от окислительно-восстановительного потенциала среды, во многом определяясь кислотно-щелочными условиями.

В результате проведенных исследований были выявлены геохимические особенности поведения фтора в степных геосистемах в зоне воздействия алюминиевых предприятий. Так, аридные ландшафты Минусинской котловины богаты кальцием, что снижает миграцию фтора. Механический состав, реакция среды и способность к комплексообразованию влияют на активность фторидов. Также отмечена тенденция к накоплению поллютанта в почвенном профиле и расширение ареала загрязнения в условиях продолжающейся деятельности алюминиевых предприятий. Непрерывные техногенные нагрузки приводят к увеличению и закреплению поллютантов в почве, что в последствие может привести к образованию техногенной геохимической аномалии.

#### *Литература:*

Давыдова Н.Д. Техногенные потоки и дифференциация веществ в геосистемах // Географические исследования в Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «ГЕО», 2007. – Т. 2 – С. 261-315.

Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И. Роль рельефа в распределении потоков вещества в степных геосистемах // Материалы Всерос. конф. «Рельеф и экзогенные процессы гор». Иркутск: ИГ СО РАН, 2011. – Т.2 – С. 179-181.

Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И., Лопаткин Д.А. Выявление химических элементов загрязнителей и их первичное распределение на территории степей юга Минусинской котловины // Сибирский экологический журнал. – 2013. № 2. С. 291-300.

Иванов Г.М., Кашин В.К. Фтор в почвах Забайкалья // Почвоведение. – 2003. № 2. С. 158-163.

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 2000. 610 с.

Сараев В.Г. Содержание фтора в почвах Минусинской котловины в зоне воздействия алюминиевого завода // Почвоведение. – 1993. № 2. С. 94-97.

## **ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОЗЕР НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ ПО СТЕПЕНИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ**

**Колпакова М.Н.<sup>\*,\*\*</sup>**

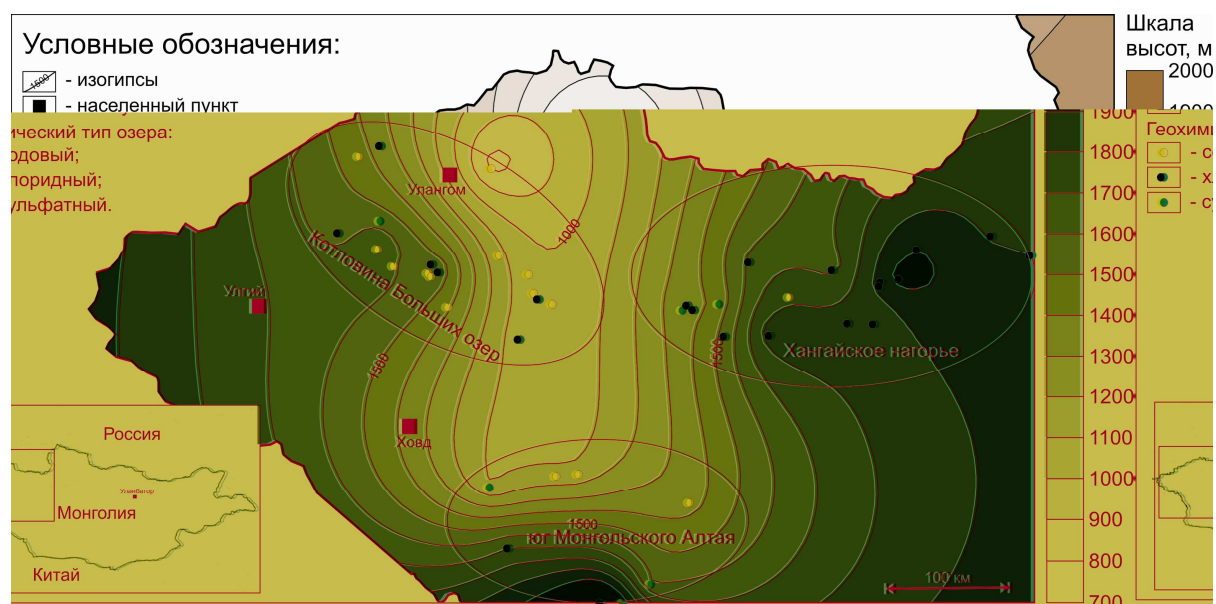
*\*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН»,  
г. Томск, kolpakovam@ipgg.sbras.ru*

*\*\* Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, gige@tpu.ru*

Все озера являются своеобразными системами, в которых происходит накопление различного типа химических элементов. Соотношение этих элементов значительно варьирует в разнотипных озерах и в различных ландшафтно-климатических областях. Своеобразие морфометрических и морфологических особенностей строения котловин, высота их расположения над уровнем моря, физико-



географические, геологические и климатические особенности строения местности и химический состав воды обуславливают разнообразие распределения геохимических типов озер. Одним из важнейших процессов формирования состава вод в целом и особенно озерных является их испарение и связанное с этим накопление части химических элементов в воде. То есть для более глубокого понимания процессов формирования состава озер нам необходимо изучить особенности их географической дифференциации по геохимическим типам. Территория Западной Монголии идеально подходит для подобного рода исследований, так как на относительно небольшой территории в близких климатических и ландшафтно-геоморфологических условиях здесь формируются различные геохимические типы озер: содовые, сульфатные и хлоридные (рис. 1). Эти озера достаточно многообразны по химическому составу, солености воды, рН, Eh, содержанию SiO<sub>2</sub> и микрокомпонентов. Высокая минерализация характерна для сульфатных и хлоридных озер, высокая щелочность – для содовых (табл. 1). При этом для изученных нами бессточных озер с объемом водной массы от 0,1 до 66 км<sup>3</sup> соленость изменяется от 4 до 20 г/л, а с водной массой менее 0,1 км<sup>3</sup> – может достигать 400 г/л и более.



**Рис. 1.** Карта-схема расположения соленых озер на территории Западной Монголии и их абсолютных отметок.

**Таблица 1.** Основные физико-химические параметры соленых озер разных ландшафтных областей на территории Западной Монголии

Ландшафтная область		Котловина Больших озер			Монгольский Алтай			Хангайское нагорье		
Параметр	Ед. изм.	Мин	Макс	Сред	Мин	Макс	Сред	Мин	Макс	Сред
Абсолютная отметка	м	759	2096	1345	1098	2224	1537	1371	2039	1729
Площадь озера	км <sup>2</sup>	0,2	3350	348	1,1	305	53	1,9	194	40
Объем озера	км <sup>3</sup>	0,0002	66	10	0,0003	4,4	0,6	0,001	2,7	0,4
Площадь водосбора озера	км <sup>2</sup>	437	115500	46464	230	75050	13982	110	3940	1366
рН		7,4	9,8	8,9	6,9	9,9	8,3	7,1	9,1	8,4
Общая минерализация	г/л	2,2	322	67	2,1	297	112	1,1	363	70
Преобладающий геохимический тип		Содовый			Хлоридный			Содовый, Сульфатный		

Распределение исследованных соленых озер по абсолютной высоте на территории МНР имеет ряд особенностей. Высотный интервал распространения озер Монголии составляет 3050 м. Выделяется несколько высотных уровней с максимальным количеством озер на отметках от 1400 до 2000 м – около 50% всех изученных нами озер, от 1000 до 1200 м - 24% озер, от 2000 м и выше – 15%, и до 1000 м – около 1% озер. Таким образом, в распределении озер Западной Монголии по высоте можно выделить два основных пояса: равнинный, расположенный ниже средней высоты поверхности страны, и горный – выше этого рубежа. В нижнем поясе по количеству преобладают солоноватые и соленые озера, а в верхнем – водоёмы с пресной и слабоминерализованной водой. Такое распределение озер обусловлено высотно-зональными особенностями теплообеспеченности, увлажненности и стока.

С уменьшением абсолютной высоты положения озер в рельефе от горных районов к степным и гобийским общая минерализация озерных вод закономерно возрастает. Самые пресноводные озера с минерализацией 0,08-0,2 г/л расположены в высокогорных частях Монгольского Алтая и Хангая, наиболее минерализованные – в засушливых районах Гобийской, где встречаются рапные озера с высокой минерализацией, которая часто обусловлена значительной величиной испарения и широким распространением засоленных почв [Севастьянов и др., 1994].

В центральной части исследуемого региона с абсолютными отметками 760-1700 м преобладают озера со средним значением минерализации 67 г/л. Однако там зафиксировано и несколько озер с высокой минерализацией (оз. Сангийн-Далай-Нуур, Давсан-Нуур, Бага-Нуур и Бага-Гашун-Нуур), но эти озера отличаются небольшими объемами водной массы – менее 0,001 км<sup>3</sup>. Другая часть озер с высокой соленостью приурочена к восточной части района исследования с высотами 1400-2000 м, где наблюдается широкий разброс минерализации озер от 1 до 363 г/л. Третья часть района исследований с ярко выраженным аридным климатом и интенсивным испарением расположена в южной части. К этим озерам относятся Хулам-Нуур, Сангийн-Далай-Нуур, Тонхил-Нуур, Ихес-Нуур и др., минерализация большинства из которых выше 70 г/л.

В целом на территории исследуемого региона преобладают хлоридные (51 %), на втором месте содовые (35 %) и относительно редко встречаются сульфатные (14 %), которые в своем расположении строго подчинены их высоте над уровнем моря, а также морфологическим и климатическим особенностям.

#### *Литература:*

*Рассказов А.А., Лувсандорж Ш., Севастьянов Д.В., Цэрэнсодном Ж., Егоров А.Н. Озера МНР и их минеральные ресурсы. М.: Наука, 1991. 136 с.*

*Севастьянов Д.В., Шувалов В.Ф., Неуструева И.Ю. Лимнология и палеолимнология Монголии. – СПб.: Наука, 1994. – 304 с.*

*Цэрэнсодном Ж. Каталог монгольских озер. Улан-Батар: Шуувун Сараал. 2000. 141 с. (на монг. яз.).*

## **УРОВЕНЬ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ Г. ОМСКА ПО ДАННЫМ СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

**Литау В.В.\*, Таловская А.В.\*\*, Лончакова А.Д.\*\*\*, Третьякова М.И.\*\*\*,  
Михайлова К.Ю.\*\***

*\*НПО «Мостовик», г. Омск*

*\*\*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск,  
talovskaj@yandex.ru*

Экологическая обстановка Омской области определяется как физико-географическими условиями, так и деятельностью промышленности. Основными

отраслями народного хозяйства региона являются нефтеперерабатывающая, химическая и нефтехимическая промышленность, машиностроение, сельское хозяйство, строительство и производство стройматериалов, энергетический комплекс. Данные отрасли, а также транспорт, формируют основное антропогенное воздействие на природные комплексы и урбанизированные территории Омской области.

Особенностью г. Омска является расположение крупных промышленных производств в жилых кварталах города, где отсутствуют условия для соблюдения границ санитарно-защитных зон. В административном отношении город разделен на пять округов: на левом берегу р. Иртыш расположен Кировский округ, на правом берегу – Центральный, Октябрьский, Ленинский, Советский.

В работе обсуждаются результаты оценки уровня пылевой нагрузки на территорию г. Омска по данным снеговой съемки.

В конце февраля 2013 г. проводился площадной отбор снега, по возможности по регулярной сети с шагом 1 км на территории г. Омска. Всего было отобрано 168 проб. В качестве фоновой площадки была выбрана д. Марьяновка, в 100 км от города. Отбор и подготовку проб снега выполняли с учетом методических рекомендаций ИМГРЭ [Геохимия..., 1990], руководства по контролю загрязнения атмосферы и многолетнего практического опыта эколого-геохимических исследований на территории Западной Сибири. Объектом исследования является твердый осадок снега, содержащий осевшую атмосферную пыль на снеговой покров.

Согласно [Геохимия..., 1990] проводился расчет пылевой нагрузки  $P_n$  (мг/(м<sup>2</sup>•сут)) по формуле:  $P_n = P_o / S \cdot t$ , где  $P_o$  – масса пыли в пробе (мг; кг);  $S$  – площадь шурфа (м<sup>2</sup>; км<sup>2</sup>);  $t$  – время от начала снегостава (количество суток).

По результатам исследования установлено, что величина фоновой среднесуточной пылевой нагрузки составляет 3,1 мг/(м<sup>2</sup>•сут), что ниже величины фона 10 мг/(м<sup>2</sup>•сут), установленной для нечерноземной зоны европейской части России работами Ю.Е. Саета и др. [Геохимия..., 1990] и для Западно-Сибирского региона – 7 мг/(м<sup>2</sup>•сут) по данным [Шатилова, 2001; Язиков, 2011].

Величина среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Омска изменяется от 27,8 мг/(м<sup>2</sup>•сут) (ул. 2-я Нагорная (Кировский округ)) до 1007 мг/(м<sup>2</sup>•сут) (ул. Кирпичный 7-й поселок (Ленинский округ)) и превышает фон от 9 до 325 раз (табл.).

**Таблица. Оценки числовых характеристик величины среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Омска по данным снеговой съемки 2013 г.**

Административный округ	n	m	$X_{med}$	Min	Max
Советский	31	66,5	51,0	30,6	448
Центральный	46	141	128	45,9	358
Октябрьский	20	248	216	48,5	587
Ленинский	25	185	122	37,9	1007
Кировский	46	89,2	71,1	27,8	390
г. Омск	168	132	118	30,6	1007

*Примечание: n – объем выборки, m – среднее,  $X_{med}$  – медиана, Min – минимум, Max – максимум, фон – 3,1 мг/(м<sup>2</sup>•сут).*

В среднем величина пылевой нагрузки на территорию города составляет 132 мг/(м<sup>2</sup>•сут), что превышает фон в 43 раза. По степени запыленности административные округа города образуют следующий ряд: Октябрьский – 248 мг/(м<sup>2</sup>•сут), Ленинской – 185 мг/(м<sup>2</sup>•сут), Центральный – 141 мг/(м<sup>2</sup>•сут), Кировский – 89,2 мг/(м<sup>2</sup>•сут), Советский – 66,5 мг/(м<sup>2</sup>•сут).

При сравнении с нормативными показателями [Геохимия..., 1990] величина пылевой нагрузки на территорию г. Омска изменяется от низкой (менее 250 мг/(м<sup>2</sup>•сут)) до очень высокой степени загрязнения (более 850 мг/(м<sup>2</sup>•сут)). Согласно данным

нормативам, у населения, проживающего в данных районах, может увеличиться частота хронических заболеваний органов дыхания.

Повышенными значениями пылевой нагрузки характеризуются в первую очередь основные территориально-промышленные комплексы в Октябрьском и Ленинском округах, где расположены предприятия нефтехимии, радиотехнической промышленности, машиностроения и строительной индустрии.

Основной вклад в высокие показатели пылевой нагрузки на территорию Центрального округа приносят выбросы ТЭЦ-5, работающей на экибастузском угле. Проведенные нами исследования выявили следующую закономерность – по мере удаления от ТЭЦ-5 величины пылевой нагрузки уменьшается: 400 м – 358 мг/(м<sup>2</sup>•сут), 1,3 км – 323 мг/(м<sup>2</sup>•сут), 2,3 км – 178 мг/(м<sup>2</sup>•сут), 3,4 км – 156 мг/(м<sup>2</sup>•сут). Это объясняется тем, что более тяжелая фракция пылевых выбросов оседает непосредственно вблизи источника загрязнения, а более легкая – переносится воздушными массами на более далекое расстояние. Значения среднесуточной пылевой нагрузки в данном районе хорошо коррелируют с таковыми данными для 1991-1992 и 2007 гг.

Отметим, что среднее значение величины пылевой нагрузки на территорию г. Омска сопоставимо с таковой для территории юга Западной Сибири (135 мг/(м<sup>2</sup>•сут)), г. Северска (153 мг/(м<sup>2</sup>•сут)), тогда как в 2 раза ниже для г. Междуреченска (316 мг/(м<sup>2</sup>•сут)) [Язиков, 2011] и в 2 раза выше для г. Томска (63 мг/(м<sup>2</sup>•сут)) [Язиков и др., 2010]).

#### *Литература:*

*Геохимия окружающей среды / под ред. Ю.Е. Саен, Б.А. Ревич, Е.П. Янин [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.*

*Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. – М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.*

*Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2001. – 22 с.*

*Язиков Е.Г. Экогеохимия территорий Западной Сибири: монография / Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany. 2011. – 360 с.*

*Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.*

## **РАЗНОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭРОА РАДОНА В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА**

**Лопатин М.Н.**

*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, flatewolf@mail.ru*

Эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона в воздухе помещений является важной характеристикой радоноопасности территорий, учитываемой при проектировании и эксплуатации зданий различного назначения. Это связано прежде всего с тем, что ЭРОА является комплексной характеристикой, учитывающей объемные активности дочерних продуктов распада, таких как <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb и <sup>214</sup>Bi, причем два последних являются гамма-излучателями [ОСПОРБ-99, 2010; Старков, 2007]. Поступление радона в воздух помещений регламентируется наличием радия-226 в подстилающей поверхности и строительных материалах, слагающих структуру того или иного здания [Защита от радона-222..., 1995]. При определении ЭРОА радона руководствуются характеристикой сдвига радиоактивного равновесия (F<sub>Rn</sub>) между самим радоном и его дочерними продуктами распада. При теоретических

расчетах эта характеристика-коэффициент принимается равной 0,5. Но на практике  $F_{Rn}$  может варьировать в широких пределах, например, от 0,14 до 0,86 в закрытых помещениях [Цапалов, 2010]. Основным фактором, влияющим на размерность  $F_{Rn}$ , является тепловой напор, т.е. разница между внутренней и наружной температурами, позволяющая оценить среднегодовую ЭРОА по краткосрочным измерениям [Цапалов, 2010]. При этом можно пренебречь факторами воздушной циркуляции внутри помещений, инсоляцией и некоторыми другими, так как они являются эпизодическими.

Исходя из указанных положений, была произведена оценка  $F_{Rn}$  для разных климатических времен года (определены по фазовым переходам среднесуточной температуры через  $0^\circ$  (зима-весна, осень-зима) и  $15^\circ$  (весна-лето, лето-осень)) [Иркутск: архив осадков..., <http://thermograph.ru>] на основе данных краткосрочных наблюдений за ЭРОА радона в БФ «Сосновгеология». Полученные  $F_{Rn}$  были учтены при мониторинге ОА радона прибором РГА-04 в 2012 году (рис. 1).



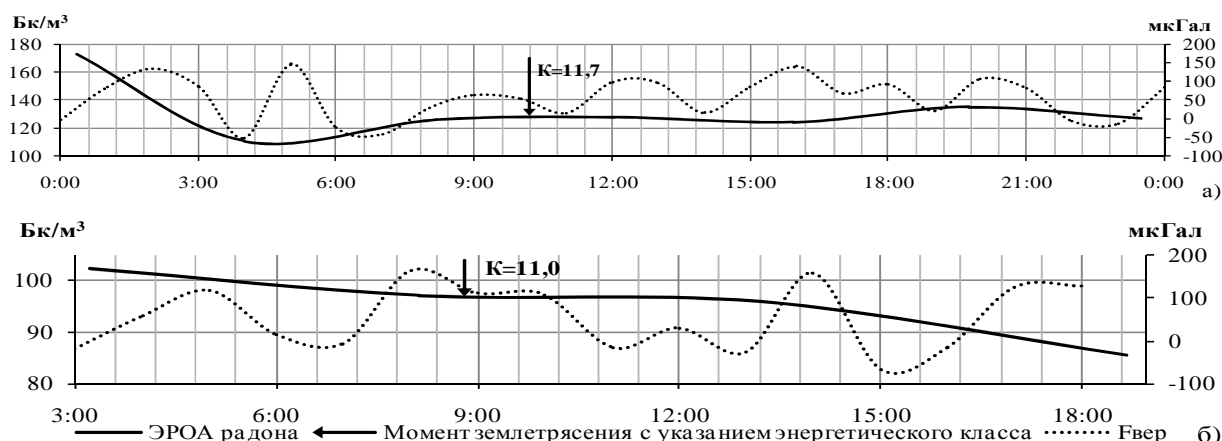
**Рис. 1.** ЭРОА радона в 2012 г. на основе данных мониторинга ОА радона на контрольно-калибровочном пункте в БФ «Сосновгеология».

При среднем значении в  $212 \text{ Бк/м}^3$  ЭРОА радона в течение года варьировала от 48 до  $3350 \text{ Бк/м}^3$ . Минимальные значения характерны для зимне-весеннего периода, что, в первую очередь, связано с  $F_{Rn}$ , затруднением адвекции в связи с сезонным промерзанием грунтов. Противоположная картина в летне-осенний период. Аномально высокие значения ЭРОА в начале зимы 2012 г. могут быть связаны с микросейсмической активностью.

Связь между ЭРОА и землетрясениями указывает, что радон играет роль предвестника, выражаясь в классической схеме, когда до события происходит падение объемной активности, указывающее на возросшее напряжение в земной коре (рис. 2). Непосредственно перед событием поведение ОА радона может проявиться двояко, либо она возрастает перед событием, либо начинает возрастать уже после события, как результат эффекта релаксации.

Солнечно-лунные приливы, являясь глобальным процессом, находят свое выражение и в динамике ЭРОА радона [Адушкин, 2012]. По теоретически рассчитанной вертикальной составляющей приливной силы ( $F_{вер}$ ) для г. Иркутска можно считать справедливым влияние приливов и на сейсмическую активность, и на динамику радона. Но стоит отметить неоднозначность влияния приливов, так как

линейная связь между  $F_{\text{вер}}$  и ЭРОА радона при  $P = 0,95$  варьирует от умеренно-слабой отрицательной до умеренно-сильной положительной  $k = -0,35 - 0,74$ .



**Рис. 2.** Соотношение ЭРОА радона и  $F_{\text{вер}}$  с указанием энергетических классов землетрясений: а) 30.10.2012 г.; б) 09.12.2012 г.

Таким образом, годовой режим ЭРОА радона находится в прямой зависимости от разницы внутренне-внешних температур, сезонного промерзания грунтов. Суточные колебания ЭРОА аналогично зависят от разницы температур с включением влияния сейсмического процесса и солнечно-лунных приливов.

#### *Литература:*

Адушкин, В.В. Влияние лунно-солнечного прилива на вариации геофизических полей на границе земная кора – атмосфера [Текст] / В.В. Адушкин, А.А. Спивак, В.А. Харламов // *Физика Земли*. – 2012. - № 2. – С. 14-26.

Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах [Текст] / Под ред. А.В. Кружалова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 68 с. – (Публикация 65 МКРЗ).

Иркутск: архив осадков и температуры воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://thermograph.ru/arc/st\\_30791-date\\_daunorms.htm](http://thermograph.ru/arc/st_30791-date_daunorms.htm) (Дата обращения: 13.06.2013 г.)

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010) [Текст]. – М.: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83 с.

Старков, В.Д. Радиационная экология [Текст] / В.Д. Старков, В.И. Мигунов. – Тюмень: Тюменский дом печати, 2007. – 400 с.

Цапалов, А.А. Принцип оценки среднегодовой ЭРОА радона в зданиях по результатам краткосрочных измерений [Текст] / А.А. Цапалов, А.П. Ермилов, Л.А. Галубяц [и др.] // *Радиационная гигиена*. – 2010. - № 3, Т. 3. – С. 23-27.

## **ТИПОХИМИЗМ ФРАМБОИДАЛЬНОГО ПИРИТА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. УФИМСКОЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

**Масленникова А.В.**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, adenophora@inbox.ru*

Озеро Уфимское расположено на восточном макросклоне Уральского горного хребта. Площадь озера – 0,894 км<sup>2</sup> (малое озеро), средняя глубина составляет 1,13 м, максимальная – 3 м. Мелководное проточное оз. Уфимское имеет относительно равномерное насыщение кислородом всех горизонтов по сезонам года. Вода ультрапресная, гидрокарбонатно-кальциевого типа (минерализация – 50 мг/л).

В донных осадках оз. Уфимское прослеживается типичная для раннедиагенетического пирита последовательность формирования фрамбоидального пирита от зарождения свободных индивидов до сфероидов и глобул [Нерадовский, 2009]. Максимальное разнообразие и количество фрамбоидального пирита, а также присутствие микроконкреций пирита неправильной формы (50 мкм) отмечается в нижней части колонки донных осадков.

Концентрации элементов-примесей во фрамбоидальном пирите определены с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и лазерной абляцией с использованием 213 нм New Wave UP213 Nd-YAG лазерного микропробоотборника, соединенного с квадрупольным масс-спектрометром Agilent 4500 (CODES, Тасмания).

В результате исследования отмечено, что фрамбоидальный пирит осадков пребореального периода (РВ) содержит больше элементов-примесей, таких как Cu, Zn, Ag, Cd, Bi, Pb, Se, по сравнению с аналогичным пиритом из осадков позднего дриаса (Dr3) (табл. 1). Данная особенность связана с увеличением степени выветривания пород

**Таблица 1. Средние содержания элементов-примесей (мг/кг) во фрамбоидальном пирите донных отложений оз. Уфимское. X – среднее арифметическое,  $\sigma$  – стандартное отклонение, M – медиана**

х/э, г/т	макс. значение	мин. значение	X	$\sigma$	M	Донные отложения
Фрамбоидальный пирит, Dr3						
Mn	2 605,23	157,89	887,84	712,34	627,85	1 135,60
Co	54,80	6,10	20,14	13,56	14,58	20,87
Ni	75,14	11,75	31,91	19,93	27,27	38,49
Cu	79,57	3,92	34,44	21,14	31,13	82,09
Zn	243,87	11,48	94,53	64,20	83,31	108,71
As	177,68	20,75	68,88	46,73	50,23	289,91
Se	13,69	1,39	6,60	3,17	7,13	1,28
Mo	82,02	3,85	14,31	20,95	7,84	2,59
Cd	0,52	0,06	0,23	0,15	0,17	0,22
Sb	3,09	0,49	1,33	0,79	1,14	0,44
Te	0,96	0,17	0,54	0,30	0,53	0,01
Pb	75,61	3,90	24,28	19,30	16,96	12,83
Bi	1,01	0,08	0,36	0,27	0,27	0,14
Фрамбоидальный пирит, РВ						
Mn	74,58	22,96	43,05	22,64	37,34	473,62
Co	32,43	2,70	14,61	14,54	11,66	17,97
Ni	127,00	6,20	51,76	56,68	36,93	60,96
Cu	408,77	29,56	172,61	165,58	126,06	194,98
Zn	717,53	34,23	249,11	322,71	122,34	127,12
As	51,72	29,68	41,76	9,24	42,82	281,32
Se	45,96	13,73	29,17	14,65	28,50	2,44
Mo	8,03	4,27	6,23	1,70	6,31	2,98
Cd	1,37	0,20	0,67	0,52	0,55	0,60
Sb	3,84	1,19	2,02	1,23	1,52	0,93
Te	1,19	0,20	0,69	0,70	0,69	0,03
Pb	109,23	15,97	46,66	42,30	30,73	13,60
Bi	0,93	0,16	0,58	0,40	0,62	0,20

водосбора озера при увлажнении-потеплении климата и находится в соответствии с изменением состава вмещающих донных отложений. В то же время, в сравнении с донными отложениями фрамбоидальный пирит характеризуется концентрированием большинства халькофильных элементов и низким содержанием As, Mn, Co, и Ni.

Спектр элементов-примесей, содержания которых увеличились во фрамбоидальном пирите пребореальных осадков, связан, вероятно, с дополнительным поступлением материала из колчеданосных комплексов Соймоновской долины. Вместе с тем, по сравнению с аналогичным морфогенетическим типом пирита руд колчеданных месторождений Урала, фрамбоидальный пирит из осадков оз. Уфимское характеризуется на один-два порядка меньшими содержаниями элементов-примесей колчеданной ассоциации: Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Te, Bi, As, Sb, Cd [Maslennikov, 2009]. Фрамбоидальный пирит месторождения золота «Сухой лог» (Восточная Сибирь) содержит больше Au, Co, Ni, Cu, As, Mo, Ag, Sb, Te, Tl, Pb, Bi, но меньше Mn и Zn [Large, 2007]. В сравнении с фрамбоидальным пиритом углей Алабамы фрамбоиды пирита донных отложений оз. Уфимское содержат меньше As, Co, Ni и значительно больше Pb, Cu, Zn [Diehl, 2003]. Таким образом, содержание элементов-примесей во фрамбоидальном пирите значительно варьирует в зависимости от особенностей вмещающих фрамбоиды толщ отложений.

*Исследования выполнены при финансовом содействии гранта поддержки аспирантов и молодых ученых УрО РАН; проекта УрО РАН № 12-М-45-20-51. Автор благодарит проф. Р. Ларжа за помощь в выполнении ЛА-ИСП-МС анализов в Международном Центре изучения рудных месторождений (CODES, Университет Тасмании).*

#### *Литература:*

*Нерадовский Ю.Н. Даувальтер В.А., Савченко Е.Э. Генезис фрамбоидального пирита в современных осадках озер (Кольский полуостров) // Записки ВМО.–2009.–№6.–С.50–56.*

*Diehl S.F., Smith K.S., Desborough G.A., White W.W., Lapakko K.A., Goldhaber M.B., Fey D.L. Trace-metal sources and their release from mine wastes: examples from humidity cell tests of hard-rock mine waste and from warrior basin coal // Conference Proceedings.–2003.–pp.232–253.*

*Large R.R., Maslennikov V.V., Robert F., Danyushevsky L.V., Chang Z. Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the Giant Sukhoi Log deposit, Lena gold province, Russia // Economic Geology.–2007.–V.102.–pp.1233–1267.*

*Maslennikov V.V., Maslennikova S.P., Large R.R., Danyushevsky L.V. Study of trace element zonation in Vent Chimneys from the Silurian Yaman-Kasy volcanic-hosted massive sulfide deposit (Southern Urals, Russia) using laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICPMS) // Economic Geology.–2009.–V.104.–pp.1111–1141.*

## **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР Г. БЛАГОВЕЩЕНСК ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Могилев А.А., Тростянок Р.В.**

*Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Mogilev-ilin@mail.ru*

Изучение причинно-следственных связей между геохимическим составом донных отложений озёр, их бассейнами водосбора и окружающей средой становится все более актуально в связи с усиливающейся техногенной нагрузкой, особенно на урбанизированных территориях.

Площадь урбанизированной территории Благовещенска занимает около 320 км<sup>2</sup>, с численностью населения более 215 тыс. чел. Благовещенск является



административным центром Амурской области, он расположен на слиянии двух крупных рек – Амура и Зеи. Территория города находится на юго-западной окраине Нижне-Зейской впадины, в зоне сочленения Благовещенского поднятия и Дмитриевского прогиба. Фундамент впадины сложен раннепалеозойскими и раннемеловыми интрузивными образованиями кислого состава. Осадочный чехол представлен песчано-глинистыми отложениями мелового и кайнозойского возраста [Кузьменко, 1983].

Основными промышленными предприятиями города являются заводы «Амурский металлист», судостроительный, мельзавод, предприятия железнодорожного транспорта и Благовещенская ТЭЦ – крупнейший источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города и сопредельных территорий. Объем её валовых выбросов в 2011 г. составил более 33 тыс. тонн, вследствие чего уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается как высокий [Государственный доклад..., 2012].

Целью работы являлось установление факторов накопления природных и техногенных ассоциаций элементов в стратифицированных разрезах донных отложений озер, изучение процессов воздушной миграции и концентрирования микроэлементов при осадкообразовании в озерах Благовещенска,

Объектами исследования послужили донные отложения озера Ротаньего, расположенного в зоне подфакельных выбросов ТЭЦ и Песчаного озера, расположенного вне зоны прямого влияния ТЭЦ.

Озеро Ротанье расположено в районе Верхне-Благовещенска, в центральной части второй надпойменной террасы р. Амур. Амплитуда колебаний уровня воды в озере не превышает 0,3 м. Средняя высота уровня воды – 129,7 м. Озеро мелководное. Средняя глубина составляет 0,86 м, максимальная – 1,9 м. Площадь озера – 256 тыс. м<sup>2</sup>, объем воды в озере – 220 тыс. м<sup>3</sup>. Дно большей части озера заилено, покрыто слоем сапропелевых грязей мощностью до 0,5 м. Питание озера происходит за счет атмосферных осадков и подземных вод. В 1,5 км к северу от озера в пади Горбуниха расположен золоотвал Благовещенской ТЭЦ.

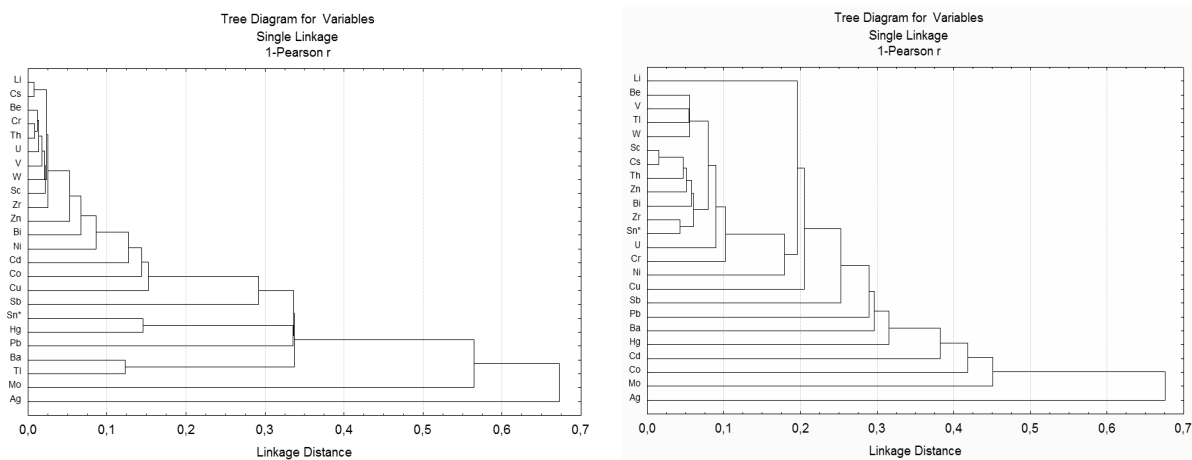
Озеро Песчаное расположено в озерно-болотной котловине грядово-оползневого рельефа одноименного урочища на правом берегу нижнего течения р. Зея, в 20 км к северо-востоку от центральной части города с наветренной стороны. Площадь зеркала озера составляет 850 м<sup>2</sup>, средняя глубина – 2,5 м, максимальная – 5,9 м. Питание озера грунтовое и дождевое. К западной части озера прилегает небольшой болотный массив с мощной до 7 м залежью сапропеля и торфа.

Отбор проб на всю мощность донных отложений озер произведен с помощью торфоразведочного бура ТБГ-1 с диаметром полуцилиндрической керноприемной камеры пробоотборника 2,4 см, с интервалом отбора проб 5 см (верхний метровый слой) и 10 см (нижние горизонты). Пробурено 4 скважины, из них – 1 на оз. Песчаном (7,5 погонных метров), 3 – на оз. Ротаньем (1,5 погонных метра). Элементный анализ проб на 70 элементов определяли атомно-эмиссионным (ИСП-АЭС) и масс-спектральным (ИСП-МС) методами в Институте проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка). Обработка аналитических данных включала составление баз данных, проведение факторного и кластерного анализов в программе «Statistika», расчет геохимических показателей (кларков концентраций и коэффициентов загрязнения).

Результаты интерпретации представлены в виде корреляционных дендрограмм (рис. 1). Они построены путем объединения в группы элементов, имеющих положительные корреляционные связи между собой.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что в донных отложениях озер Благовещенска выделяются две комплексные устойчивые геохимические ассоциации микроэлементов: U-Th-Zr-Bi-Cr-Cs-V-Sc-Be-Li и Ag-Mo-Cd-Sr-Hg-Ba-Pb-Sb-Cu-Zn. Первая группа, очевидно, отражает природный геохимический состав

водосборной площади. Комплексные аномалии второй группы имеют техногенный генезис и вероятно связаны с аккумуляцией токсичных элементов из твердофазных атмосферных выбросов ТЭЦ.



**Рис. 1. Корреляционные дендрограммы (слева оз. Песчаное, справа оз. Ротанье).**

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-31523.*

**Литература:**

*Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2011 год».- Благовещенск: МПР Амурской области, 2012.- 200 с.*  
*Кузьменко С.П. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Амурско-Зейская. Лист М-52-ХIV (Благовещенск).- М.: ВСЕГЕИ, 1983.*  
*Страховенко В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири: автореф. дис. доктора геол.-минер. наук. – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2011. – 33 с.*

**ФТОР В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ТОМСКОГО РЕГИОНА**

**Поликанова С.А., Самохина Н.П.**

*Томский политехнический университет, г. Томск, polikanovasatoxina@mail.ru*

Одной из актуальных проблем является выявление загрязнения компонентов окружающей среды соединениями фтора. Целью данной работы является оценка загрязнения атмосферного воздуха фтором в промышленных районах Томского региона. Снеговой покров в данном случае использовался как индикатор антропогенного загрязнения воздушной среды. В период с 2009 по 2013 гг. в г. Томск отбор проб снега осуществлялся в зоне воздействия железобетонных и кирпичных заводов, государственной районной теплоэлектростанции и нефтехимического комбината сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии (ГЭГХ) ТПУ. В 2011 и 2013 г. отбор проводился в населенных пунктах, расположенных в зоне воздействия предприятия ядерно-топливного цикла, по данным ранее проведенных исследований. Для сопоставления г. Томска с другими регионами юга Западной Сибири отбор проб осуществляли в северной промзоне г. Юрга (машиностроительный завод, ТЭЦ,

ферросплавный завод, абразивный завод) и в зоне воздействия алюминиевого завода г. Красноярск.

Содержание фтора в пробах авторы определяли в учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» (при консультации к.х.н. доцента кафедры ГЭГХ Осиповой Н.А.). Применяли потенциометрический метод с использованием прибора Анион 4100 с фтор селективными электродами. Анализ проводили согласно ГОСТ 23268.18-78. Предел обнаружения – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. Всего было изучено 99 проб талой снеговой воды.

Анализ данных показал, что в 2013 г. содержание фтора в пробах из зон воздействия промышленных предприятий г. Томска уменьшилось в 2-3 раза по сравнению с таковыми для 2012 г.

Отбор проб осуществляется около двух кирпичных заводов, расположенных рядом друг с другом. На заводах применяются одинаковые технологии производства, и используется одинаковое сырье, в результате чего и выбросы предприятий в большей степени идентичны друг другу. По данным двухлетних наблюдений можно отметить, что повышенные содержания фтора наблюдаются в пробах, отобранных непосредственно у границы промплощадок кирпичных заводов. По мере удаления от заводов концентрации фтора в пробах снижаются. Согласно проекту нормативов предельно допустимых выбросов для одного из кирпичных заводов, хорошо растворимые фториды и гексафториды натрия поступают в атмосферу при сушке глины, обжиге кирпича, сушке кирпича, а так же при сварочных работах – фтористые газообразные соединения.

По данным, полученным в 2012 г., в зоне воздействия теплоэлектростанции максимальное значение содержания фтора отмечено в пробе, отобранной в 1500 м от промплощадки станции. Концентрации фтора в пробах, отобранных в 2013 г., по мере удаления от промплощадки станции, находятся преимущественно на одном уровне (<0,05 мг/дм<sup>3</sup>).

По мере удаления от промплощадок железобетонных заводов закономерного изменения концентраций фтора в пробах не наблюдается. Повышенная концентрация фтора (0,13 мг/дм<sup>3</sup>) зарегистрирована в пробе, отобранной в ближней зоне воздействия предприятий (до 200 м).

Содержание фтора в пробах из населенных пунктов, расположенных в зоне воздействия предприятия ядерно-топливного цикла, в среднем за 2011 и 2013 гг. находится на уровне ниже предела обнаружения. Однако в пробах из п. Самусь в 2011 г. зарегистрированы повышенные значения (0,06-0,12 мг/дм<sup>3</sup>) относительно таковых для других населённых пунктов, более удаленных от предприятия. Это может свидетельствовать о дальнем переносе летучих соединений фтора с одного из объектов предприятия в процессе производства гексафторидов урана [Рихванов, 1997].

В пробах, отобранных в зоне воздействия северной промзоны г. Юрга, содержание фтора в талой снеговой воде изменяется от 0,08 до 1,2 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение было зафиксировано в пробе, отобранной около машиностроительного завода (1,2 мг/дм<sup>3</sup>).

Высокое содержание фтора в пробах талой снеговой воды из зоны воздействия Красноярского алюминиевого завода связано со спецификой данного предприятия. Предприятия, производящие алюминий, являются одними из основных источников поступления фтора в окружающую среду [Грушко, 1979; Крупкин, Косицына, 2006].

В целом по результатам исследования проб талой снеговой воды было определено, что содержание фтора в пробах из зоны влияния алюминиевого завода г. Красноярска превышает концентрации элемента в пробах, отобранных в г. Томске в 14 раз, в г. Юрга в 47 раз.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить уровни содержания растворимых форм фтора в снеговом покрове непосредственно в зонах воздействия промышленных объектов гг. Томск, Юрга и Красноярск.

**Таблица. Содержание фтора в пробах талой снеговой воды в зонах воздействия промышленных предприятий, мг/дм<sup>3</sup>**

Район исследования		Год	Кол-во проб	Содержание фтора (min-max)	Среднее значение
Томский район	Зона воздействия предприятия ядерно-топливного цикла	2011	31	<0,05 - 0,12	<0,05
		2013	26	<0,05	<0,05
г. Томск	Зона воздействия железобетонных заводов	2012	5	<0,05 - 0,13	<0,05
		2013	5	<0,05	<0,05
	Зона воздействия кирпичных заводов	2012	5	0,47-3,54	1,24
		2013	5	0,21-1,02	0,51
	Зона воздействия теплоэлектростанции	2012	5	0,05 - 0,2	0,11
		2013	5	<0,05	<0,05
г. Юрга	Зона воздействия машиностроительного завода	2012	5	0,16 - 1,18	0,4
	Зона воздействия абразивного и ферросплавного заводов		4	0,08 - 0,21	0,15
г. Красноярск	Зона воздействия алюминиевого завода	2013	3	13,1 – 15,4	14,1

*Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (МК 951.2013.5).*

#### *Литература*

*Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. – Л.: Химия, 1979. 192 с.*

*Крупкин П.И., Косицына А.А. К вопросу о загрязнении фтором почв пригородной зоны г. Красноярска. – Красноярск: [КрасГАУ], 2006. – № 10. – С. 162-169.*

*Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. - Томск, изд-во ТПУ, 1997 г. – 383 с.*

## **КАРБОНАТНОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ КАК ФАКТОР ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА БЕЛОРЕЧЕНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (РЕСПУБЛИКА АДЫГЕЯ)**

**Попова Н.М.**

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, nadyushka222@list.ru*

Важной экологической проблемой является сброс рудничных и шахтных вод в окружающую среду. Для ее устранения используются различные технологии очистки вод, направленные на снижение интенсивности миграции загрязнителей, и связывание тяжелых металлов на геохимических барьерах, что уже само по себе является процессом минералообразования. При очистке вод широко применяются карбонаты и природные сорбенты (глины, вермикулиты и т.д.) [Максимович, Хайрулина, 2008]. Прекрасной «природной лабораторией», где процессы осаждения тяжелых металлов связаны с современным карбонатообразованием, служат подземные горные выработки.

Целью данной работы стало изучение закономерностей минералообразования, сопутствующего осаждению тяжелых металлов (Cu, Fe, Zn, Pb, Ag, Sr) на природном щелочном геохимическом барьере. Объектом исследований послужили ассоциации гипергенных минералов в горных выработках Белореченского месторождения, расположенного на территории республики Адыгея на Северном Кавказе. Минерализованные гидротремальные жилы Белореченского баритового месторождения и, расположенного на более низком уровне, Даховского уранового месторождения являются источником широкого спектра тяжелых металлов. Доломитовые жилы Даховского месторождения с уран-сульфидной и уран-арсенидной минерализацией выступают источником Ni, Ag, Co, Bi, U, баритовые и барит-кальцитовые жилы Белореченского месторождения – Ba, Cu, Fe, Zn, Pb [Минералогия..., 2010].

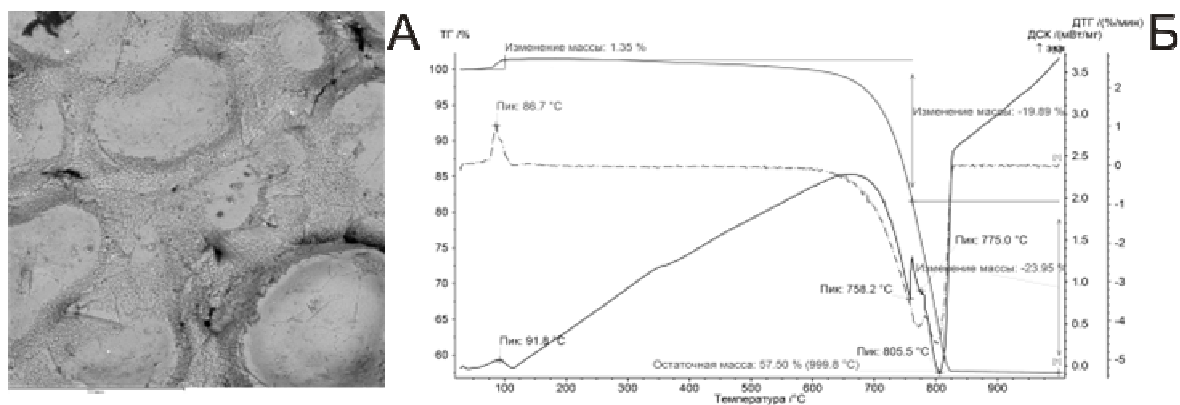
Исследования минералов проводилось с применением растрового электронного микроскопа «Tescan»VEGA II LMU с системами энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 450/XT и волнодисперсионного микроанализа INCA WAVE 700. Карбонатные образования изучались методами синхронного термического анализа на приборе STA 449 C Jupiter (фирмы «Netzsch») в воздушной и инертной среде и рентгеноструктурного анализа (на дифрактометре «ДРОН-7»).

Современные карбонатные агрегаты, образованные на сводах и стенах штольни представляют собой сталактитоподобные почковидные образования. В отвалах штольни карбонатный материал цементирует обломки кристаллических пород, а поверхность агрегата местами покрыта кальцитовыми трубочками. Основная масса карбоната микрокристаллическая с участками еще более микрокристаллического карбоната, выполняющего капиллярные сосуды (рис. 1-А). Агрегаты зональны, с разной степенью насыщенности минеральными включениями. Также для натечных карбонатных агрегатов характерна разная степень плотности сложения: внутренние зоны массивные, полностью кристаллизованные, поверхностные нарастают коркой на предыдущие и имеют скорлуповатое строение.

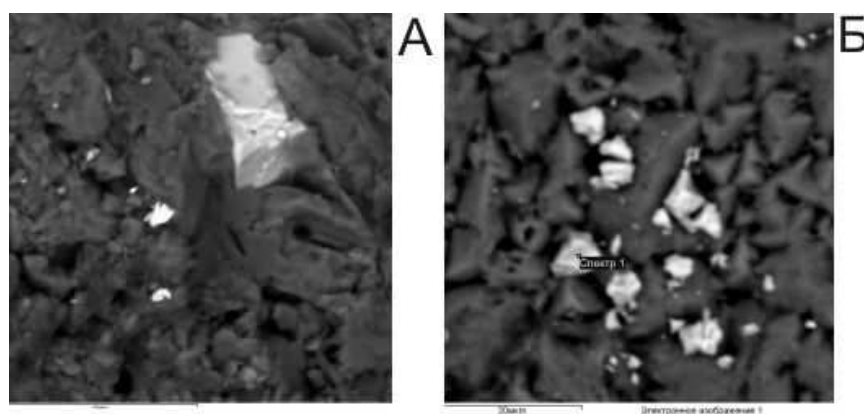
Карбонатные агрегаты сложены кальцитом без присутствия арагонита, что подтверждается дифракционными данными. Смещение эндотермических эффектов в низкотемпературную область (рис. 1-Б) обусловлено степенью кристалличности вещества [Иванова, 1974].

Методом микроанализа детально изучен элементный состав карбонатного агрегата, в котором для всех зон характерно присутствие изоморфных примесей Mg, Sr и Zn на уровне менее 1%. Для поверхностных зон натечных образований типично наличие обильных микрофаз минералов тяжелых металлов: кальцийсодержащий барит и соединения серебра (рис. 2-А), англезит, церрусит, карбонаты и сульфаты свинца и цинка (рис. 2-Б), единичные зерна высокожелезистого сфалерита. Вместе с тем, во внутренних зонах фазовые включения редки (преимущественно представлены кальцийсодержащим баритом). Выявленная особенность позволяет предполагать, что осажденные на поверхности водные соединения металлов неустойчивы; продукты их разложения, часто способные «встраиваться» в структуру карбонатов (Zn, Sr), частично выносятся за пределы зон карбонатообразования, что контролируется кристаллохимическими особенностями. В частности этим объясняется различие в поведении Zn и Pb, первый из которых образует тригональные кристаллы, а второй – ромбические.

Полученные результаты указывают на сложный процесс миграции тяжелых металлов в природной системе месторождения. На щелочном карбонатном барьере происходит осаждение широко спектра металлов, но устойчиво связываются здесь лишь Zn и Sr. Неустойчивые водные сульфаты, в последствие, при изменении параметров среды могут разлагаться, при этом продукты их разложения способны мигрировать далее.



**Рис. 1.** Микростроение и состав карбонатных агрегатов: А - строение кальцитового агрегата; Б – термограмма карбоната (инертная среда).



**Рис. 2.** Микроминералы на поверхности кальцитового агрегата: А – барит и соединения серебра; Б – сульфаты цинка.

#### *Литература:*

- Иванова В.П. Термический анализ минералов и горных пород, 1974 – С. 399.  
 Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Техногенные геохимические барьеры как основа природоохранных технологий // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды Всеросс. симпоз. с междунар. Участием и VIII Всеросс. Чтения памяти А. Е. Ферсмана, 24-27 ноября 2008 г. Чита, Россия. – Чита, 2008 – С. 16-20.  
 Минералогия Белореченского месторождения (Северный Кавказ, Россия). Минералогический альманах, том 15, выпуск 2. М.:ООО «БРИТАН» – 2010 – С. 96.

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСВИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА Г. ТОМСКА**

**Самохина Н.П., Филимоненко Е.А., Таловская А.В.**

*Томский политехнический университет, г. Томск, nps1@tpu.ru*

В северной части г. Томска функционирует одно из крупнейших в России предприятий нефтехимической отрасли, занимающееся переработкой легких углеводородов и производством моно- и полимеров (полипропилена, полиэтилена и композиций на их основе). Промплощадка нефтехимического завода располагается на территории Северного промышленного узла г. Томска, образуемого несколькими десятками крупных промышленных предприятий, в том числе предприятием ядерно-

топливного цикла, агропромышленными комплексами, полигонами промышленных и бытовых отходов.

В работе обсуждаются результаты исследования загрязнения снегового покрова в зоне воздействия нефтехимического завода г. Томска. Ежегодно с 2009 по 2013 гг. в конце зимних сезонов проводился отбор 5 проб снега в северо-восточном направлении от границы промплощадки завода с шагом 300 м (в направлении основного ветрового переноса загрязнения с учетом главенствующего направления ветра – юго-западное). Общее количество проб составило 25. Все работы по отбору, подготовке и анализу снеговых проб проводились в соответствии с методическими рекомендациями [Методические рекомендации..., 1982] и руководству по контролю загрязнения атмосферы [Руководство по контролю..., 1991]. Объектом исследования для проб, отобранных с 2009 по 2012 гг., являлся твердый осадок снега, а для проб, отобранных в 2013 г., – твердый осадок снега и снеготалая вода.

Для аналитических исследований проб снега был применен комплекс современных и высокочувствительных методов анализа: инструментальный нейтронно-активационный анализ на 28 элементов (аккредитованная ядерно-геохимическая лаборатория МИНОЦ «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ; аналитики А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская), масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой на 58 элементов (ХАЦ «Плазма», г. Томск), метод беспламенной атомной абсорбции для определения содержания в пробах ртути (лаборатория микроэлементного состава природных сред МИНОЦ «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ).

Для сравнения содержаний химических элементов в исследуемых пробах использовались данные о содержаниях элементов в пробах, отобранных на площадках локального (пос. Киреевск, 70 км от г. Томска) и регионального (Ср. Васюган, 480 км от г. Томска [Язиков, 2006]) геохимических фонов.

Анализ данных о содержании микроэлементов в составе твердых частиц аэрозолей из зоны воздействия нефтехимического завода на протяжении с 2009 по 2012 гг. показал, что повышенные концентрации основных элементов-индикаторов относительно регионального фона сохраняются, к таким элементам относятся Br, Th, U, Sb, Ta, Ba, As.

По результатам детальных исследований снеговых проб, отобранных в 2013 г., было установлено, что концентрации всего спектра рассматриваемых элементов в твердой фазе снегового покрова превышают локальный фон от 2 до 23 раз. Концентрации Mn, Ba, Zr, Hg, Ni в жидкой фазе снегового покрова превышают локальный фона от 2 до 5 раз; Sb, Tb, Yb, Lu, Ta – на уровне фона, Y, La, Nd, Ce, Br, Be – ниже фоновых концентраций.

Анализ данных показал, что все изученные элементы концентрируются преимущественно в твердой фазе снегового покрова. По коэффициентам распределения содержаний элементов между твердым осадком и снеготалой водой элементы можно разделить на несколько групп: наиболее подвижные элементы, способные переходить в раствор талой снеговой воды (коэффициент подвижности от -0,2 до 1,5) – Br, Sb, As, Cd, Hg, Mn; элементы средней подвижности (коэффициент подвижности от 1,7 до 2,4) – Ba, Ni, Lu, U, Tb, Be, Li; наименее подвижные элементы, (коэффициент подвижности от 2,7 до 3,3) – Ta, Zr, Th, Ce, Nd, La, Sm, Y, Yb.

По мере удаления от промплощадки предприятия однонаправленных закономерностей в распределении элементов в пробах твердого осадка снега не выявлено. Однако, преимущественно в ближней зоне (300-900 м) в обеих фазах снегового покрова наблюдаются повышенные содержания Cd, Mn, Sb. В дальней зоне (1200-1500 м) в твердой фазе снегового покрова Li, Zr, Ce, Ta, а в жидкой фазе Y, La, Ce присутствуют в относительно повышенных концентрациях.

**Таблица. Содержание химических элементов в твердой и жидкой фазах снегового покрова в зоне воздействия нефтехимического завода г. Томска**

Фаза снегового покрова	Территория	Mn	As	Br	Cd	Sb	Ba	La	Hg	Th	U
Твердая (мг/кг)	Фон	231 <sup>2</sup>	0,5 <sup>3</sup>	2,9 <sup>3</sup>	0,30 <sup>2</sup>	2,3 <sup>3</sup>	100 <sup>3</sup>	2,8 <sup>3</sup>	0,08 <sup>3</sup>	2,9 <sup>3</sup>	0,2 <sup>3</sup>
	Ближняя (300-900 м)	815	12,6	19	1,21	3,27	980	40,9	0,32	12,08	4,66
	Дальняя (1200-1500 м)	731	7,9	6,2	0,95	2,38	1118	53,3	0,35	16,41	4,92
Жидкая (мг/дм <sup>3</sup> * 10 <sup>4</sup> )	Фон	19,5 <sup>2</sup>	3,8 <sup>2</sup>	187 <sup>2</sup>	0,30 <sup>2</sup>	7,89 <sup>2</sup>	23,6 <sup>2</sup>	0,34 <sup>2</sup>	0,03 <sup>2</sup>	0,03 <sup>2</sup>	0,10 <sup>2</sup>
	Ближняя (300-900 м)	117	5,0	56,9	0,46	9,46	93,9	0,18	0,06	0,04	0,16
	Дальняя (1200-1500 м)	77,9	4,7	65,2	0,34	6,05	81,5	0,28	0,05	0,04	0,19
Коэффициент подвижности (Lg(C <sub>ТОС</sub> /C <sub>р-р</sub> )) <sup>1</sup>		1,5	0,9	-0,2	1,1	0,2	1,7	2,9	1,5	3,2	2,1

Примечание: <sup>1</sup>ТОС – твердый осадок снега, р-р – раствор талой снеговой воды; <sup>2</sup> – значения регионального фона; <sup>3</sup> – значения локального фона.

В результате проведенных исследований были определены особенности поведения некоторых элементов в жидкой и твердой фазах снегового покрова в зоне воздействия нефтехимического предприятия г. Томска.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ВР Exploration Operating Company Limited и Гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (МК 951.2013.5).

#### Литература:

Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.

Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Томск, 2006. – 423 с.

## СПОСОБЫ ПРОГНОЗА ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФАТОВ МАГНИЯ В КАРЬЕРЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Сергутская О.С.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита,  
sergutsкая@mail.ru

Современное минералообразование Шерловогорской рудно-магматической системы представлено ассоциациями сульфатов магния, цинка, меди, железа с различным числом молекул кристаллогидратной воды. Среди сульфатов магния отмечены: кизерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$ , старкеит  $MgSO_4 \cdot 4H_2O$ , пентагидрит  $MgSO_4 \cdot 5H_2O$ , гексагидрит  $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ , эпсомит  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  [Юргенсон, 2008].

Новообразованные минералы эфемерны, образование их зависит от метеоусловий в районе месторождения. В период отсутствия осадков, на испарительном геохимическом барьере выделяются сульфаты в виде выцветов, натёчностей, корочек. Температура и влажность воздуха являются одними из основных



факторов образования сульфатов, периодичности их появления и времени существования.

Grevel и Majzlan [Grevel, 2009] рассматривают устойчивость гидратированных сульфатов магния восточной части США как функцию температуры и относительной влажности. При этом старкеит и пентагидрит они считают метастабильными. Среднесуточные значения температуры и относительной влажности в районе Шерловогорского месторождения близки с теми же в восточной части США, в штольне Ричмонд (Калифорния), где средняя температура обычно составляет от 10° до 40°С и относительной влажности в пределах от 30 до 100%. В этих условиях среди сульфатов преобладают кизерит, старкеит, гексагидрит, эпсомит.

Наложение результатов рентгеноструктурного анализа образцов проб с карьера месторождения на диаграмму Grevel и Majzlan со значениями температуры и относительной влажности воздуха района Шерловогорского месторождения, дает следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1. Состав образцов минеральных образований

№ пробы	Состав по РФА	Состав проб по диаграмме [Grevel, 2009]
ШГ-05/155А	Старкеит, кизерит	Кизерит, гексагидрит, следы старкеита
ШГ-07/159	Гексагидрит, слабые следы старкеита	Гексагидрит, старкеит, эпсомит
ШГ-10/184-СМО-2	Старкеит, гексагидрит	Старкеит, эпсомит, возможно гексагидрит

Близость результатов говорит о схожести процессов образования и устойчивости сульфатов Шерловогорского месторождения. Соответственно, появляется возможность отслеживания интересующих сульфатов в условиях изменения температуры и влажности воздуха, с последующим отбором, идентификацией и изучением свойств.

Однако возможность нахождения новообразованных сульфатов в зоне окисления в карьере Шерловогорского месторождения вызывает ряд трудностей, представленных частым изменением погодных условий и неустойчивым состоянием некоторых минералов, переход от одного гидратированного сульфата магния к другому сульфату происходит достаточно быстро. Для решения этой проблемы может быть использовано современное термодинамическое моделирование. В качестве программы для моделирования использовался программный комплекс «Селектор» [Чудненко, 2010], расчеты проводились при различных температурах и массовой доле сульфата магния, полученные результаты сравнивались с фазовой диаграммой  $MgSO_4-H_2O$  (рис. 1).

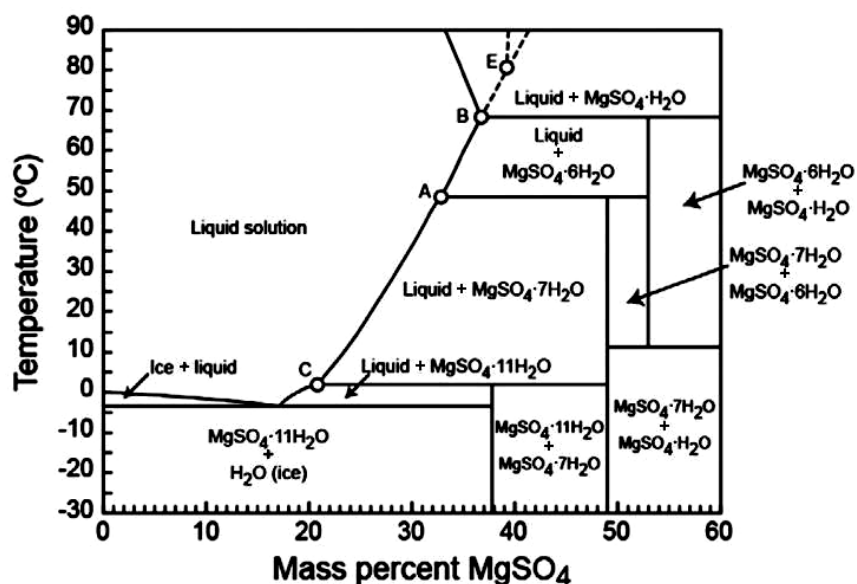


Рис. 1. Диаграмма фазового равновесия [Chou, 2012].

Результаты расчета представлены в табл. 2. Больше сходство наблюдается при температурах 25-55°C.

**Таблица 2. Сравнение результатов расчета с данными фазовой диаграммы**

Массовая доля MgSO <sub>4</sub> , %	Температура, °C	Диаграмма	Селектор
25	10	Эпсомит	Меридианит, эпсомит
35	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
40	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
45	10	Эпсомит	Меридианит
	25	Эпсомит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
50	10	Эпсомит+кизерит	Меридианит
	25	Эпсомит+гексагидрит	Эпсомит
	55	Гексагидрит	Гексагидрит
55	10	Эпсомит+кизерит	Меридианит
	25	Гексагидрит+кизерит	Эпсомит
	55	Гексагидрит+кизерит	Гексагидрит

Чистый кизерит, без примесей появляется при достаточно высоких температурах, порядка 80°C и выше, в реальных же условиях в летний период он образуется при температурах до 40°C в ассоциации с гексагидритом, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа. Основные минералы, устойчивые в диапазоне температур 10-40°C, это кизерит, гексагидрит и эпсомит. Меридианит не был обнаружен в карьере Шерловгорского месторождения, это возможно связано с температурными условиями его образования и устойчивости (ниже +5°C), так как отбор образцов проводился в летний период. Старкеит и пентагидрит метастабильные и являются промежуточными минералами между гексагидритом и кизеритом, в природных условиях образуются в смеси с этими минералами.

Таким образом, для исследования процессов образования сульфатов предложенная диаграмма в связи с комплексом «Селектор» позволяет получать результаты, хорошо согласующиеся между собой. Появляется возможность прогноза условий образования и устойчивости, температурные переходы между минералами и приблизительное время отбора интересующих сульфатов.

#### *Литература:*

Чудненко К.В. *Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения.* – Новосибирск: Академическое издательство «Гео». – 2010. – 287 с.

Юргенсон Г.А., Сергутская О.С. Сульфаты магния и цинка в продуктах современного минералообразования из временных водотоков на техногенном делювии в прибрежной зоне водоема Шерловгорского карьера // *Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: труды II Всероссийского симпозиума с международным участием и VIII Всероссийских чтений памяти А. Е. Ферсмана 24-27 ноября 2008г.* Чита, 2008. – С. 133-138.

Chou, I-M., et al. *The stability of sulfate and hydrated sulfate minerals near ambient conditions and their significance in environmental and planetary sciences // Journal of Asian Earth Sciences (2012),* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.11.027>

Grevel, K.-D., Majzlan, J., 2009. *Internally consistent thermodynamic data for magnesium sulfate hydrates // Geochimica et Cosmochimica Acta 73.* – P. 6805-6815.

## ПРОЯВЛЕННОСТЬ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ГЕОХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД

**Соктоев Б.Р.<sup>\*</sup>, Усенова Ш.Ж.<sup>\*</sup>, Монголина Т.А.<sup>\*\*</sup>, Робертус Ю.В.<sup>\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>Томский политехнический университет, г. Томск, bulatsoktoev@gmail.com

<sup>\*\*</sup>ООО «Омолонская золоторудная компания», г. Магадан

<sup>\*\*\*</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

Вопросы эколого-геохимической оценки состояния территорий, начиная от девственных, не затронутых антропогенной деятельностью, до районов, подвергающихся интенсивной техногенной нагрузке, в настоящее время привлекают все больше и больше внимания. При оценке состояния, как правило, используются различные компоненты природной среды: почвенный покров, природные воды, снежный покров, донные отложения, растительность.

В настоящее время в качестве перспективной депонирующей среды для оценки эколого-геохимической ситуации окружающей среды могут выступать солевые отложения (накипь) питьевых вод, под которыми понимаются карбонатные образования, формирующиеся в теплообменной аппаратуре в результате многократного кипячения и остывания воды. Многолетний опыт изучения накипи позволяет говорить об ее информативности при оценке не только экогеохимической ситуации, но и качества вод, а также для металлогенического прогнозирования [Язиков и др., 2004, Язиков, 2006, Эколого-геохимические..., 2006, Монголина, 2011, Соктоев и др., 2012].

Сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета в сотрудничестве с учеными Бурятского государственного университета (г. Улан-Удэ), Павлодарского государственного педагогического института (г. Павлодар, Казахстан), Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул) собрана достаточная база данных по элементному и минеральному составу накипи питьевых вод, которая подтверждает вышесказанное утверждение о ее информативности.

Элементный состав солевых отложений наследует химический состав питьевой воды, отражая смену геохимических обстановок, обусловленную факторами природно-техногенного характера.

*В качестве природных факторов* формирования элементного состава накипи могут выступать геохимические ореолы месторождений, рудопроявлений, геохимически специализированных комплексов горных пород.

Например, в работе [Монголина, 2011] на примере Томской области показано, что пространственные ореолы накопления U в солевых отложениях питьевых вод могут свидетельствовать о перспективах выявления уранового оруденения, вероятно, инфильтрационного типа, а наличие Ag и Au позволяет утверждать о возможности выявления благороднометалльного оруденения, вероятно типа кор выветривания.

Наши исследования [Соктоев и др., 2012] на территории Байкальского региона позволяют выделять районы, также перспективные на урановую минерализацию – Боргойская впадина, пригород г. Улан-Удэ, в пределах которых по литературным данным [Региональная геохимия..., 2008] известны рудопроявления в ассоциации с ураном. Также на территории Байкальского региона нами проводились исследования в районах проявления процессов современного рифтогенеза: Усть-Баргузинской впадине и Тункинской котловине – которые показали, что эти районы выделяются специфичными элементами и их ассоциациями: редкие, редкоземельные, радиоактивные элементы – для Усть-Баргузинской впадины; Ag и Au – для Тункинской котловины.

На территории Павлодарской области и Республики Алтай нами выявлена корреляция элементного состава солевых отложений и водовмещающих пород.

Например, для накипи вод Республики Алтай среди базальтовых и андезитобазальтовых порфиринов характерен высокий уровень присутствия натрия, цинка и брома, а среди карбонатных фаций – железа, хрома и кобальта. Наиболее высокими концентрациями 15 из 28 изученных химических элементов характеризуется накипь артезианских вод среди неогеновых песчано-глинистых отложений Чуйской впадины. Обращает на себя внимание высокое содержание в накипи из вод впадины Au, Th, U, As, Ba, Sr, что предположительно указывает на их сорбированное нахождение среди углеродистых пород этих отложений.

*Отражение техногенной нагрузки* в элементном составе солевых отложений наблюдается при наличии промышленных предприятий, урбанизированных территорий, разрабатываемых и отработанных месторождений.

В пределах крупных городов (Томск, Павлодар) и вокруг них, как правило, формируются геохимические поля, которые фиксируются во всех депонирующих средах, в том числе и в накипи. Так, территория Томск-Северской промышленной агломерации, в пределах которой располагаются более 30 предприятий, в том числе Сибирский химический комбинат, Томский нефтехимический комбинат, выделяется концентрациями Br, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf по сравнению со значениями в целом для Томской области.

Проводились целенаправленные исследования по выявлению возможного влияния подземного ядерного взрыва «Рифт-3» (дата проведения: 31.07.1982 г.; место проведения: Иркутская область, Осинский район) на окружающую среду, в том числе, на гидросферу. Они показали, что накипь из населенных пунктов по р. Обуса, в верховьях которой и был произведен взрыв, характеризуется повышенными значениями концентрации Sm, Eu, Th и показателя торий-уранового отношения.

Зона влияния горно-обогатительных комбинатов нами исследована на примере хвостохранилищ бывшего Джидинского вольфрамо-молибденового комбината, которые не были рекультивированы и, согласно эколого-геохимическим исследованиям, представляют опасность для населения г. Закаменска. Наши данные по изучению солевых отложений подтверждают эти данные: качество питьевых вод низкое и по ряду компонентов (Ba, Zn, Rb, Au, U) превышает кларковые и фоновые значения и отражает влияние хвостохранилищ на поверхностную гидросферу. К сожалению, применяемый нами метод определения элементов – инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) – не позволяет определить приоритетные в данном случае тяжелые металлы (Pb, Cd, Hg, F, Ni, Mo, Cu, W).

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования солевых отложений, формирующихся в бытовой теплообменной аппаратуре, для решения таких вопросов, как оценка качества вод, используемых для питьевого водоснабжения; эколого-геохимическая оценка состояния территории в комплексе с данными по другим природным средам; металлогеническое прогнозирование.

#### *Литература:*

Монголина Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 21 с.

Региональная геохимия окружающей среды Байкальского региона / В.И. Гребенщикова, Э.Е. Лустенберг, Н.А. Китаев, И.С. Ломоносов. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 232 с.

Соктоев Б.Р., Рихванов Л.П., Тайсаев Т.Т. Геохимические особенности солевых отложений питьевых вод Байкальского региона // Современные проблемы геохимии: Матер. Всеросс. совещ. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2012. – Т. 1. – 241-244.

Эколого-геохимические природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов [и др.]. – Томск: Курсив, 2006. – 216 с.

Язиков Е.Г., Рихванов Л. П., Барановская Н. В. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге // Известия вузов. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 67–69.

Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Томск, 2006. – 47 с.

Современные представления об эволюционном развитии системы вода–порода включают в себя характеристику равновесно-неравновесного состояния этой системы, что в свою очередь может быть положено в основу генетической классификации природных вод, примером которой является классификация подземных вод зоны гипергенеза С.Л. Шварцева [Шварцев и др., 2005]. Таким образом, термодинамические расчеты равновесий в системе вода–порода являются важным этапом характеристики указанной системы.

Природные воды района самого крупного в Китае пресного озера Поянху стали объектом исследований благодаря существующим в регионе экологическим проблемам. Озеро Поянху является важной частью хозяйственной жизни провинции Цзянси, где оно расположено, в регионе развито сельское хозяйство и промышленное производство, в непосредственной близости от водоема располагается административный и промышленный центр провинции – город Наньчан, население которого составляет более 5 млн. человек. В связи с этим район исследований испытывает на себе значительное антропогенное воздействие, которое отражается на ухудшении качества воды, изменении видового разнообразия, деградации почв. Изменение химического состава при этом касается как поверхностных, так и подземных вод, а так же отражается на профиле выветривания, который формируют воды в процессе своего взаимодействия с почвами и породами.

Отбор проб воды в районе озера Поянху производился в январе 2013 г. В ходе опробования было отобрано 11 образцов, девять из подземных источников, два – из поверхностных (р. Гань, р. Ксию). Результаты исследований общего химического состава показали, что природные воды района исследований преимущественно ультрапресные и умеренно пресные, за исключением пробы ПЛ-4, где минерализация достигает 763.9 мг/л, что соответствует собственно пресным водам по классификации С.Л. Шварцева [Шварцев, 1996]. Среднее значение рН для вод района исследований составляет 6.17 и соответствует слабокислой среде согласно классификации по значению показателя рН, при этом следует отметить, что значения рН варьируется в довольно широких пределах – от 4.83 до 7.18, таким образом среда изменяется от кислой до нейтральной. В составе катионов преобладает кальций, а среди анионов – гидрокарбонат. В некоторых точках опробования отмечаются повышенные концентрации иона хлора и нитрат-иона.

Термодинамические расчеты равновесий в системе вода–порода производились в программной среде MS Excel. В качестве характеристики степени насыщенности природных вод относительно минералов горных пород использовался индекс неравновесности [Шварцев и др., 2005]:

$$A = \lg K/Q, \quad (1)$$

где  $K$  – константа химической реакции;  $Q$  – квотант реакции. Положительные значения индекса неравновесности  $A$  характеризуют ненасыщенное состояние вод. По мере приближения состояния равновесия с тем или иным минералом индекс неравновесности уменьшается, стремясь к нулю, и становится отрицательным, если воды насыщены к минералу.

Произведенные аналитические расчеты показали, что природные воды района озера Поянху равновесны главным образом с каолинитом, реже с монтмориллонитами (кальциевым, магниевым и натриевым) и неравновесны с первичными

алюмосиликатами (рис. 1). Равновесие с кальцитом было рассмотрено с трех позиций: 1. насыщение вод кальцитом за счет гидролиза алюмосиликатов; 2. насыщение вод кальцитом за счет конгруэнтного растворения карбонатных минералов без участия  $\text{CO}_2$ ; 3. насыщение вод кальцитом при конгруэнтном растворении карбонатных минералов в присутствии  $\text{CO}_2$ . Ни в одном из указанных случаев воды района исследований не достигают равновесия с карбонатом кальция. Исключение составляет лишь точка опробования ПЛ-4, где высокое значение минерализации сочетается с высокой относительно других проб концентрацией иона кальция (75.44 мг/л), в этой точке достигается равновесие с кальцитом при  $P_{\text{CO}_2} < 10^{-1.8}$  атм. Расчет кватанта реакции при этом производился по формуле:

$$\lg Q = \lg[\text{Ca}^{2+}] + 2 \cdot \lg[\text{HCO}_3^-] - \lg P_{\text{CO}_2}, \quad (2)$$

где  $Q$  – кватант реакции,  $[\text{Ca}^{2+}]$  – активность иона кальция, моль/л,  $[\text{HCO}_3^-]$  – активность гидрокарбонат-иона, моль/л,  $P_{\text{CO}_2}$  – парциальное давление  $\text{CO}_2$ , атм.

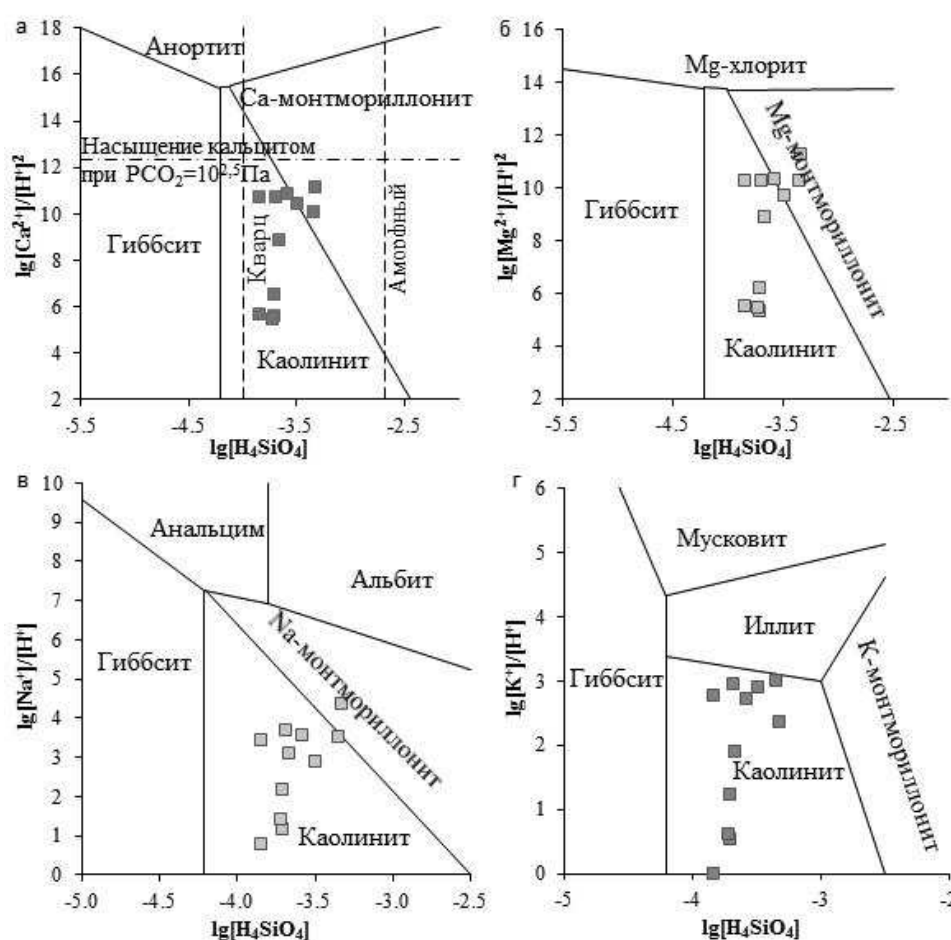


Рис. 1. Диаграммы полей устойчивости алюмосиликатных минералов при 25 °С с нанесением данных по химическому составу природных вод района оз. Поянху: а – система  $\text{H}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{CO}_2-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ ; б – система  $\text{H}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ ; в – система  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ ; г – система  $\text{H}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Таким образом, исследуемые воды можно отнести к алюминиево-кремнистому геохимическому типу вод, равновесных с каолинитом, и кремнистому кальциево-магниевому-натриевому геохимическому типу вод, равновесных с минералами группы монтмориллонитов.

□□□□□□□□:

*Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода: в 5 томах. Т. 1. Система вода–порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. / Под ред. С.Л. Шварцева, В.А. Алексеева, Б.Н. Рыженко и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 244 с.*  
*Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1996. – 423 с.*

## **МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В РАСТЕНИЯХ ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛЬНИ ГМЕЛИНА (*ARTEMISIA GMELINII* WEBER EX STECHM)**

**Солодухина М.А.**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, tabn@ya.ru*

Забайкальский край представляет собой крупнейший регион по запасам минерального сырья. Месторождения полезных ископаемых – это природные геохимические аномалии, на территории которых все компоненты ландшафтов обогащены различными химическими элементами.

Известно, что формирование ландшафтов в рудных районах неизбежно сопровождается миграцией и накоплением токсичных химических элементов в компонентах окружающей среды, а добыча полезных ископаемых и перемещение больших объемов горных пород ускоряет эти процессы. Техногенные массивы, образованные в результате деятельности горнорудных предприятий, как правило, используются местным населением для бытовых нужд, в частности для отсыпки дорог, а хвостохранилища в качестве пастбища для домашних животных.

Поскольку растения являются частью трофической цепи, то исследования уровня накопления в них химических элементов являются актуальными.

На территории Шерловогорского рудного района Забайкальского края в августе 2007 г. автором были отобраны пробы растений на трех участках (табл.) – месторождение Шерловая Гора, техногенные массивы и фоновый участок. В данной работе приведены сведения об элементном составе органов полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm). Выбор этого растения обусловлен тем, что полынь Гмелина, во-первых, доминантный вид в растительных сообществах, а во-вторых, она одна из первых заселяет техногенные массивы. Анализ растений проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США) в Институте тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

Результаты, приведенные в таблице, указывают на то, что в полыни Гмелина происходит существенное накопление хрома, цинка, сурьмы, свинца и висмута. При этом значительное превышение концентрации хрома обнаружено в растениях на всех участках, даже на фоновом. В полыни, растущей на поверхности техногенных массивов, выявлено высокое содержание токсичных кадмия, сурьмы и свинца. Интересно, что Рb в условиях природной геохимической аномалии (на месторождение Шерловая Гора) накапливается в листьях и корнях, а в растениях техногенных массивов, во всех органах, кроме семян. Необходимые микроэлементы (Mo, Mn, Ni, Cu, Zn) достаточно равномерно распределяются по растению, а токсичные дифференцировано.

Таким образом, впервые определено содержание 15 микроэлементов в полыни Гмелина Шерловогорского рудного района, установлено, что компонентный состав растения полностью соответствует геохимической специфике рудного района.

**Таблица. Компонентный состав органов полыни Гмелина (химический элемент/среднее содержание в растениях мира по [Кабата-Пендиас и Пендиас,1989], мг/кг)**

Место отбора проб	Орган растения	Cr/ 0,1	Mn/ 334	Co/ 0,27	Ni/ до 2,7	Cu/ 20	Zn/ 47	As/ 5	Zr*	Mo/ 1	Cd/ 1,6	Sn/*	Sb/ 0,06	W/*	Pb/ 2,1	Bi/ 0,06
		Среднее содержание, мг/кг														
Месторождение Шерловая Гора	Цветки и семена (30)	<b>1,01</b>	61,69	0,02	<b>3</b>	<b>24,93</b>	<b>116,98</b>	3,64	0,68	<b>1,16</b>	0,17	2,09	0,01	0,07	1,08	<b>0,16</b>
	Цветки (75)	<b>1,57</b>	68,86	0,09	<b>7,6</b>	17,31	<b>61,43</b>	2,59	0,44	0,69	0,52	1,35	<b>0,09</b>	0,27	1,45	<b>0,16</b>
	Листья (135)	<b>4,08</b>	174,39	0,09	<b>2,88</b>	<b>58,35</b>	<b>443,77</b>	<b>17,1</b>	1,1	<b>1,86</b>	1,35	11,83	<b>0,08</b>	0,17	<b>4,46</b>	<b>0,3</b>
	Стебли (195)	<b>2,77</b>	48,94	0,06	2,29	10,66	<b>52,12</b>	4,05	0,96	0,46	1,07	14,69	0,04	0,12	1,1	<b>0,15</b>
	Корни (10)	<b>8,08</b>	111,52	<b>0,35</b>	<b>7,38</b>	16,47	<b>126,29</b>	<b>27,8</b>	3,91	<b>1,45</b>	0,69	42,72	<b>0,28</b>	0,34	<b>13,49</b>	<b>3,57</b>
Техногенные массивы	Семена (15)	<b>0,13</b>	40,4	0,04	<b>4,93</b>	18	<b>46,88</b>	0,7	0,29	0,4	<b>2,02</b>	2,07	0,01	0,01	0,85	0,05
	Цветки (75)	<b>1,73</b>	57,99	0,17	<b>8,54</b>	17,26	<b>66,02</b>	1,84	0,82	<b>1,25</b>	<b>3,71</b>	1,13	<b>0,29</b>	0,14	<b>5,11</b>	0,05
	Листья (225)	<b>5,42</b>	67,73	<b>0,29</b>	<b>3,12</b>	10,32	<b>95,22</b>	4,7	1,4	0,93	<b>5,8</b>	2,1	<b>0,37</b>	0,12	<b>9,87</b>	<b>0,16</b>
	Стебли (45)	<b>2,72</b>	2,48	0,12	1,71	5,17	<b>56,38</b>	2,37	0,81	0,3	<b>10,42</b>	20,09	<b>0,18</b>	0,03	<b>8,17</b>	<b>0,15</b>
	Корни (40)	<b>3,59</b>	29,93	<b>0,4</b>	<b>5,4</b>	19,03	<b>85,82</b>	<b>8,93</b>	0,83	0,2	<b>10,27</b>	34,78	<b>0,65</b>	0,06	<b>18,87</b>	<b>0,9</b>
	Цветки (30)	<b>5,59</b>	227,85	0,27	<b>5,38</b>	<b>20,13</b>	42,92	0,73	1,5	0,4	0,48	2,47	<b>0,07</b>	0,23	1,38	<b>0,09</b>
	Листья (15)	0,001	<b>348,72</b>	0,001	0,42	13,05	<b>58,84</b>	0,22	0,32	0,11	0,400	9,11	0,020	0,001	0,45	0,001
	Стебли (30)	<b>0,74</b>	58,35	0,03	0,8	6,72	8,84	0,05	0,15	0,08	0,13	15,37	0,001	0,03	0,2	0,01
	Корни (30)	<b>0,93</b>	56	0,04		46	10,04	0,05	0,73	0,15	0,82	22,26	0,02	0,01	1,28	0,005

Примечание: в скобках дано число экземпляров в выборке; жирным выделены значения, превышающие мировое фоновое содержание, \* – данные широко варьируются.



# ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПЛАВНЫХ И СПЕЧЕННЫХ ШЛАКОВ С ЦЕНТРА ДРЕВНЕГО ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА БАРУН-ХАЛ-2 (ПРИБАЙКАЛЬЕ)

**Степанов И.С.\***, **Кожевников Н.О.\*\***, **Харинский А.В.\*\*\***, **Финкельштейн А.Л.\***,  
**Васильева И.Е.\***, **Шабанова Е.В.\***, **Феоктистова Л.П.\***

*\*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, ivanstep208@yandex.ru*

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

*\*\*\*Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск*

На территории Прибайкалья известно много археологических объектов, связанных с сыродутным получением железа в период I тыс. до н.э. – первая пол. I тыс. н.э. [Харинский, Снопков, 2004]. По обилию характерных продуктов, они могут рассматриваться как древние железодельательные центры. Одним из крупнейших таких центров является Барун-Хал-2, расположенный в Приольхонье северо-западнее пос. Черноруд [Кожевников и др., 2000].

В Барун-Хал-2 подобно другим железодельательным центрам Прибайкалья наиболее распространенными продуктами являются расплавные и спеченные шлаки [Степанов, 2012]. Расплавные шлаки – образованы из расплава. Они состоят из силикатных минералов, окислов железа и стекла. В зависимости от соотношений этих фаз выделяются силикатно-окисные, окисно-стеклянно-силикатные, силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки представляют агрегаты расплавных фаз с ксеногенными реликтами флюсов, руды или с металлическим железом. Различаются стеклянно-рудно-силикатные, железно-окисно-стеклянно-силикатные, силикатно-стеклянные (с флюсом) шлаки.

Расплавные силикатно-окисные шлаки характеризуются преобладанием вюстита (50 %) над фаялитом (35 %). Содержание FeO в шлаках довольно высокое – 72 %, концентрации SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Sr – низкие, MnO, CaO, Ba – умеренные (табл., выб. 1).

Расплавные окисно-стеклянно-силикатные шлаки состоят из фаялита (50 %), стекла (30 %) и вюстита (20 %). Концентрация FeO в них составляет 62 %, а содержания литофильных элементов выше, чем в силикатно-окисных шлаках (табл., выб. 2). Это обусловлено большим количеством стекла и оливина в окисно-стеклянно-силикатных шлаках.

Расплавным стеклянно-силикатным шлакам характерно преобладание силикатных минералов, оливина (45%) и плагиоклаза (10 %), над стеклом (45 %). В сравнении с силикатно-окисными и окисно-стеклянно-силикатными шлаками рассматриваемые образования характеризуются меньшим содержанием FeO (52%) и большими - литофильных элементов (табл., выб. 3).

Расплавные силикатно-стеклянные шлаки состоят из стекол (50 %), оливина (25 %), плагиоклаза (15 %) и герцинита (5-10 %). Для химического состава характерно содержание FeO 49 %, повышенные концентрации MnO, CaO, Ba, умеренные MgO, Sr (табл., выб. 4). Это вызвано большим количеством стекла и плагиоклаза в шлаках.

Спеченные стеклянно-рудно-силикатные шлаки содержат 30 % ксеногенных выделений гематитовой и лимонитовой железной руды. Шлакам свойственны высокое содержание FeO 70 %, умеренные Cr, V, Zr (табл., выб. 5), что обусловлено присутствием этих элементов в используемой руде.

Спеченные железно-окисно-стеклянно-силикатные шлаки – продукты, в которых отмечается 1-10 % металлического железа. В их химическом составе фиксируются умеренные концентрации Cr, V, Cu (табл., выб. 6).

**Таблица. Химический (масс.%) и редкоэлементный (г/т) состав шлаков центра Барун-Хал-2**

№ пробы	1	2	3	4	5	6	7
	Ха-8Б	Ха-13а	Ха-12Б1	Ха-16-3	Ха-14-1	Ха-10а1	Ха-8е3
SiO <sub>2</sub>	16,11	21,82	25,94	31,55	16,52	23,46	46,84
TiO <sub>2</sub>	0,18	0,29	0,34	0,32	0,29	0,53	0,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,54	5,68	7,49	5,39	4,64	7,53	13,40
*FeO	72,00	62,20	51,94	48,89	70,06	59,72	24,60
MnO	0,21	0,25	0,38	0,63	0,20	0,22	0,42
MgO	0,85	1,10	1,17	2,86	1,17	1,11	1,83
CaO	5,92	7,39	11,31	9,00	3,86	5,96	8,95
K <sub>2</sub> O	0,66	0,64	0,79	0,94	0,57	0,71	1,80
Na <sub>2</sub> O	0,23	0,23	0,24	0,22	0,24	0,11	0,30
Ba	369	475	712	1016	473	426	1280
Sr	109	132	171	290	102	349	408
Zn	69	64	59	45	86	61	50
Cu	37	29	30	65	30	48	50
Cr	19	26	39	100	76	80	40
V	36	71	94	110	100	80	80

*Примечание.* 1-4 – Расплавные шлаки: силикатно-окисный (1); окисно-стеклянно-силикатный (2); стеклянно-силикатный (3); силикатно-стеклянный (4). 5-7 – Спеченные шлаки: стекляннорудно-силикатный (5); железно-окисно-стеклянно-силикатный (6); силикатно-стеклянный (7).

\*Содержание железа, выраженное в виде FeO.

Спеченные силикатно-стеклянные шлаки – образования, в которых присутствуют ксеногенные минералы флюса (%): кварц (5-15), полевошпат (5-10), карбонат (1-5). Для шлаков характерно сравнительно низкое содержание FeO 25 %, повышенные MnO, CaO, Ba, умеренные Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr, K<sub>2</sub>O (табл. выб. 7).

Таким образом, химические характеристики шлаков Барун-Хал-2 отражают состав и количественные соотношения входящих в них кристаллических минеральных фаз, стекла, железа, иногда присутствие в них ксеногенного материала (руды, флюсы).

Реликты гематитовой и лимонитовой руд, зафиксированные в спеченных стекляннорудно-силикатных шлаках, позволяют предположить, что в железнорудном центре Барун-Хал-2 исходным сырьем служили бурожелезняковые руды реки Кучулги.

Наличие ксеногенных зерен кварца, полевошпата и карбоната в спеченных силикатно-стеклянных шлаках Барун-Хал-2 свидетельствует об их применении в сыродутном производстве железа. Благодаря добавкам этих минералов происходило понижение температуры расплава и образование низкожелезистых расплавных силикатно-стеклянных и стеклянно-силикатных шлаков, характеризующихся повышенными концентрациями MnO, CaO, Ba, умеренными MgO, Sr. Это могло способствовать обогащению железом остаточного расплава и сравнительно высокому выходу металла в виде крицы.

#### *Литература:*

*Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Никифоров С.П., Снопков С.В., Харинский А.В. Древний центр металлургии железа в пади Барун-Хал. // Байкальская Сибирь в древности. Иркутск. – 2000. – В. 2. – Ч. 2. – С. 166-195.*

*Степанов И.С. Классификация и вещественная специфика продуктов древнего железнорудного производства в Прибайкалье // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка месторождений рудных месторождений. – 2012. – Вып. 12(71). – С. 70-76.*

*Харинский А.В., Снопков С.В. Производство железа населением Приольхонья в Елгинское время // Известия. Лаборатории древних технологий. – 2004. – В.2. – С. 167-187.*

## КОМПЛЕКСНАЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ

Сухова Е.О.\*, Шергина О.В.\*\*

\*Восточно-Сибирская государственная академия образования, г. Иркутск

\*\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,

г. Иркутск, sherolga80@mail.ru

Комплексное сопряженное исследование почв и растений позволяет информативно оценить степень антропогенного воздействия на урбанизированной территории [Шергина, Михайлова, 2007]. Город Усолье-Сибирское Иркутской области принадлежит к территориям с выраженной неблагоприятной экологической ситуацией, что вызвано расположением крупных небезопасных производств на его территории, функционирующих на протяжении многих десятилетий при больших объемах производства. На городской территории и его окрестностях сосредоточена химическая, фармацевтическая, соледобывающая промышленность, машиностроительный завод, ТЭЦ и ряд комбинатов. Цель нашего исследования заключается в изучении морфологических, физико-химических свойств почв, морфоструктурных показателей древесных растений (на примере *Betula pendula* Roth.) и оценке экологической ситуации в зеленых зонах промышленного города.

Город Усолье-Сибирское расположен на левом берегу р. Ангары, в пределах Иркутско-Черемховской равнины. Площадь города составляет 74 км<sup>2</sup>, население около 83,4 тыс. жителей. Полевые работы проводились в 2010-2012 гг. Пробные площади на территории города закладывались в парковых и лесопарковых зонах города, всего исследовалось десять пробных площадей. Объектами исследования служили естественные ненарушенные и антропогенно-преобразованные серые лесные почвы, древесная и травянистая растительность. Комплекс визуальных, морфоструктурных, морфологических, показателей и перечень химико-аналитических методов (потенциометрический, титриметрический, фотоколориметрический) позволили достоверно охарактеризовать степень нарушенности и уровень загрязнения почв и древесных растений в городе.

При изучении городских почв рассматривалось состояние всех генетических горизонтов почвенного профиля. Исследования показали, что структура городских почв значительно отличается от фоновых аналогов. На территории г. Усолье-Сибирское преобладают почвы средне-крупнокомковатой и глыбистой структуры. С помощью бинокулярного микроскопа проводилось определение группы природных минеральных, биогенных частиц и антропогенных образований. Результаты исследований показали, что в почвенных образцах городских почв регистрируются от 5 до 25% антропогенных новообразований различного происхождения. В ходе исследований установлено, что морфологические свойства обследованных почв достоверно диагностируют их экологическое состояние. Так, на городской территории регистрируется разрушение дернины и гумусово-аккумулятивных горизонтов, происходит уменьшение мощности подстилки до 2,5-3 раз, нарушается расположение горизонтов в почвенном профиле.

Изучение актуальной кислотности городских почв выявило ее изменение от слабощелочных до среднещелочных значений. Наибольшее подщелачивание наблюдается в парковых зонах центральной части города, вблизи автодорог и на территории «УсольеХимпром». При изучении накопления подвижной серы в почвах города нами обнаружено, что содержание этого элемента в органической подстилке и в верхних гумусовых горизонтах в 2-10 раз превышают фоновый уровень. Обнаружено, что максимальные значения концентрации серы выявлены в парковых зонах вблизи

крупных автомагистралей, железной дороги, на территории «УсольеХимпром». Высокие значения подвижной серы (20-30 мг/кг) в верхней части почвенного профиля нетипичны для естественных серых лесных почв и являются результатом накопления сульфат-иона техногенного происхождения.

Растительность напрямую зависит от нарушенности почвенного покрова. Исследования показали, что средний возраст древесных растений в городских посадках составляет 40-60 лет. В городе много старых, больных и поврежденных деревьев, нет достаточного ухода за насаждениями. Известно, что довольно быстрое развитие визуальных признаков повреждения деревьев происходит при высоком уровне техногенных выбросов в атмосфере и жесткой рекреационной нагрузке. При этом использование морфоструктурных характеристик при оценке состояния древесных пород позволяет проводить достоверное диагностирование степени их повреждения [Сергейчик и др., 1998]. Нами изучались морфометрические характеристики листьев *Betula pendula* Roth. Для этого с помощью графической программы CorelDRAW производилось измерение длины, ширины, вычислялась площадь листовой поверхности [Уткин и др., 2008]. Изучение длины и ширины листовой поверхности выявило, что наибольшие значения показателей характерны для деревьев, произрастающих в лесопарковых зонах, а наименьшие – для деревьев в зоне влияния «УсольеХимпром». Также показано, что увеличение длины и ширины листьев обнаруживается в центральных городских парках, т.е. на территориях с высокой рекреационной нагрузкой. По сравнению с фоновыми значениями площадь поверхности одного листа березы увеличивается на 20%. Пока трудно сказать, чем вызвано такое явление, возможно, это является следствием мобилизации компенсаторных механизмов у растений.

Определение содержания хлора в листьях березы показало, что его концентрация значительно увеличена на всех пробных площадях. Наиболее высокие уровни хлора отмечаются в центре города, в парке районного архива, в железнодорожном парке и в зеленой зоне «УсольеХимпром». На этих территориях концентрация токсиканта превышает фоновый уровень в 4-12 раз. Листья березы способны накапливать 1000-1700 мг хлора на один кг сухого вещества. Повышенное содержание хлора, по-видимому, обусловлено присутствием хлора в составе аэропромвыбросов, а также засоленностью городских почв.

Таким образом, проведенный анализ морфологических свойств почв, визуальных и морфоструктурных показателей растений свидетельствует о значительном антропогенном воздействии на территории г. Усолье-Сибирское. Обнаружен высокий уровень загрязнения почв города, о чем свидетельствует резкое смещение реакции почвенного раствора в сторону щелочных значений. Показано, что среди техногенных загрязнителей сильное негативное воздействие на состояние почвенного покрова и древесных растений оказывают соединения хлора и серы. Выявлено, что наиболее загрязнены территории с высокой транспортной нагрузкой и промышленная зона предприятия «УсольеХимпром».

#### *Литература:*

- Сергейчик С.А., Сергейчик А.А., Сидорович Е.А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде. – Минск: Белорусская наука. – 1998. – 200с.*  
*Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений: сущность параметров, использование. – М.: Изд-во Наука. – 2008. – 292с.*  
*Шергина О.В., Михайлова Т.А. Состояние древесных растений и почвенного покрова парковых и лесопарковых зон г. Иркутска. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН. – 2007. – 200с.*

## ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА СОСТАВ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В Г. ТОМСКЕ

Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Язиков Е.Г.

*Томский политехнический университет, г. Томск, talovskaj@yandex.ru*

Данная работа посвящена изучению геохимических особенностей пылевых аэрозолей в зонах воздействия нефтехимического завода, теплоэлектростанции, кирпичных и железобетонных заводов г. Томска по результатам многолетних наблюдений. В соответствии с указанными целями в конце зимних сезонов с 2009 по 2013 гг. проводился маршрутный отбор 5 проб снега по направлению преобладающих ветров (юго-западные) в зоне воздействия данных предприятий. Общее количество проб за 5 лет составило 100. Для отбора и подготовки проб снега использовалась стандартная методика. Аналитические исследования выполняли в аккредитованных лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» при кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ. Содержание 28 элементов в пробах твердого осадка снега определялось инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА). Содержание ртути во всех пробах было определено методом беспламенной атомной абсорбции с пиролитическим разложением проб на приборе РА-915<sup>+</sup> с приставкой ПИРО-915<sup>+</sup>. В пробах, отобранных в 2013 г., дополнительно было определено содержание 58 химических элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в ХАЦ «Плазма» (г. Томск).

Критерием выявления геохимических особенностей пылевых аэрозолей являлось превышение концентраций изучаемых химических элементов в твердом осадке снега из зон воздействия различных предприятий над величинами регионального (Ср. Васюган, 480 км от г. Томска [Язиков, 2006]) и локального (пос. Киреевск, 70 км от г. Томска) геохимических фонов.

Анализ данных мониторинга показал, что в составе пылевых аэрозолей из зон воздействия всех промышленных предприятий концентрации Cr, Rb, Cs, Eu, Au, Se, Ag, In, Sn, Re и Pb находятся на уровне фона, что свидетельствует об общих региональных источниках их поступления (табл.). Концентрация U, As, La, Tb, Yb и Ta превышает фон от 10 до 25 раз во всех изученных пробах. Перечень данных элементов идентичен спектру приоритетных элементов, установленных ранее по данным площадной снегогеохимической съемки территории г. Томска [Язиков и др., 2010].

**Таблица. Содержание некоторых приоритетных элементов-загрязнителей в пылевых аэрозолях в зонах воздействия промышленных предприятий г. Томска (2009-2013гг.)**

Пре-е	Li	Be	Na, %	Al, %	Ti, %	V	Fe, %	Cu	Zn	As	Zr	Cd
I	25,9	2,0	0,9	4,6	0,41	82,6	2,9	59	240	12,4	84	0,7
II	24,8	3,1	0,6	4,7	0,35	51,8	2,9	105	312	16,8	140	1,2
III	35,9	3,5	0,7	6,1	0,54	72,4	3,5	403	2185	31,1	159	1,2
IV	53,4	4,4	0,5	6,4	0,46	51,6	3,7	74	318	10,7	251	1,1
Пре-е	Sb	Ba	La	Ce	Lu	Hf	W	Hg	Pb	Bi	Th	U
I	2,1	670	32,2	69,0	0,4	7,4	273,2	0,03	34,4	1,1	8,7	2,9
II	5,5	714	33,7	69,0	0,4	5,2	17,6	0,05	71,0	2,5	8,8	4,2
III	6,6	1195	34,4	69,5	0,4	5,8	22,9	0,15	101,8	2,9	8,5	3,9
IV	2,9	1035	43,0	83,6	0,5	7,0	5,7	0,22	70,1	1,1	13,2	5,0

*Примечание:* I-IV зоны воздействия промышленных предприятий (I – кирпичные заводы, II – нефтехимический завод, III – теплоэлектростанция, IV – заводы по производству железобетонных изделий и локальные котельные).

Для пылевых аэрозолей из зоны воздействия кирпичных заводов индикаторными элементами-загрязнителями являются Na, Hf, V и W. Группа тяжелых редкоземельных элементов (Tb, Yb, Lu) также является приоритетной для данных проб в сравнении с данными для проб из зон воздействия других предприятий. Вероятный источник поступления выделенных элементов связан с видом сырья, используемого при производстве кирпича и керамической продукции на заводах. Сырье – глины, суглинки, пески месторождений Томского района, некоторые из которых являются вскрышными породами Туганского и Георгиевского циркон-ильменитовых месторождений, содержащих монацит и другие минералы, в которых в рассеянной форме содержатся редкоземельные элементы.

В пробах из зоны воздействия нефтехимического завода концентрации Br, Th, U, Hg, Ta, легких лантаноидов (La, Ce, Nd, Sm) в 4 – 25 раз превышают региональный фон. Наибольшее превышение локального фона характерно для таких элементов как Li, Be, Mn, Ni, Y, Zr, Ag и Tl. По данным [Язиков, 2006] Br является одним из индикаторных элементов в твердом осадке снега из зоны воздействия данного комбината из-за сжигания газа на факельных установках комбината. Наличие повышенных концентраций других элементов в выборке объясняется не только выбросами от завода, но близким территориальным расположением предприятий теплоэнергетики и ядерно-топливного цикла. Содержания Fe и Al на уровне 3 – 4 фонов характерны как для пылевых аэрозолей в зоне воздействия нефтехимического завода, так и для пылевых аэрозолей в зоне воздействия городской теплоэлектростанции.

В пробах из зоны воздействия теплоэлектростанции города основными элементами-индикаторами являются Ba, Zn, Hg, Ti, Co, Cu, Ga, Ge, Sr, Mo, Cd, Bi и Sb. В качестве топлива на городской теплоэлектростанции используется природный газ (~70 %) и уголь (~30 %), но с ноября по март доля используемого угля – более 50%. По данным [Арбузов, Ершов, 2007] зола по сравнению с углем в большей степени обогащена многими микроэлементами, также это подтверждается результатами исследования состава золы-уноса [Язиков, 2006]. Данные факты объясняют высокие концентрации широкого спектра элементов в пылевых аэрозолях в окрестностях теплоэлектростанции.

Пылевые атмосферные аэрозоли в зоне совместного размещения ряда заводов по производству железобетонных изделий и локальных котельных характеризуются повышенными концентрациями Ca, Sr, P, Sb и U. В ранее проведенных исследованиях было показано, что цементная пыль характеризуется повышенными концентрациями Ca, Sr и U [Язиков, 2006].

Таким образом, проведенные исследования позволили определить элементы-индикаторы в составе пылевого аэрозоля в зонах воздействия некоторых крупных промышленных предприятий г. Томска.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта BP Exploration Operating Company Limited и Гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (МК 951.2013.5).*

#### *Литература:*

Арбузов С.И., Ершов В.В. *Геохимия редких элементов в углях Сибири.* – Томск: Изд. дом «Д-Принт». – 2007. 468 с.

Язиков Е.Г. *Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... д-ра геол.-мин. наук.* Томск, 2006. – 423 с.

Язиков Е.Г., Таловкая А.В., Жорняк Л.В. *Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв.* Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2010. – 264 с.

## СЕРА В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА СВЯТОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Титова К.В., Кокрятская Н.М.

*Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, ksyu\_sev@mail.ru*

Геохимические процессы, наряду с микробиологическими, активно протекают в донных отложениях пресноводных озер. Источники поступления химических элементов в эти водоемы различны, но в основном это «смывы» с водосборных площадей, атмосферные осадки и грунтовые воды. В основе происходящих в донных осадках геохимических преобразований лежат окислительно-восстановительные реакции и образования термодинамически устойчивых соединений. Сера, обладая возможностью существовать во многих степенях окисления, участвует в редокс процессах. Одним из наиболее важных биогеохимических процессов, отражающих эту специфику серы, служит сульфатредукция. Восстановление сульфатов приводит к образованию свободного сероводорода и сульфидов. Результат окисления последних – образование элементной серы и ряда соединений и, в конечном итоге, сульфатов.

Целью данной работы и было рассмотрение распределения соединений серы в донных отложениях озера Святого (юг Архангельской области). Осадки отобраны послойно в период зимней (март) и летней (июль) межени на двух станциях, расположенных в глубоководной (16 м) и мелководной (4 м) частях озера.

Отобранные в этом водоеме илистые донные осадки, значительно обогащены органическим веществом (ОВ). Усредненное количество органического углерода в них составляло 10 % (в расчете на сухой осадок). Для данных отложений отмечена большая влажность 82 %. Среднее значение общего содержания серы в осадках исследуемого озера составляет 0.50 %. На долю соединений восстановленной серы ( $\sum S_{H_2S}$ ) приходится 50-60 %. Эти формы представлены в основном органической составляющей, пиритом, кислоторастворимыми сульфидами и элементной серой. Концентрации сульфатов составляют в среднем 0.22 %. Среди соединений восстановленной серы основную роль играет сера органических веществ  $S_{орг}$  – 71-73% от  $\sum S_{H_2S}$ , доля сульфидных форм – 23 %, среди которых доминирующим является пирит.

Для глубоководной станции озера в поверхностных горизонтах отложений, наиболее обогащенных влагой (влажность 88 %), где большая часть сульфатов находится в жидкой фазе, наблюдается активизация процесса сульфатредукции в оба сезона, что сопровождается увеличением концентрации пирита (среднее значение 0,07% (и его доли в  $\sum S_{H_2S}$  до 20 %) и сульфидов в осадке. Летнюю активизацию можно связать с поступлением большого количества ОВ (в среднем 10% органического углерода), хотя и частично окисленного в аэробных условиях водной толщи. Зимняя активизация восстановления сульфатов, скорее всего, обусловлена разложением органических веществ, происходящим в анаэробных условиях донных отложений. В поверхностных горизонтах осадков сокращение ОВ сопровождается незначительным повышением содержания сульфидных форм серы, предположительно, органика также расходуется на восстановительные процессы железа и других элементов. В толще осадков для горизонтов ниже 30 см наблюдается увеличение содержания общей восстановленной серы в 2 и более раз по сравнению с вышележащими слоями отложений, сопровождающееся сокращением содержания органического углерода на 2-3 %. Относительно постоянное содержание органической составляющей формы серы, при некотором снижении, вероятно, в толще отложений, вероятно, связано с трудноминерализуемой частью ОВ осадков или частичным образованием  $S_{орг}$  при

взаимодействии продуктов разложения  $\text{O}_2$  и сульфидов и элементарной серы, на что косвенно указывает некоторое снижение содержания сульфатов.

Для осадков мелководной станции озера Святого отмечены сходные тенденции в распределении соединений восстановленной серы в толще осадков. Возникающие в придонных горизонтах водной толщи этой станции анаэробные условия, прежде всего, в зимний подледный период, вызваны наибольшей антропогенной нагрузкой северной части озера, обусловленной расположением здесь населенных пунктов и небольшого маслозавода, стоки которого поступают и в озеро.

Для толщи отложений озера Святого характерна особенность. Отмечено, что в его нижних горизонтах увеличивается содержание сульфатов, причем наиболее отчетливо в зимний период, и наблюдается развитие процесса сульфатредукции  $-\sum \text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$  изменяется от 0.20 до 0.52 %. Так при общем количестве соединений восстановленной серы 0.20 % (без органической составляющей) концентрация пирита достигала 0.18 % для станции мелководной станции в марте.

Подводя итог вышесказанному можно отметить, что анаэробный процесс сульфатредукции протекает в донных отложениях озера Святое в поверхностных горизонтах осадков (до 10 см) и более явно выражен в их толще (глубина более 30 см), что характерно для обеих станций в оба периода исследований. Активизация восстановления сульфатов микроорганизмами в верхних слоях осадков при прочих равных условиях предположительно связана с наличием в них доступного органического вещества, а развитие процесса в нижних горизонтах обусловлено, скорее всего, поступлением сульфатов с грунтовыми водами из подстилающих пород.

*Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ-Север №11-05-98802; Проекта УрО РАН № 12-У-5-1014.*

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ**

**Токмачева М.Р.**

*Институт географии СО РАН, г. Иркутск, limmur@gmail.com*

В настоящее время исследуемая территория является самым густонаселенным и наиболее освоенным в хозяйственном отношении районом Иркутской области. Почвенный покров представлен наиболее плодородными почвами – черноземами выщелоченными, обыкновенными и солонцеватыми, а также почвами с пониженным плодородием (это различные лесные типы: дерново-подзолистые, дерновые лесные, серые лесные, дерново-карбонатные). Указанные типы почв являются основными сельскохозяйственными угодьями района.

По общепринятым представлениям, влияние резко континентального климата и невысокой теплообеспеченности сказывается на таких особенностях приангарских черноземов, как пониженная мощность гумусового профиля, небольшие запасы гумуса и элементов питания [Колесниченко, 1965; Рынкс, 1971]. В.А. Кузьмин [Кузьмин, 1980] к отличительным особенностям черноземов относится маломощность гумусового профиля при высоком содержании гумуса в верхнем горизонте, интенсивное промерзание и длительное сохранение сезонной мерзлоты. Черноземы выщелоченные, по его мнению, являются преобладающим подтипом.

Показано, что геохимическая специфика почв находится в тесной взаимосвязи с составом почвообразующих пород, морфогенетическими и физическими параметрами почв. Общей тенденцией распределения химических элементов по генетическим



горизонтам изученных почв является уменьшение вниз по профилю концентрации Ti, Al, Fe, Mn, C, P, S, Pb, Cu, Zn и увеличение Ca, Mg, Na. Изменение концентрации элементов в генетических горизонтах почв обусловлено, в основном, составом минеральных частиц различного размера.

Выявлено, что каждый тип почв характеризуется определенным концентрационным рядом, причем в ряду почв, от дерновых лесных до черноземов, отчетливо проявляется тенденция возрастания концентрации Mn, Ti, Al, Fe, Ca, Mg, P, S, B, Ni, Co, V и уменьшение – Si, Na, Sn, Be, Pb. В целом почвы региона заметно обогащены B, Ni, Co, Ca, Mg, Na и обеднены Cr, Mo, Sn, Be по сравнению с кларками.

Анализ распределения подвижных форм химических элементов в генетических горизонтах основных типов почв показал, что более высокая подвижность Mn, Fe, Co, Cr, Zn, Si, Pb характерна для верхней части профиля почв, а Ca, Mg, Sr – для нижней части, что согласуется с распределением среднего валового содержания элементов в данных почвах. В целом, почвам Верхнего Приангарья присуща высокая актуальная подвижность Ca, Mg, Sr, Mn, Si, Zn, и потенциальная подвижность – Fe, Co, Ni, Cr и Pb. В ряду типов почв от дерновых лесных к черноземам, возрастает общая подвижность Ca, Mg, Sr, Mn, Cr, Ni и Si. Полученные градации подвижности химических элементов позволили установить степень их доступности для питания растений [Седых, 2003].

Отмечаемая многими исследователями [Воробьева, 1988, Колесниченко, 1965; Надерждин, 1961] языковатость и карманистость черноземов Приангарья, является следствием современного криогенеза и палеокриогенеза, имевшего место в позднем плейстоцене. Одной из характерных черт, отражающих специфику формирования черноземов региона, является содержание и распределение гумуса, которое обусловлено биоклиматическими факторами почвообразования и связано с континентальностью климата. Не менее важной причиной малой мощности гумусового горизонта чернозема может служить и несколько иная интенсивность и темп биохимических процессов в условиях резко континентального климата региона. В весеннее время они протекают замедленно и усиливаются лишь к середине лета. Наиболее интенсивная микробиологическая деятельность наблюдается лишь в июле-августе, когда максимум осадков совпадает с максимальным прогреванием почвы. Образовавшееся гумусовое вещество быстро подвергается морозной денатурации, более резкой и длительной, чем в черноземах европейской части, и продукты гумификации остаются на месте своего образования.

Аэровизуальные наблюдения, наземные (в хозяйствах) и маршрутные исследования, а также анализ материалов аэросъемки показали, что в Иркутской области до 50%, а на юге Приангарья - до 70-80% пашни расположено на участках с бугристо-западинным рельефом. Эрозионные процессы на таких площадях отличаются специфическими особенностями, Процесс разрушения гумусовых горизонтов на буграх и переноса мелкоземистой гумусовой массы в прилегающие понижения усугубляется транспортирующим действием почвообрабатывающих орудий. На сельскохозяйственных землях участки с бугристо-западинным рельефом после весенней или зяблевой вспашки, когда растительность не маскирует поверхность почвы, имеют вид шахматной доски. Светлые эродированные бугорки на небольших расстояниях чередуются с западинами диаметром до 6-8 м и глубиной от 0,5 до 2 м и более. Создавшуюся в пределах бугристо-западинного комплекса пестроту почв и различия в их плодородии трудно сгладить существующими агротехническими приемами.

#### *Литература:*

*Воробьева Г.А. Возраст почв Прибайкалья // Естественная и антропогенная эволюция почв. – Пуццино, 1988. – С. 74–82.*

Колесниченко В.Т. Водно-тепловой режим и агрофизические свойства черноземов выщелоченных лесостепи Восточной Сибири // Почвы, удобрения и урожай в лесостепи Прибайкалья. – Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1965. – С. 42–61.

Кузьмин В.А. Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. – С. 11–98.

Надеждин Б.В. Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк) – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 326 с.

Рынкс И.Н. Агрехимические свойства черноземов Предбайкалья // Информ. бюллетень СИФИБР. – Иркутск, 1971. – Вып.9. – С. 76–78.

Седых Е.С. Геохимия основных типов почв Верхнего Приангарья. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. 2003.

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АСТАШИНСКИХ ОЗЁР В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ**

**Тростянок Р.В., Могилев А.А.**

*Амурский государственный университет, г. Благовещенск, romaneto\_13@mail.ru*

Донные отложения континентальных водоемов, наряду с почвами, рассматриваются как основные депонирующие среды для накопления и трансформации аномальных концентраций многих микроэлементов в условиях изменения окружающей среды [Страховенко, 2011]. Изучение причинно-следственных связей между геохимическим составом донных отложений озер, их бассейнами водосбора и окружающей средой все более актуально в связи с усиливающейся техногенной нагрузкой, особенно вблизи крупных промышленных предприятий.

Благовещенск является административным центром Амурской области, он расположен на слиянии двух крупных рек – Амура и Зеи. Территория города находится на юго-западной окраине Нижне-Зейской впадины, в зоне сочленения Благовещенского поднятия и Дмитриевского прогиба. Фундамент впадины сложен раннепалеозойскими и раннемеловыми интрузивными образованиями кислого состава. Осадочный чехол представлен песчано-глинистыми отложениями мелового и кайнозойского возраста [Кузьменко, 1983].

Площадь территории города занимает около 320 км<sup>2</sup>, с численностью населения более 215 тыс. чел. Основными промышленными предприятиями города являются: ТЭЦ, заводы «Амурский металлист», судостроительный, мельзавод, предприятия железнодорожного транспорта и др. Крупнейшим источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города и сопредельных территорий является работающая на буром угле Благовещенская ТЭЦ, объем валовых выбросов которой в 2011 г. составил более 33 тыс. т. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Благовещенске оценивается как высокий [Государственный доклад..., 2012].

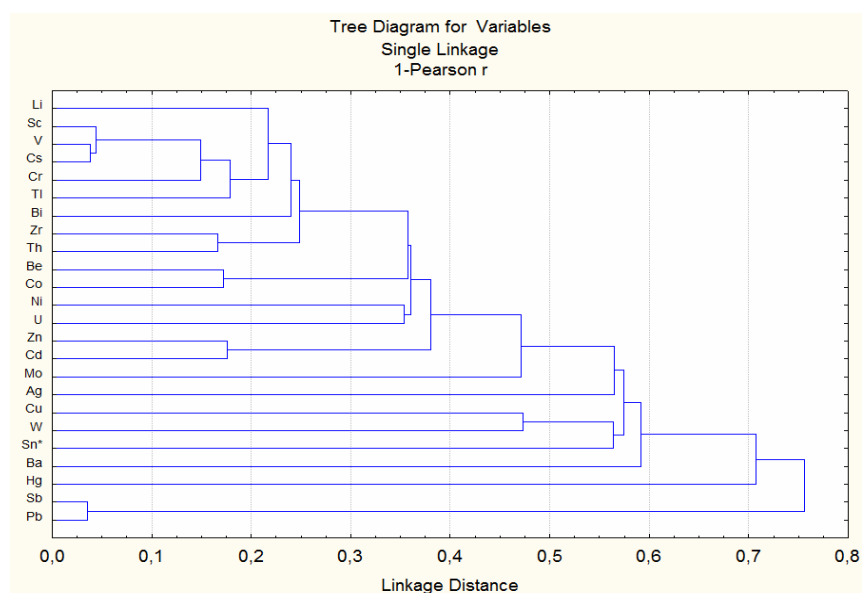
Целью работы являлось изучение влияния ТЭЦ на процессы миграции и концентрирования микроэлементов при осадкообразовании в озерах Благовещенска, установление факторов накопления природных и техногенных ассоциаций элементов в стратифицированных разрезах донных отложений Асташинских озер.

Объектом исследования послужили донные отложения Асташинских озер Благовещенска. Асташинские озера расположены на территории северо-западного промышленного узла, в 0,5-1,5 км от Благовещенской ТЭЦ в зоне подфакельных выбросов загрязняющих веществ. Общая площадь Асташинских озер ориентировочно составляет 10 га. Глубина озер варьирует в среднем от 1 до 2 м, максимальная – 3 м.

Питание озер происходит за счет атмосферных осадков и подземных вод. Дно заилено (мощность органогенных осадков составляет до 0,5 м), редко встречаются песчаные участки. Насыпями подъездных железнодорожных путей, трубопроводами некогда единый водоем разделен на полтора десятка малых озер. Часть этих озер отсутствует на генеральном плане города.

Отбор проб на всю мощность донных отложений озер произведен с помощью торфоразведочного бура ТБГ-1 с диаметром полуцилиндрической керноприемной камеры пробоотборника 2,4 см, с интервалом отбора проб 5 см (верхний метровый слой) и 10 см (нижние горизонты). Пробурено 8 скважин, отобрано 4 м керна. Элементный анализ проб на 70 элементов определяли атомно-эмиссионным (ИСП-АЭС) и масс-спектральным (ИСП-МС) методами в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка). Обработка аналитических данных включала составление баз данных, проведение корреляционного, факторного и кластерного анализов в программе «Statistika», расчет геохимических показателей (кларков концентраций и коэффициентов загрязнения), а также графическое изображение результатов исследования.

Результаты интерпретации представлены в виде корреляционной дендрограммы (рис. 1). Она построена путем объединения в группы элементов, имеющих положительные корреляционные связи между собой. При этом ядро групп образуют пары элементов с максимальными коэффициентами корреляции.



**Рис. 1. Корреляционная дендрограмма (Асташинские озера).**

Из приведенных данных следует вывод, что в донных отложениях Асташинских озер выделяются две комплексные устойчивые геохимические ассоциации микроэлементов: U-Th-Zr-Bi-Cr-Cs-V-Sc-Be-Li и Ag-Mo-Cd-Sr-Hg-Ba-Pb-Sb-Cu-Zn. Первая группа, очевидно, отражает природный геохимический состав водосборной площади, а вторая группа имеет техногенный генезис и, вероятно, связана с аккумуляцией токсичных элементов из твердофазных атмосферных выбросов ТЭЦ.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-31523.*

**Литература:**

Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2011 год». – Благовещенск: МПР Амурской области, 2012. – 200 с.  
 Кузьменко С.П. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Амурско-Зейская. Лист М-52-ХIV (Благовещенск). – М.: ВСЕГЕИ, 1983.  
 Страховенко В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2011. – 33 с.

## ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РЕКИ ЕКЫЛЬЧАК, ПРОТЕКАЮЩЕЙ ПО ТЕРРИТОРИИ ШИНГИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Устинкина Е.С.

*Томский государственный университет, г. Томск, FedotovaES@mail.ru*

Нефтяные месторождения – это промышленные скопления углеводородов в земной коре, приуроченные к одной или нескольким локализованным геологическим структурам, то есть структурам, находящимся вблизи одного и того же географического пункта. При разработке нефтяного месторождения необходимо проводить мониторинг окружающей среды. Термин «мониторинг окружающей среды» был введен Р. Мэнном в 1972 году, после этого многие ученые обосновывали и развивали данную формулировку мониторинга окружающей среды. Среди таких ученых были: И.П. Герасимов, Ю.А. Израэль, Ф.Я. Ровинский, В.Е. Соколов и др. В работе рассмотрен локальный мониторинг – воздействие конкретного антропогенного источника (нефтяного месторождения) на поверхностный водный объект, протекающий по территории месторождения. Мониторинг водных объектов является обязательным составляющим звеном локального мониторинга и осуществляется в целях своевременного выявления и прогнозирования негативных процессов, влияющих на качество вод и состояние водных объектов и т.д. [Организация и проведение..., 2011]. Автором проведено исследование результатов физико-химического анализа проб воды р. Екыльчак, которая является наиболее крупным водным объектом на территории Шингинского нефтяного месторождения, расположенного в Парабельском районе Томской области. Река Екыльчак образуется от слияния рек Большой Екыльчак и Малый Екыльчак (берущих начало с верхового болота). Она является левобережным притоком р. Чижапки, ее протяженность составляет 202 км. Ширина поймы составляет 150-500 м. Берега заросли осокой, кустарником. Русло – корытообразное, извилистое. Ширина русла – 10–14 м. Дно реки суглинистое. Рассматриваемая река протекает посередине Шингинского месторождения. Пункты отбора проб – фоновый и контрольный створы – выбраны выше и ниже от возможного поступления загрязняющих веществ, согласно изучению картографических материалов с учетом доступности к водному объекту. Отбор проб воды выполнялся 12.08.2005 г. в фоновом и контрольном створах, в соответствии с установленными государственными стандартами, нормативно-методическими документами, регламентирующими порядок проведения инженерно-экологических изысканий: ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ Р 51592-2000, ГОСТ 17.1.4.01-80. Оценка содержания загрязняющих веществ в поверхностных водах реки Екыльчак проводилась в сравнении с нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) для воды рыбохозяйственных водоемов [Санитарно-экологические..., 1992], а также с учетом гидрологических, геологических условий, биологических и геохимических процессов на водозаборной площади. Площадь водосбора рассматриваемой реки характеризуется слабо расчлененным равнинным рельефом, наличием слабопроницаемых подстилающих пород (глины, суглинки, торф), превышением атмосферных осадков над испарением и, как следствие вышесказанного, сильной заболоченностью. Питание реки происходит за счет накопления зимних и летних атмосферных осадков в болотных системах. В таких ландшафтно-климатических условиях химический состав поверхностных вод имеет сходство с химическим составом вод болотных систем, питающих реки, и характеризуется невысокой минерализацией и большим разнообразием микроэлементов [Инишева, 2003]. Важную роль при формировании химического состава рек, питающихся из болотных систем, играют биологические процессы: разложение растительных остатков, жизнедеятельность микроорганизмов. Вода реки Екыльчак по величине минерализации (0.184 – 0.186 г/дм<sup>3</sup>) ультрапресная, по значению рН (6.9 – 7.0) нейтральная.

Превышение ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов отмечены как в фоновом, так и контрольном створах для следующих компонентов: ионов аммония – 2,7 – 2,83 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>), марганца – 0,36–0,37 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0.01 мг/дм<sup>3</sup>), железа – 3,46–3,91 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), меди – 0,043–0,054 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), цинка – 0,013–0,072 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК–0,01 мг/дм<sup>3</sup>), свинца – 0,01–0,024 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,006 мг/дм<sup>3</sup>), ХПК – 92–97 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 30 мг/дм<sup>3</sup>), БПК – 2,72–5,31 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 2 мг/дм<sup>3</sup>), фосфора фосфатов – 0,088–0,091 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>), нефтепродуктов – 0,478 – 0,632 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>). Высокое содержание ионов аммония в пробах воды, скорее всего, связано с природными причинами, так как превышение ПДК ионов аммония в связи с антропогенным воздействием возможно в случае сброса в водоем неочищенных бытовых стоков. В природных водах аммоний образуется в результате разложения белковых веществ водных организмов. Высокие значения перманганатной и бихроматной (ХПК) окисляемости (до десятков миллиграммов в литре) говорят о высоком содержании органических веществ природного происхождения и характерны для рек с болотным питанием. Содержание нефтепродуктов многократно превышает ПДК в фоновом и контрольном створах. При анализе проб необходимо учесть, что применяемые методы анализа определяют углеводороды как природного, так и техногенного происхождения. В связи с этим можно сделать вывод, что поверхностная вода реки Екыльчак имеет повышенный естественный фон по углеводородам. Для рек, питающихся болотными водами, в целом характерно высокое содержание природных углеводородов. Количество естественных углеводородов определяется трофическим статусом водоема и в значительной мере зависит от биологической ситуации в нем (развития и распада водных организмов). Повышенное содержание фосфора фосфатов является, вероятно, результатом процесса микробиологического разрушения органических остатков. По данным исследования качества вод поверхностного водного объекта Шингинского нефтяного месторождения – р. Екыльчак можно сделать следующие выводы:

- Превышение ПДК в обоих створах, наблюдается для таких компонентов, как железо, марганец, ионы аммония, ХПК, медь и определяется гидрогеохимическими особенностями рассматриваемой территории;
- Закономерности распределения таких компонентов как нефтепродукты, хлориды, АПАВ, которые могут непосредственно указывать на загрязнение природной среды при разработке и эксплуатации Шингинского нефтяного месторождения, требуют дальнейшего рассмотрения и изучения.

#### *Литература:*

*Инишева Л.И. Условия формирования и геохимия болотных вод // Материалы второй научной школы «Болота и биосфера». – Томск: изд-во ЦНТИ, 2003. – С. 38-49.*

*РД 52.24.309-04. Рекомендации. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета (утв.25.10.2011 г.).*

*Санитарно-экологические нормативы качества воды. Сборник материалов / М.: Промэкознание, 1992. – 239 с.*

## **МИНЕРАЛОГИЯ СУЛЬФАТНЫХ КОР В ЗОНЕ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ НА ЧЕРНОВСКОМ БУРОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**Филенко Р.А. \*, Суворова Д.С. \*\***

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

*\*\*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск*

Подземные пожары на месторождениях каустобиолитов – явление редкое и слабоизученное. Выявление закономерностей геохимических процессов, приводящих к

самовозгоранию углеродсодержащего вещества, его трансформации, сопровождающейся взаимодействием продуктов термического разложения с вмещающими горными породами и отложением на геохимических барьерах новообразованных минеральных фаз, является актуальной фундаментальной задачей. Прикладная природоохранная задача этих минералого-геохимических исследований вытекает из того, что горящие угольные отвалы или горение угля непосредственно в пределах залегания пласта представляет большую экологическую опасность, так как продуктами горения загрязняются многие компоненты окружающей природной среды. Кроме того, скопление некоторых минеральных новообразований могут рассматриваться как потенциальный источник минерального сырья в будущем [Сребродольский, 1989].

Черновское бурогольное месторождение находится в Центральном Забайкалье в пределах города Чита. Активно начало обрабатываться с 1907 года открытым, а позднее и подземным способом.

Месторождение приурочено к нижнемеловым породам верхнедоронинской подсвиты, которые слагают мульду северо-восточного простирания площадью 90 км<sup>2</sup>. Угленосная толща состоит из фашиально изменчивых отложений песчаников, алевролитов с пластами аргиллитов, углистых аргиллитов и бурых углей. Общая мощность угленосной толщи около 150-170 м.

Угли мало- и среднезольные, относятся к полуматовым и переходным к полублестящим. По микроструктуре преобладают клареновые, дюреновые и фюзеновые разности [Юргенсон, 2009]. По ряду свойств угли склонны к самовозгоранию. Из 10 пластов углей промышленный интерес представляют III, VI и VII. Основным из них является III пласт мощностью 5-8 м. Мощности пластов VI и VII варьируют от 0,1 до 1,5–2,0 м. В настоящее время промышленные пласты практически отработаны. В небольших объемах уголь добывается частными организациями.

Все известные нам проявления близповерхностного горения пластов угля приурочены к заброшенным карьерам, имеющим разное время возникновения. В 1,5 км к западу от пос. Рудник Кадала уголь с переменной интенсивностью горит уже как минимум 50 лет. Здесь в западном борту старого карьера на протяжении 250 м видна зона подземного горения угольного пласта. Вдоль зоны пожара идут процессы ступенчатого проседания грунта, а из образовавшихся трещин и провалов выходят горячие струи пара и дыма, похожие на вулканические фумаролы.

Участок сближенного расположения фумарол находится в центральной части зоны видимого горения на площадке размером 4 × 8 м на половине склона крутого борта старого угольного карьера. Здесь наблюдается около 10 выходов на дневную поверхность горячих струй, из которых на окислительно-восстановительном барьере образуется, главным образом, основная масса сульфатов алюминия и железа, слагающих сульфатные коры. Образование их связано как с непосредственным осаждением соединений серы из газовых струй, так и с их воздействием на первичные вмещающие породы и последующего их сернокислотного разложения [Белогуб и др., 2007].

Пробы сульфатных кор отбирались как с поверхности вокруг фумарольных возвышений, так и из их внутренней части до глубины 30 см. Наблюдалась вертикальная зональность в виде резко меняющихся минеральных ассоциаций.

Минеральные новообразования идентифицированы рентгеноструктурным анализом на аппарате ДРОН- 3.0 (CuK $\alpha$  – излучение, Ni – фильтр, V= 25 кВ, I = 20 мА) в аналитическом центре ИЗК СО РАН. Кроме того дополнительное рентгенофазовое исследование выполнено на порошковом рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия) в ИГХ СО РАН (г. Иркутск) Условия измерения: излучение – CuK $\alpha$ , зеркало Гёбеля, щели Соллера – 2.5 мм, сцинтилляционный счётчик, V= 40 кВ, I = 40 мА, угловой диапазон: 2 - 60°2 $\theta$  со скоростью вращения образца 15 об/мин, время

измерения – 1°/мин. Фазовый состав образцов расшифрован с помощью программы «EVA» с базой данных PDF-2 (2007 г).

Первичные вмещающие породы представлены алевролитами и углистыми аргиллитами. Состав их кварц, микроклин, альбит, гидрослюда, каолинит.

По химическому и минеральному составу выделяется два типа новообразованных кор: алюмо-сульфатная и алюмо-аммониевая. Глубокие горизонты представлены такими сульфатами как годовиковит ( $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ ) и милошевичит ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Выше находится зона гидратированных сульфатов представленных чермигитом ( $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ ), роститом ( $\text{Al}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \times 5\text{H}_2\text{O}$ ) и дитрихитом ( $\text{ZnAl}_2(\text{SO}_4)_4 \times 22\text{H}_2\text{O}$ ). Верхняя приповерхностная зона представлена алуногеном ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 17\text{H}_2\text{O}$ ), метаалуногеном ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 14\text{H}_2\text{O}$ ) и чермигитом. Здесь же в небольших количествах находится нашатырь ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

На поверхности в глинистом субстрате нами найден редкий алюмофторид – розенбергит ( $\text{AlF}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$ ). Таким образом, минералообразование в фумарольной зоне подземных пожаров на Черновском бурогольном месторождении сходно по своему составу с минералами, описанными на отвальных фумаролах Челябинского угольного бассейна (терриконы угольных шахт г. Копейска) [Белогуб и др., 2007], а также Кизеловского угольного бассейна в Пермском крае [Потапов, Максимович, 2006].

*Авторы выражают благодарность З.Ф. Ущановской и Т.С. Филевой за помощь в проведении рентгеноструктурного анализа.*

#### *Литература:*

*Белогуб Е.В., Щербакова Е.П., Никандрова Н.К. Сульфаты Урала: распространенность, кристаллохимия, генезис. М.: Изд-во "Наука", 2007 г., – 160 с.*

*Потапов С.С., Максимович Н.Г. К минералогии горелых отвалов Кизеловского угольного бассейна (Пермский край) // Седьмые Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В. О. Полякова. – Миасс, 2006. – С.56-67.*

*Сребродольский Б.И. Тайны сезонных минералов. – М.: Наука, 1989. – 144 с.*

*Юрэнсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья: Учеб. пособие. Ч. II. Неметаллическое сырье. Кн. 1. Топливо-энергетическое, горно-химическое и горно-техническое сырье. – Чита: Поиск, 2009. – 308 с.*

## **ГЕОХИМИЯ РТУТИ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Г. ТОМСКА**

**Филимоненко Е.А.<sup>\*</sup>, Ляпина Е.Е.<sup>\*\*</sup>, Таловская А.В.<sup>\*</sup>, Осипова Н.А.<sup>\*</sup>**

<sup>\*</sup>*Томский политехнический университет, г. Томск, fili.008@mail.ru*

<sup>\*\*</sup>*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск*

В результате проведенных ранее площадных снеговой и почвенной съемок на территории г. Томска было выявлено, что техногенные ореолы ртути наблюдаются в районах расположения предприятий топливно-энергетического комплекса, приборостроения, нефтехимического комбината и в жилых районах с преобладающим печным отоплением и локальными котельными [Ляпина, 2008; Рихванов и др., 2010; Таловская и др., 2012].

С целью изучения геохимических особенностей миграции ртути и ее осаждения с атмосферными осадками в марте 2013 г. проводился маршрутный отбор 5 проб снега по направлению преобладающих ветров (юго-западные) в зонах воздействия промышленных предприятий г. Томска (нефтехимический завод, теплоэлектростанция, кирпичные и железобетонные заводы). Общее количество проб составило 20. Все

работы по отбору и подготовке снеговых проб выполнялись согласно методическим рекомендациям [Василенко и др., 1985; ГОСТ..., 1985; Методические рекомендации..., 1982; Назаров и др., 1978] и руководству по контролю загрязнения атмосферы [Руководство по контролю..., 1991]. Исследование снеговых проб подразумевало отдельный анализ твердого осадка снега, полученного при фильтрации воды через фильтр «синяя лента», и снеготалой воды. Аналитические исследования выполнялись в учебно-научной лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Содержание ртути в пробах определяли на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915<sup>+</sup> с зеемановской коррекцией с пиролитическим разложением проб твердого осадка снега (приставка ПИРО-915<sup>+</sup>) и с восстановление ртути до атомарного состояния в пробах снеготалой воды методом «холодного пара» (приставка РП-91). Полученные концентрации ртути в снеговых пробах сравнивались с уровнем локального фона для г. Томска (пос. Киреевск, 70 км от г. Томска).

Анализ данных показал, что наименьшие концентрации ртути (в среднем 1,2-1,8 фона) характерны для проб твердого осадка снега из зоны воздействия кирпичных заводов, в то время как наибольшие содержание ртути (в среднем 4,8 - 6,9 фонов) в нерастворимой фазе снегового покрова наблюдаются в пробах из зоны воздействия нефтехимического комбината. Для проб нерастворимой фазы снегового покрова из зоны воздействия теплоэлектростанции и железобетонных заводов характерно превышение фона в 3,4-4,1 раза. Содержание ртути в жидкой фазе снегового покрова из зон влияния предприятий г. Томска изменяется от 6 до 22 нг/л в, а в фоновом районе составляет менее 6 нг/л. Повышенные концентрации Hg приходятся на пробы из зоны влияния кирпичных заводов, тогда как наименьшие зафиксированы в пробах из зоны воздействия нефтехимического комбината. Расчет основных геохимических показателей содержания ртути в снеговом покрове показал, что максимальная ртутная нагрузка ( $P_{Hg}$ ), а так же приток ртути отмечается в районе воздействия теплоэлектростанции. Полученные, в ходе расчета коэффициента аэрозольной аккумуляции, значения указывают на отрицательную интенсивность обогащения аэрозоля ртутью в г. Томске.

Во всех исследованных пробах ртуть преимущественно (78-99 %) сосредоточена во взвеси, т.е. твердых частицах аэрозолей, выпавших на снеговой покров. Исключение составляют пробы из зоны воздействия кирпичных заводов.

**Таблица. Средние содержания ртути в снеговом покрове в зонах воздействия промышленных предприятиях г. Томска**

Зоны воздействия промышленных предприятий	твердый осадок снега						снеготалая вода (нг/л)
	$C_{Hg}$ , мг/кг	$K_c$	$K_a$	$P_{Hg}$ , мг/м <sup>2</sup> *сут	$K_{PHg}$	ВДК	
Кирпичные заводы	0,10	2,40	0,022	152.67	4.09	3,18	28
Теплоэлектростанция	0,47	5,09	0,046	163.61	4.38	6,75	12
Железобетонные заводы	0,25	4,40	0,040	130.41	3.49	5,83	9
Нефтехимический комбинат	0,40	6,52	0,060	146.22	3.92	8,64	6

*Примечание:*  $C_{Hg}$ -концентрация ртути,  $K_c=C_{Hg}/C_f$  – коэффициент концентрации ртути относительно фона,  $K_a=C_{Hg}/K_2$  - коэффициент аэрозольной аккумуляции ртути относительно Кларка в гранитном слое континентальной земной коры,  $P_{Hg}=C_{Hg}*P_n/100$  - общая нагрузка на снеговой покров,  $K_{PHg} = P_{Hg}/P_f$  - коэффициент общей нагрузки, ВДК – превышение над временно допустимой концентрацией (значение которой составляет 2 фона).



Результаты мониторинга ртути в пробах снега из зоны воздействия промышленных предприятий г. Томска выявили неравномерный характер поступления ртути с твердыми частицами аэрозолей. Большая часть ртути содержится в нерастворимой фазе снега, т.е. в твердых частицах аэрозоля, выпавших на снеговой покров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (МК 951.20013.5).*

#### *Литература:*

*Василенко В.Н. Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985, с. 181.*

*ГОСТ 17.1.5.05.-85. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков», М.: Гидрометеиздат, 1985.*

*Ляпина Е.Е., Таловская А.В. Ртуть в снеговом покрове г. Томска // Контроль и реабилитация окружающей среды: Материалы симпозиума / под общ. ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. Томск: Аграф-пресс, 2008. – с. 299-301.*

*Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.*

*Назаров И.М., Фридман Ш.Д., Рене О.С. Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорология и гидрология, 1978, № 7, с. 74-78.*

*Рихванов Л.П., Осипова Н.А., Петрова Л.А. Ртуть в почвах Томского региона // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Междунар. симпозиума. – Москва, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, 7-9 сент. 2010. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 200-202.*

*Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.*

*Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Осипова Н.А., Языков Е.Г. Ртуть в пылеаэрозолях на территории г. Томска // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 2. – с.30-34.*

## **СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА Г. ИРКУТСКА**

**Халбаев В.Л., Гребенщикова В.И.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, valhalla87@mail.ru*

Загрязнение почвенного покрова чаще всего происходит за счет атмосферных выбросов промышленных предприятий, отходов производства [Гордеева и др., 2010], автотранспорта и работы ТЭЦ. Попадая в почву, тяжелые металлы и другие химические элементы в основном закрепляются в ней. Их содержания, которые фиксируются в данный момент, в большинстве случаев являются результатом многолетнего накопления. Поэтому необходимость изучения широкого спектра химических элементов особенно велика в промышленных городах и пригородах, где проживает значительная часть населения. Целью данной работы было определение тяжелых металлов и других химических элементов в почвах г. Иркутска.

Иркутск является областным центром и относится к Иркутско-Черемховской промышленной зоне. Инфраструктуру города Иркутска определяют предприятия теплоэнергетики, транспортной, авиационной, строительной отраслей промышленности, остальные предприятия преимущественно – пищевые, коммунально-складские объекты, автозаправочные станции.

Опробование почвенного покрова проводилось по координатной сети, намеченной в программе «Google Earth». Привязка на местности осуществлялась с помощью GPS-навигатора. Пробы почв отбирались из поверхностного слоя (0–10 см),

предварительно очищенного от верхнего дернового слоя, специальной пробоотборной лопаткой, методом конверта (10×10 м) в 2010–2011 гг. в различных районах г. Иркутска и его промышленных зонах. Для г. Иркутска и его окрестностей в качестве условно-фоновых значений была взята медиана, рассчитанная на основании анализов 236 почвенных проб и на удалении не далее, чем 5–10 км от окраин города. На большом удалении от города очень высока вероятность смены, как почвообразующей породы, так и химического состава почвы.

Валовые содержания химических элементов в почвенных пробах анализировались в Аккредитованном аналитическом секторе Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Содержания бора, меди, цинка, германия, молибдена, серебра, олова, таллия, свинца, никеля, хрома, галлия, ванадия, стронция, скандия, бериллия, кобальта определяли методом атомно-эмиссионного спектрального анализа на многоканальном анализаторе атомно-эмиссионных спектров "МАЭС", ГР 21013 (аналитики Зарубина О.В., Русакова В.А.). Содержание ртути – атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора РА – 915+ с приставкой ПР-91 с Зеемановской коррекцией (аналитики Андрулайтис Л.Д., Рязанцева О.С.). Содержание мышьяка – атомно-абсорбционным методом с предварительной генерацией гидридов на спектрометре Perkin-Elmer AAnalyst-200 (аналитик Савенкова Е.В.). Содержание кадмия – атомно-абсорбционным методом с атомизатором «печь-пламя» на спектрометре Perkin-Elmer 503 (аналитик Кажарская М.Г.).

Полученный аналитический материал был подвергнут статистической обработке в программных пакетах Microsoft Excel. Почвенно-геохимическое картографирование выполнено в пакете ArcGIS 9.3 (Kernel interpolation).

Почвы города в среднем характеризуются следующими химическими свойствами: содержание органического углерода – 0,26–25,56%, рН водной вытяжки – 6,3–7,8, Eh – 134–324 мВ, Ec – 42–1435 мкСм,  $SO_4^{2-}$  – 2,5–2512,5 мг/л,  $NO_3^-$  – 1,4–520 мг/л,  $Cl^-$  – 11,59–1648 мг/л.

По величине средней концентрации исследуемые элементы располагаются в следующем убывающем порядке: Sr > Zn > Cr > V > Ni > Pb > B > Cu > Co > Ga > Sc > As > Sn > Be > Ge > Tl > Mo > Cd > Ag > Hg.

В почвах города максимальное варьирование характерно для содержаний серебра (627,89%), ртути (305,94%), кадмия (276,82%), олова (191,87%), бора (175,60%); минимальное – стронций (18,64%), галлий (26,97%). По величине среднего коэффициента вариации исследуемые элементы располагаются в следующем убывающем порядке: Ag > Hg > Cd > Sn > B > Tl > Pb > Zn > Mo > Ge > Cu > Sc > As > Cr > Ni > Be > Co > V > Ga > Sr.

Установлено, что средние концентрации мышьяка, меди, бора, таллия, молибдена, цинка, свинца, олова, кадмия, серебра и ртути в исследованных пробах почв превышают фон в 1,1–2,67 раза, а средняя концентрация остальных элементов находится практически на уровне фона. Максимальное превышение фона характерно для ртути (в 2,67 раза), серебра (в 2,27 раз), кадмия (в 1,67 раза), олова (в 1,50 раз).

Средние концентрации хрома, цинка, олова, свинца, кадмия, бора, мышьяка, серебра в почвах г. Иркутска в 1,07–3,57 раза выше их кларка в земной коре. Средние концентрации стронция, мышьяка, никеля, меди, скандия, кобальта, серебра, цинка, бора, свинца и ртути в 1,1–8,0 раза выше их кларка в почве.

В почвах города от 0,4 до 98,7% проб, содержащих различные химические элементы, превышают их ПДК. Наиболее приоритетными загрязнителями почв города являются стронций, бор, никель, хром. Валовое содержание кобальта, бериллия, молибдена и мышьяка в исследованных почвах не превышает ПДК.

Наиболее опасными для состояния окружающей среды считаются бериллий, кадмий, хром, медь, ртуть, никель, свинец, ванадий, цинк, а наиболее ядовитыми как

для высших растений, так и для ряда микроорганизмов являются ртуть, медь, никель, свинец, кобальт, кадмий и, вероятно, также бериллий [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

Уровень концентрации химических элементов в почвах различных округов г. Иркутска неодинаков, что отражает специфику разнопрофильных производств, их неодинаковую техногенную нагрузку, степень очистки выбросов и т.д.

Наибольшие концентрации Sr, Be, Cd, Hg в почвах наблюдаются в Ленинском округе. В Правобережном округе – Zn, B, Pb, Ge, Mo. В Октябрьском округе – Cu, Sn, Tl, As. В Свердловском округе – Cr, Ni, Co, Sc, Ag. В окрестностях города – V, Ga.

Наименьшие концентрации химических элементов встречаются в основном в окрестностях города, но также обнаруживаются и в округах: Ленинский – V, Ni, Ga, As; Правобережный – Cr, Co, Sc, Tl; Октябрьский – B; Свердловский – Sr, Hg.

В результате проведенных исследований почв г. Иркутска, определены содержания большой группы различных химических элементов. Установлено, что техногенная нагрузка на почвенный покров на территории города имеет мозаичный характер, обусловленный точечным расположением в основном промышленных источников загрязнения. Составлены таблицы и картосхемы распределения химических элементов в почвах города. Сделан вывод в целом о допустимом загрязнении почвенного покрова города различными элементами в селитебных зонах.

#### *Литература:*

*Гордеева О.Н., Белоголова Г.А., Гребеницкова В.И. Распределение и миграция тяжелых металлов и мышьяка в системе «почва-растение» в условиях г. Свирска (Южное Прибайкалье) // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 3. – С. 108-113.*

*Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер с англ. – М.: Мир. – 1989. – 439 с.*

## **ИНДИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

**Хахураев О.А.**

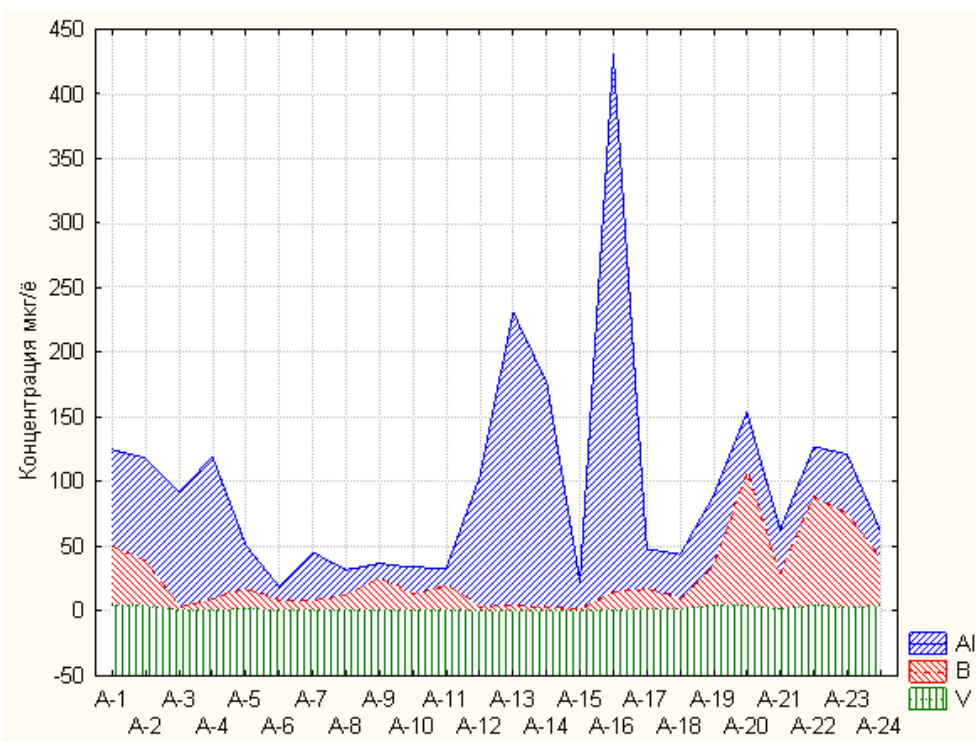
*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, mister.oleg1984@mail.ru*

Для Байкальской природной территории опасность экологического ущерба для озера Байкал напрямую зависит от территориального расположения объекта в какой-либо из экологических зон. Каждая из них фиксирует свой комплекс путей транспортировки загрязнений и экологический риск для озера. В центральной экологической зоне БПТ расположено более десяти крупных промышленных узлов и множество котельных, которые непрерывно загрязняют окружающую среду. У каждого объекта или группы объектов в силу своего положения, высоты выброса, рельефа, определенная зона атмосферного воздействия. Определение источника загрязнения конкретного района, в частности озера Байкал, позволит наиболее эффективно бороться с данной проблемой, действовать, зная либо это выбросы ТЭЦ, принесенные за десятки и сотни километров, либо это результат действия местных котельных. Определение проводится путем индикации выбросов с источниками на основе геохимических данных.

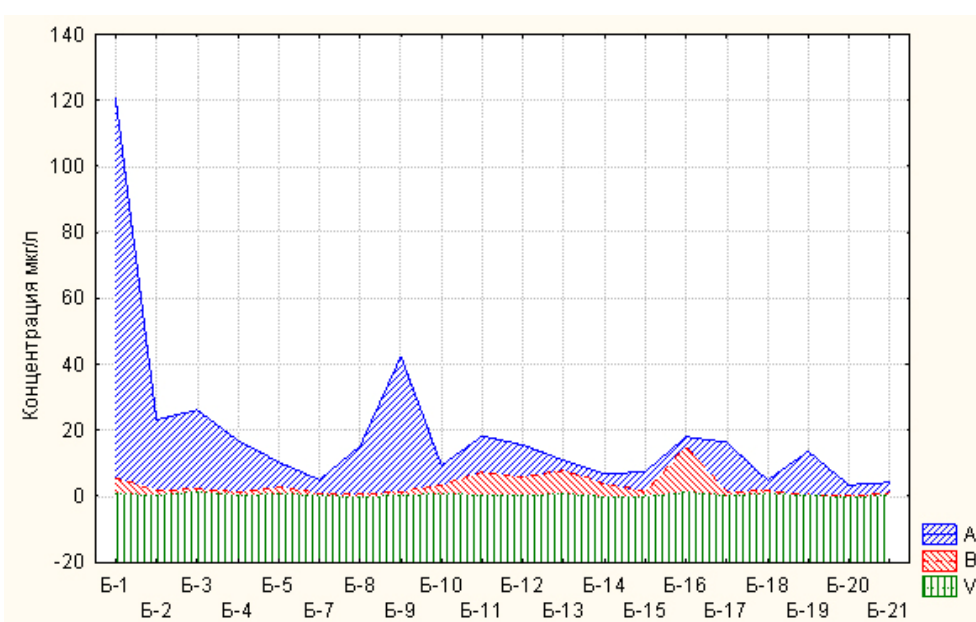
Буферная зона влияет на озеро Байкал преимущественно через сток в р. Селенгу. Характер влияния промузлов зоны атмосферного переноса наиболее достоверно устанавливается при снежной съемке. Вначале были определены характеристические элементы для каждого источника промузлов. Для Шелеховского промузла – это алюминий и бериллий, для Новоиркутской ТЭЦ – бор и скандий, для выбросов

Ангарского промузла характерны ванадий, бор, скандий, для Усольского промузла – скандий, ванадий, бор и ртуть. Анализ переноса этих элементов по долине реки Ангара и по Иркутскому водохранилищу показал, что на акватории Южного Байкала они ниже ПДК. Микроэлементный состав отфильтрованной снежной воды из проб побережья Южного Байкала, выявляет загрязнения акватории озера источниками на берегу – это п. Листвянка, Танхой, зона п. Солзан – г. Байкальск – п. Утулик и г. Слюдянка – п. Култук (рис. 1).

Данные графиков (рис. 2) показывают, что содержание микроэлементов характерных для Шелеховского, Новоиркутского, Ангарского, Усольского промузлов на Южном побережье Байкала достаточно малы, что снимает вопрос об их прямом воздействии на указанную область.



**Рис. 1.** Микроэлементы в снеге п. Листвянка (Б-1) – м. Толстый (Б-21).  
ПДК: В-300 мкг/л, АI-200 мкг/л, V-100 мкг/л.



**Рис. 2.** Микроэлементы в снеге г. Иркутск (А-1) – станция Батарейная (А-24).

Зона атмосферного воздействия от г. Черемхово до г. Иркутска и г. Шелехов по данным снежной геохимической съемки оказывает на озеро Байкал незначительное влияние. Перенос загрязнений ограничивается заливом Лиственничный. Нагрузка в оплате по двойному тарифу размещения отходов, сброса сточных вод и промвыбросов является чрезмерной и не дающей экологического эффекта.

Необходимо исследовать состояние Центральной экологической зоны оз. Байкал и принимать меры по снижению экологической нагрузки от рекреационных объектов и БЦБК с его полигонами промотходов, а также от городов и поселков прибрежной зоны. С каждым годом увеличивается протяженность береговой полосы озера, деградирующей под антропогенным воздействием. Зона влияния ограничивается десятью – пятьдесятью метрами акватории. Отдельные заливы и бухты по составу воды изменены значительно

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ПРИАНГАРЬЯ)**

**Хлебникова В.А.\*, Шергина О.В.\*\***

*\*Восточно-Сибирская государственная академия образования, г. Иркутск*

*\*\*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск,  
sherolga80@mail.ru*

Техногенные потоки вещества, образующиеся в пределах городских территорий Приангарья, содержат высокие концентрации токсичных соединений, которые загрязняют почвы, воды, растительность, атмосферный воздух. В последние годы в городах региона стало практикой размещение новых промышленных предприятий без учета вредного воздействия на компоненты окружающей среды. Кроме того, в городах происходит интенсивное жилищное строительство, увеличивается вырубка лесов под застройку в пригородных зонах. Актуальность проведенных исследований обусловлена необходимостью оценки почвенного покрова и растительности (основных средообразующих компонентов экосистемы) в промышленных зонах Приангарья, в пределах которых обнаруживается значительное ухудшение состояния окружающей среды.

Исследования состояния растений и почв проводились на территориях промышленных городов Приангарья. Были исследованы образцы почв (тип серые лесные) и растений, отобранные вблизи основных химических предприятий и ТЭЦ региона: г. Иркутск (лесная зона в микрорайоне Ново-Ленино); г. Шелехов (лес вблизи алюминиевого завода); г. Ангарск (лес вблизи ТЭЦ-10); г. Усолье-Сибирское (лесная зона вблизи ТЭЦ-11); г. Саянск (лесопарк вблизи Химпрома); г. Тайшет (лесная зона вблизи опытного цеха алюминиевого завода). Все выбранные города региона занимают прочную позицию в десятке самых загрязненных населенных пунктов РФ [Государственный..., 2011]. Наибольшее количество загрязняющих веществ поступает в атмосферный воздух от стационарных источников г. Ангарска и составляет 155 тыс. т/год, на втором месте по количеству выбросов находится г. Иркутск (65 тыс. т/год), на третьем – г. Шелехов (32 тыс. т/год).

Полевое исследование почв заключалось в составлении подробных морфогенетических описаний и фиксации антропогенных нарушений в системе почвенного профиля. Обнаружена значительная деградация почвенной толщи, которая выражается в резком снижении органического вещества в верхних горизонтах и

нарушении расположения генетических горизонтов. Установлено, что наибольшей антропогенной нарушенностью характеризуются почвы в промышленных зонах гг. Ангарска, Саянска, Тайшета.

При исследовании реакции среды верхних горизонтов серых лесных почв промышленных территорий Приангарья, обнаружено значительное ее изменение – от слабощелочной до кислой. Подщелачивание наблюдается в промышленных зонах гг. Усолье-Сибирское и Саянск. В районе Ново-Ленино г. Иркутска, вблизи крупных котельных, наоборот, происходит заметное увеличение кислотности верхних горизонтов почв. Было установлено, что между значениями актуальной ( $pH_{H_2O}$ ) и потенциальной ( $pH_{KCl}$ ) кислотностью верхних горизонтов почв обнаруживается тесная корреляционная связь. Зависимость указывает о тенденции к изменению актуальной (активной) кислотности почв в непрерывной взаимосвязи с потенциальной (резервной) кислотностью. Изучение накопления подвижной серы в почвах промышленных территорий Приангарья показало, что, содержание этого элемента-загрязнителя в верхних гумусовых горизонтах значительно превышает (в 4-15 раз) фоновый уровень. Выявлено, что основная доля серы в почвах сосредоточена в верхних гумусовых горизонтах, что указывает на вовлечение серы в процессе химического взаимодействия в состав органического вещества.

Ухудшение почвенных условий приводит к значительному антропогенному нарушению растительных сообществ. На пробных площадях происходит уменьшение на 40% проективного покрытия и снижение общего количества видов на 60%. В зонах техногенного воздействия происходит не только изменение структуры и состава травянистых растений, но и обнаруживаются признаки химического повреждения их ассимилирующей массы. Так, в зоне Иркутского алюминиевого завода обнаруживаются значительные ожоги на листьях осоки и папоротника. Исследования показали, что химическое загрязнение оказывает также мощное воздействие на древесные растения. У деревьев *Pinus sylvestris* L. регистрируются значительные некрозы хвои, так и ее полное отмирание. Побеги сосны значительно изменяются, на них сохраняется хвоя только второго и третьего годов, масса хвои на побегах значительно уменьшается. Для оценки ассимилирующей фитомассы сосны нами использовались следующие показатели: это длина и ширина хвои, полусферическая сторона и общая поверхность хвои [Уткин и др.]. Установлено, что наименьшие значения длины и ширины хвои выявлены для г. Ангарска, наибольшие – для г. Тайшет. Такие показатели, как полусферическая сторона хвои и общая поверхность хвои изменяются в соответствии с длиной и шириной хвои, наименьшие значения характерны для г. Ангарска, на втором месте – г. Усолье-Сибирское, на третьем – г. Шелехов.

Известно, что содержание фосфора в растительном организме определяет его устойчивость к неблагоприятным факторам среды [Ильин, 1985]. При определении содержания общего фосфора в хвое деревьев сосны выявлено, что оно превышает фоновые значения на 30%. Установлено, что самое высокое содержание этого элемента регистрируется в гг. Ангарск и Усолье-Сибирское, на втором месте – г. Иркутск, на третьем – гг. Саянск и Шелехов. Повышенная аккумуляция фосфора древесными насаждениями, по-видимому, обусловлена высокими концентрациями этого элемента в верхних гумусовых горизонтах почв в составе органических и неорганических кислот, возможно также поступление фосфорсодержащих веществ на поверхность почвы с техногенными выбросами органической природы.

В целом, показано, что в пределах промышленных зон Приангарья существует серьезная проблема техногенного загрязнения. На территориях наблюдается негативные изменения почвообразовательного процесса и формирования растительных сообществ. Выявлен ряд изменений морфологических характеристик почв и морфоструктурных показателей хвои сосны. Показано, что в результате увеличения

техногенной нагрузки нарушается мощность подстилки, структура органической толщи почв, уменьшается длина, ширина, полусферическая сторона и общая поверхность хвои. Изменение таких показателей, как содержание серы и фосфора в почвах и растениях промышленных территорий служит биоиндикационным критерием при оценке загрязнения промышленных территорий.

*Литература:*

*Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области за 2010 год. – Иркутск: ООО «Форвард». – 2011. – 400 с.*

*Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 129 с.*

*Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений: сущность параметров, использование. – М.: Изд-во Наука. – 2008. – 292 с.*

## **РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МЫШЬЯКА В РАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТИПАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАСЕЙНА ДАТУН, КИТАЙ**

**Хэ Чунью, Гусева Н.В.**

*Томский политехнический университет, г. Томск, hechunyou@126.com*

Во всем мире примерно 60 миллионов людей употребляют загрязненную мышьяком воду, из них 80% проживают в Азии. Наиболее остро эта проблема стоит для населения таких стран как Бангладеш и Индия [электронный ресурс, 2009]. Также весьма остро стоит проблема загрязнения подземных вод мышьяком и в Китае.

Одним из типичных районов загрязнения мышьяком подземных вод в Китае является бассейн Датун, находящийся на севере Китая. В 90-е годы прошлого века в данном районе появились случаи интоксикации мышьяком населения г. Шанин, г. Хуньюан. Значительное количество работ посвящено исследованию подземных вод бассейна Датун [Шварцев, 2007; Li, 2010; Su, 2012; Xie, 2008; Xie, 2012; Wang, 2010; Wang, 2005].

Цель данной работы заключается в установлении распространенности мышьяка в зависимости от анионного состава подземных вод. Подобные исследования приведены в работе [Шварцев, 2007], однако выводы, приводимые в этой работе, опираются на больший объем выборки, что позволило изучить распространенность мышьяка в большем количестве химических типов вод бассейна Датун.

В основу работы положены результаты исследования химического состава вод в 199 точках, которые были обобщены и систематизированы на основе литературных источников [Li, 2010; Su, 2012; Xie, 2008; Xie, 2012; Wang, 2010; Wang, 2005].

По химическому составу рассматриваемые воды весьма разнообразны (табл. 1). Минерализация вод изменяется в широких пределах от 0,3 до 9,4 г/л, рН от 7 до 8,84. Также в значительных пределах варьирует и содержание основных ионов. Концентрация мышьяка изменяется от 0,1 до 4235 мкг/л, при среднем – 178 мкг/л.

В результате обработки данных о химическом составе подземных вод, при учете 25 %-экв. содержания ионов, выделены 14 химических типов вод (табл. 2).

Катионный состав вод не столь разнообразен, во всех водах преобладающими катионами являются магний и натрий.

Выделенные типы характеризуются разной степенью распространенности, среди которых наиболее распространены гидрокарбонатные воды (55,28 %) (табл. 2). Величина общей минерализации этих вод минимальна – 0,792 г/л, а средняя концентрация мышьяка весьма высока – 224 мкг/л, кроме этого здесь отмечается максимальная концентрация мышьяка – 4235 мкг/л. Высокие средние концентрации

мышьяка отмечаются в водах, где преобладающим ионом является хлор-ион, так в гидрокарбонатно-сульфатном типе средняя концентрация мышьяка составляет 339 мкг/л, а в гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридном типе – 282 мкг/л. Представительность этих типов не высока, они встречаются в 7 и 2 точках соответственно. Также менее распространенными в рассматриваемом регионе являются соленоватые воды с рН от 7,79 до 8,2, в которых преобладающий анион – сульфат-ион. Средняя концентрация мышьяка в этих водах варьирует от 5 до 177 мкг/л, последняя отмечается в хлоридно-сульфатном типе.

**Таблица 1. Химический состав подземных вод бассейна Датун, мг/л (\*мкг/л)**

	pH	TDS	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	As*
Max	8,84	9400	189,49	742	65,9	2440	1605	2400	3121	4235
Mean	7,92	1442,75	37,84	72,71	4,92	282,75	538,54	247,95	258,50	178
Min	7	295,84	1,8	6,35	-	8,63	198,3	6	-	0,1

Примечание: « - »: ниже предела чувствительности

**Таблица 2. Характеристика химических типов подземных вод бассейна Датун**

Химический тип	Концентрация мышьяка, мкг/л			TDS, г/л	pH	Число появления	p%
	Mean	Max	Min				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	224	4234,90	0,10	0,792	8,00	110	55,28
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	33,01	499,70	0,40	1,546	7,69	22	11,06
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	41,95	82,50	1,40	4,864	7,81	2	1,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	52,20	155,00	0,50	1,648	7,67	4	2,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	196,33	1060,00	2,00	1,732	7,95	19	9,55
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,50	6,50	6,50	1,67	8,20	1	0,50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Cl <sup>-</sup>	109,9	196	23,80	1,355	8,025	2	1,01
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	6,90	2,17	2,368	8,01	2	1,01
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Cl <sup>-</sup>	177	857,00	10,20	6,433	7,79	5	2,51
Cl <sup>-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	339,37	941,00	94,10	1,530	8,15	7	3,52
Cl <sup>-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	166,72	500,00	1,64	2,121	7,80	6	3,02
Cl <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	282,40	756,00	0,60	2,941	7,76	2	2,01
Cl <sup>-</sup> -SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25,73	130,00	1,45	2,819	7,72	14	7,04
Cl <sup>-</sup>	2,78	2,78	2,78	0,800	8,10	1	0,50

Анализ корреляционной зависимости между основными анионами и мышьяком позволил выявить связи между мышьяком и гидрокарбонат-ионом и мышьяком и сульфат-ионом. Так гидрокарбонат-ион и мышьяк имеют положительную корреляционную связь, а сульфат-ион и мышьяк – отрицательную, что хорошо согласуется с выявленными ранее закономерностями.

Полученные в данной работе результаты позволили установить приоритетные для накопления мышьяка химические типы вод. Ионный состав вод наряду с другими параметрами химического состава вод может определять особенности накопления мышьяка в растворе, его миграции и удаления. Повышенное содержание мышьяка в подземных водах является весьма серьезной проблемой для населения, использующего эти воды в питьевых целях. Использование вод с повышенным содержанием мышьяка для питьевых целей без предварительной водоподготовки невозможно. Полученные результаты будут способствовать разработке рациональной технологии водоподготовки, направленной на снижение концентраций мышьяка в водах.

#### Литература:

Li Junxia, Su Chunli, Xie Xianjun, Wang Yanxin «Application of Multivariate Statistical Analysis to Research the Environment of Groundwater: A Case Study at Datong Basin, Northern China // Geological Science and Technology Information. – 2010. – V: 29 – № 6 – P. 94-100.

Su Chunli, Wang Yanxin, Xie Xianjun, Li Junxia Aqueous geochemistry of high-fluoride groundwater in Datong Basin, Northern China // Journal of Geochemical Exploration GEXPLO-05073; – 2012 – No of Pages 14



Wang Wei, Xu Yanhua. Research position and removal of arsenic contamination in water. *Studies of Trace Elements and Health*. – 2005. V. 22. – № 5. – P. 59- 61.

Wang Yanxin, Su Chunli, Xie Xianjun, Xie Zuoming The genesis of high arsenic groundwater: a case study in Datong basin. // *GEOLOGY IN CHINA*. – 2010. – Vol. 37. – No3 Jun. – P. 771-780.

Xie Xianjun, Wang Yanxin, Li Junxia, Su Chunli. Characteristics and implications of Rare Elements in High Arsenic groundwater from the Datong Basin. // *Earth Science- Journal of China University of Geosciences*. – 2012. – V. 37. – № 2. – P. 381-390.

Xie Xianjun. Sources and mobilization Processes of arsenic in the shallow aquifers of the Datong Basin// A Dissertation Submitted to China University of Geosciences for the Doetor Degree of PhilosoPhy. – 2008 – p 63-64.

Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А., Дутова Е.М., Кондратьева И.А., Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. – Т.2. Новосибирск:Изд-во СО РАН, 2007. – 389с.

Электронный ресурс [<http://news.eastday.com/w/20090405/u1a4291045.html>]

## **БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**Шергина О.В., Калугина О.В., Полякова М.С.**

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск,  
sherolga80@mail.ru*

Кислотность среды является важнейшим диагностирующим признаком природных объектов. Этот показатель определяет биогеохимическое накопление и перераспределение элементов в компонентах экосистемы. Изменение величины рН влияет как на физико-химические свойства почв, так и на химическую активность элементов в растительном организме. Причины изменения величины кислотности в экосистеме различны, но они всегда научно объяснимы [Кузнецов, 2001].

Исследования проводились на территории Приангарья с 2000 по 2012 гг. Исследования охватывают техногенно загрязненные, урбанизированные и лесные территории в составе крупной Иркутско-Черемховской промышленной агломерации, в которую входят города: Иркутск, Шелехов, Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово. Территории обследования располагаются в границах одного почвенного округа в пределах сосново-березовой лесостепи. Изучение биогеохимических показателей производится по разработанной нами схеме, включающей исследование основных компонентов системы «почва-растение»: ассимилирующая фитомасса древесных растений, органическая подстилка, травяной покров, подземная биомасса, все горизонты генетического профиля почв. Закладка опорных пробных площадей производится в лесопарках и городских лесах, в лесных зонах вблизи промышленных предприятий, а также в естественных лесах региона. На пробных площадях подробно изучаются генетические профили почв, состояние древесного яруса и травянистой растительности. Определение актуальной кислотности проводится потенциометрическим методом, для растительных образцов соотношение испытуемых проб и воды составляет 1:20, для почв – 1:2,5.

Результаты многолетних исследований показали, что почва как компонент экосистемы обладает большей устойчивостью к антропогенной нагрузке, чем растительность. Изучение древесной растительности на урбанизированных, промышленных территориях, а также в лесах региона позволило заключить, что этот компонент экосистемы является более уязвимым для воздействия антропогенных факторов [Михайлова, Шергина, 2011]. При исследовании актуальной кислотности в разных компонентах системы «почва-растение» выявлен тренд к снижению этого

показателя при усилении техногенного загрязнения среды. В частности, изменение кислотно-основного баланса в сторону подщелачивания особенно характерно для территорий крупных промышленных центров. Этот тренд обнаруживается для гомогенатов хвои, листьев древесных растений, надземной части травянистых растений, корневой биомассы, органической подстилки и почвенных суспензий. При анализе значений актуальной кислотности всех рассмотренных компонентов системы «почва-растение» в условиях, различающихся по уровню техногенного загрязнения, показано, что изменение кислотности одного из компонентов системы вызывает ее соответствующее изменение в других звеньях системы, причем, уровень корреляции между значениями очень высок ( $r = 0,88-0,99$ ). Этот факт имеет наибольшее подтверждение на техногенных территориях. Так, при рассмотрении техногенно-преобразованных почв (эмбриоземов) разных стадий почвообразования, значительно различающихся значениями кислотности среды, было установлено, что подщелачивание гомогенатов хвои и листьев деревьев, произрастающих на техногенно-преобразованных почвах, в первую очередь обусловлено высокой щелочностью техногенного субстрата, на котором происходило развитие почв. Кроме этого, установлено, что на территориях вблизи (5-10 км) крупных промышленных предприятий (ОАО «РУСАЛ-ИркАЗ», ОАО «Саянскхимпласт») и ТЭЦ также обнаруживается выраженное подщелачивание органической подстилки и верхних гумусовых горизонтов ( $pH_{H_2O} 7,1-8,0$ ).

Подробное изучение актуальной кислотности почвенных суспензий в пределах генетического профиля показало, что на большей части территорий городов в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв обнаруживается выраженное увеличение щелочности до значений  $pH_{H_2O} 7,5$  в сравнении с нижними органо-минеральными горизонтами. Для менее загрязненных почв городских окраин регистрируется постепенное вертикальное снижение значений актуальной кислотности по почвенному профилю. Что касается почв фоновых территорий, то здесь обнаруживается незначительное изменение кислотности по генетическим горизонтам (от 5,2 в верхних гумусовых до 5,8 в почвообразующих). Известно, что кислотно-основные условия среды во многом определяются содержанием катионов кальция и анионов сульфата. Исходя из этого, были проанализированы связи между уровнем актуальной кислотности и содержанием подвижных форм кальция и серы в компонентах системы «почва-растение». Обнаружено, что между этими показателями существуют достоверные корреляционные связи. На фоновых территориях уровень достоверности этих связей гораздо ниже ( $r = 0,5-0,6$ ,  $n = 10$ ).

Значимость кислотности среды подтверждается при оценке изменения миграционной активности тяжелых металлов. Так, в условиях техногенного загрязнения подщелачивание органической подстилки и верхних горизонтов почв определяет повышенную миграционную активность свинца во всем генетическом профиле почв. Об этом свидетельствуют линейные зависимости ( $R^2 = 0,74-0,84$ ) между содержанием свинца в верхнем гумусовом и других горизонтах почв: органо-минеральном, иллювиальном текстурном, почвообразующем. Установлено также, что изменение уровня кислотности почв приводит к химическому взаимодействию тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка) с обменными катионами почвенного поглощающего комплекса в системе почвенного профиля. В то время как в фоновых почвах подобные связи проявляются в меньшей степени и только в гумусовых и почвообразующих горизонтах. В свою очередь высокая миграционная активность тяжелых металлов приводит к их накоплению в хвое и листьях деревьев. Наиболее высокие концентрации токсикантов регистрируются нами в зонах интенсивного техногенного воздействия с нарушенным почвенным покровом.

Подводя итог, можно заключить, что комплексное исследование кислотности компонентов системы «почва – растение» дает возможность адекватно оценить уровень техногенной нагрузки на территориях.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-04-31036-мол\_а.*

#### *Литература:*

*Михайлова Т.А., Шергина О.В. Питательный статус древесных растений как интегральный показатель состояния урбоэкосистемы // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 66–73.*

*Кузнецов В.В. Определение pH // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 44-51.*

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРАС РЕКИ СЕЛЕНГИ**

**Штельмах С.И.**

*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия, fotina78@gmail.com*

Изучение состава, микроструктуры и свойств песчаных отложений проводилось в рамках инженерно-геологических и геоэкологических исследований.

Большая часть песчаных грунтов, предоставленных В.Л. Коломийцем (Институт геологии СО РАН, Улан-Удэ), относится к особой разновидности лессовых отложений – связным пескам, представляющим продукт воздействия процессов лессового литогенеза преимущественно криогенного характера в постдиагенетическую стадию существования песчаных толщ [Рященко, 1988].

Разрез в пределах уступа 35–40 метровой террасы р. Селенги (юго-восточная часть Гусиноозерской впадины) представляет собой циклично построенную озерно-аллювиальную толщу (I-aQ<sub>3</sub>) [Коломиец, 2010] мощностью 6,0 м с тремя погребенными почвенными горизонтами, которые также являются связными песками (ps\*\*), кроме этого в разрезе выделены песчаные отложения со следами связности (ps\*) и нормальные (ps). На поверхности второй террасы опробованы эоловые пески (vQ<sub>3.4</sub>-ps) одной из дюн.

С помощью количественного рентгенофлуоресцентного анализа в 11 образцах песчаных отложений определены содержания порообразующих оксидов K<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(общее), а также концентрации 18 микроэлементов, в том числе и токсичных (Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As и Sn) [Ревенко, 1994].

В результате анализа выявлены значительные отличия в химическом составе исследуемых песчаных отложений, которые находят отражение в характере распределения различных микроэлементов, в том числе и токсичных.

С помощью проведенного статистического анализа полученных концентраций микроэлементов в зависимости от значений коэффициента вариации выделены следующие группы элементов: Rb, Sr, Ba (V<sub>вар.</sub> < 10 %); Pb, Cu, Co, Ni, Y (V<sub>вар.</sub> = 10–20 %); V, Cr, Zn, Nb, La, Ce, Nd (V<sub>вар.</sub> = 21–27 %); Zr (V<sub>вар.</sub> = 30 %).

По максимальным содержаниям (ppm) на первом месте находится Ba (765); на втором – Sr (490), Zr (323); на третьем – V (99), Rb (87), Cr (72), Ce (69). Максимальные концентрации Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Y, Nb, La, Nd не превышают 50 ppm.

Рассматриваемые пески характеризуются низкой степенью загрязнения токсичными элементами по сравнению с дисперсными грунтами города Иркутска. В большинстве исследуемых песков отсутствуют мышьяк и олово. Так, концентрация As

(3,1 ppm) зафиксирована лишь в образце нормального песка (1-aQ<sub>3</sub>-ps), небольшие содержания Sn (3,7–3,9) установлены в песке со следами связности (1-aQ<sub>3</sub>-ps\*), а также в ппг1. Для исследуемых песчаных грунтов характерны низкие концентрации свинца (< 18 ppm).

Для определения общих геохимических особенностей исследуемых песчаных грунтов произведен расчет индикаторных коэффициентов: Ca/Sr, Ba/Sr, Rb/Sr, V/Zn, La/V, Ti/Zr (табл. 1).

**Таблица 1. Диапазоны значений Ca/Sr, Ba/Sr, Rb/Sr, V/Zn, La/V, Ti/Zr в исследуемых песчаных отложениях различных геолого-генетических комплексов**

ГТК	Ca/Sr	Ba/Sr	Rb/Sr	V/Zn	La/V	Ti/Zr	pH
vQ <sub>3-4</sub> -ps	41	1,72	0,18	2,40	0,23	22	7,4
1-aQ <sub>3</sub> -ps	73–76	1,40–1,84	0,15–0,21	2,51–2,55	0,27–0,28	15–20	7,4–7,6
1-aQ <sub>3</sub> -ps*	57–82	1,46–1,52	0,16–0,17	2,30–2,53	0,23–0,32	16–18	7,2–7,8
1-aQ <sub>3</sub> -ps**	54–73	1,53–1,58	0,16–0,18	2,07–2,41	0,25–0,32	17–18	7,4–7,6

Рассматриваемые песчаные грунты характеризуются низкими значениями (< 100) индикатора Ca/Sr, минимальное значение (41) зафиксировано в эоловых песках. Невысокие показатели коэффициентов Rb/Sr (0,15–0,21) и Ba/Sr (< 2) указывают на слабое развитие процессов гидrolитического выветривания, при которых происходит разрушение легкорастворимых минералов в результате реакций гидролиза, а также на замедленное протекание процессов выщелачивания [Калинин, 2009].

Отношения концентраций V/Zn, напротив, являются высокими (2,07–2,55), что характерно для солоноватых условий среды осадконакопления [Задкова, Пospelова, Симонова, 1968]. Значения индикатора Ti/Zr (15–22) в исследуемых песках являются более низкими по сравнению с показателями данного коэффициента в глинистых отложениях (aQ<sub>4</sub>-gln) (25–26) и (aQ<sub>3</sub>-gln) (24–31), распространенных как на урбанизированных территориях, так и за их пределами, поскольку с утяжелением гранулометрического состава пород величина отношения концентраций Ti к Zr возрастает и достигает максимальных значений в иловатых тяжелых суглинках и глинах [Сысо, 2007].

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Выявлен характер распределения различных микроэлементов в исследуемых песках.
2. Рассматриваемые песчаные отложения характеризуются низкой степенью загрязнения токсичными элементами.
3. Получены значения определенных индикаторных коэффициентов, предоставляющих информацию о характере протекания важных геологических процессов в исследуемом районе.

#### *Литература:*

- Задкова И.И., Пospelова Л.Н., Симонова В.И. *Неогеновые и четвертичные отложения Западной Сибири.* – М.: Наука, 1968. – 51 с.
- Калинин П.И. *Лессово-почвенные комплексы плейстоцена и палеопочвы голоцена юго-востока Русской равнины. Автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук.* – Воронеж, 2009. – 24 с.
- Коломиец В.Л. *Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны. Автореф. дис. ...канд. геол.-мин. наук.* – Иркутск, 2010. – 18 с.
- Ревенко А.Г. *Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов.* – Новосибирск: ВО Наука. Сиб. издательская фирма, 1994. – 264 с.
- Ряценок Т.Г. *Закономерности формирования состава и свойств лессовых отложений юга Восточной Сибири и Северной Монголии // Инженерная геология.* – 1988. – № 4. – С. 98–106.
- Сысо А.И. *Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири.* – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛЫ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ ЧЕРНОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

Ялалтдинова А.Р.

*Томский политехнический университет, г. Томск, yalaltdinova.aly@mail.ru*

Живые организмы являются, по определению В.И. Вернадского [Вернадский, 1940], наиболее могущественной силой геохимических процессов, протекающих на земной поверхности.

В то же время отмечается зависимость химического состава живого вещества от особенностей химического состава среды обитания. Так изучение геохимических особенностей растительности дает объективную оценку природной специфики территории, а при наличии крупного производства в составе растений наблюдается увеличение поступление специфических химических элементов [Барановская, 2011].

На территории г. Усть-Каменогорска (Республика Казахстан) было проведено исследование геохимического состава золы листьев тополя черного с целью оценки сложившейся эколого-геохимической ситуации и воздействия крупных промышленных предприятий города на окружающую среду. К предприятиям первой категории опасности в г. Усть-Каменогорске относятся: ТОО «Казцинк» (СЦК), выпускающий цинк, свинец, медь, золото и серебро, ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ», АО «Ульбинский металлургический завод» (УМЗ), производящий топливо для АЭС, тантал и бериллий, а также ОАО «Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат» (ТМК), помимо титана и магния, производящий скандий и ванадий [Самакова, 2005].

101 проба листьев тополя была отобрана в конце августа 2011 года по равномерной сети по всей территории города с уплотнением сети вблизи промышленных предприятий по стандартной методике. Для определения количественного содержания в золе листьев 28 химических элементов применялся инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА), осуществляемый на исследовательском реакторе ИРТ-Т НИИЯФ в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ (аналитик – с.н.с. А.Ф. Судыко). Лаборатория аттестована и аккредитована в системе стандартов Российской Федерации, качество результатов анализов удовлетворительно.

По результатам проведенных исследований в пределах города были выявлены участки геохимических аномалий ( $>x+3\sigma$ , где  $x$  - среднее арифметическое содержание элемента, а  $\sigma$  – стандартная ошибка). Так в зоне воздействия СЦК и УМЗ повышенными относительно среднего всей территории являются содержания Zn, As, Ag, Sb, Ta, Au, U, наличие которых может быть объяснено технологическими циклами предприятий. В районе ТМК отмечаются более высокие содержания Br и Sr. Объяснение этому пока найти не удалось, следует также отметить, что Ti и V, повышенные содержания которых в районе ТМК отмечались другими авторами, нами на данном этапе исследований не анализировались.

Важной геохимической характеристикой территории являются индикаторные показатели отношений элементов (таблица).

Th/U в природе больше 1. Но на данной территории оно превышает единицу только в 25 пробах, что говорит, о повышенных уровнях поступления урана в окружающую среду. Вероятным источником поступления является Ульбинский металлургический завод. Хотя содержание урана по мере удаления от Северной промышленной зоны сокращается, Th/U увеличивается незначительно из-за некоторого понижения содержания тория.

**Таблица. Индикаторные показатели отношений элементов на территории г. Усть-Каменогорска, в ближней и дальней зоне СПЗ (Северная промышленная зона, на территории которой расположены СЦК, УМЗ, УК ТЭЦ)**

	Среднее по городу	Max	Min	Ближняя зона СПЗ (< 5 км)	Дальняя зона СПЗ (> 5 км)
Th/U	0,9	12	0,02	0,82	0,85
La/Yb	27	540	3,6	29	22
La/Ce	1,2	36	0,25	0,9	1,8
La+Ce/Yn+Lu	41	204	6,8	42	37
Br/U	594	9950	33	550	686

Содержание легких лантаноидов в природе больше, чем тяжелых, в то же время церий в природе больше, чем лантана. Первое выражение выдерживается для данной территории, стоит также отметить, что по мере удаления от промзоны эта разница сокращается, но незначительно, главным образом, за счет сокращения содержания лантана. Природная тенденция преобладания церия над лантаном выдерживается на большей части территории, хотя в ближней зоне это соотношение нарушается.

Br/U отношение указывает на преобладание брома на данной территории. При переходе от ближней к дальней зоне содержание урана уменьшается, а брома наоборот, растет, что закономерно отражается на их соотношении.

Полученные данные по результатам изучения элементного состава золы листьев *Populus nigra L.* были сопоставлены с аналогичным материалом, полученным для г. Томска (2004 год, 10 проб [Барановская, 2011]), г. Павлодара (2007 год, 55 проб [Асылбекова, 2010]), а также г. Асино, который учитывался как условно чистый район Юга Западной Сибири (2006 год, 5 проб, отбор – Литусова Е.А. [Барановская, 2011]). Так, относительно других урбанизированных территорий, а также условно чистой территории, зола листьев тополя черного (*Populus nigra L.*) из г. Усть-Каменогорска характеризуется повышенным уровнем содержания Na, Zn, As, Br, Sr, Ag, Sb, Ta и U.

Таким образом, результаты данной работы показали, что на территории города сложилась неблагоприятная эколого-геохимическая обстановка, обусловленная деятельностью крупных промышленных предприятий, расположенных главным образом в центре города (СЦК, УМЗ, УК ТЭЦ).

Вблизи промышленных предприятий отмечаются ареолы повышенных содержаний элементов, что позволяет, зная специфику производств, предположить возможные источники поступления данных элементов. Так источником поступления Zn, As, Ag, Au, Sb, по-видимому, являются предприятия по переработке полиметаллических руд, тогда как источником поступления в природную среду Ta и U может, вероятно, рассматриваться Ульбинский металлургический завод. Сопоставление результатов с аналогичными данными по другим урбанизированным территориям, показало, что уровень содержания данных элементов высок не только вблизи предприятий, но и в целом на территории города.

#### *Литература:*

Асылбекова Г.Е. Оценка экологического состояния урбозкосистемы г. Павлодара с использованием растительных объектов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Павлодар, 2010. – 154 с.

Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Томск, 2011. – 46 с.

Вернадский В.И. Проблемы биохимии. – Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1940. – 47 с.

Самакова А.Б. Комплексная оценка экологии и здоровья населения промышленного города / А.Б. Самакова, А.А. Белоног, В.С. Якупов и др. – Алматы, 2005. – 300 с.

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОХИМИИ

### РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ЭМИССИОННЫЕ СПЕКТРОМЕТРЫ РЛП-21 И РЛП-21Т ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ефименко О.С. \*, Ефименко С.А. \*\*, Диханов Е.Н.\*\*

\* *Харьковский политехнический университет, г. Харьков, Украина*

\*\* *ТОО «Корпорация Казахмыс», г. Жезказган, Казахстан, serg\_yef@mail.ru*

Горные предприятия ТОО «Корпорация Казахмыс» ведут геологоразведочные и поисковые работы одновременно на нескольких перспективных объектах. Периодически возникают аналитические задачи из области прикладной геохимии. Задача исследований: выбор аналитического оборудования (спектрометров) для экспресс-лабораторий корпорации, адаптированного к решению геохимических задач. То есть, все спектрометры должны работать с максимально низкими пределами обнаружения содержаний элементов. Отдельное пожелание: спектрометры должны быть, по возможности, казахстанского производства.

Поставленная задача была решена с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра (EDXRF). Этому способствовало сотрудничество ТОО «Корпорация Казахмыс» с ведущим казахстанским разработчиком и производителем ядерно-геофизической аппаратуры и современного программного обеспечения ТОО «Физик» (г. Алма-Ата). В настоящее время в геофизических службах филиалов ТОО «Корпорация Казахмыс» как базовые используются EDXRF спектрометры РЛП-21 и РЛП-21Т.

EDXRF спектрометр РЛП-21 обеспечивает определение содержаний 34 элементов (Cu, Pb, Zn, Ag, Cd, Fe, As, Ba, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pd, In, Sn, Sb, Ta, Hg, Bi, W, U и Th) в порошковых пробах руд и горных пород. Прибор РЛП-21 включает Si–Li полупроводниковый детектор площадью 100мм<sup>2</sup> (охлаждение – жидкий азот); изотопные источники америций – 241 типа ИГИА-3М (4-6 шт); мишень (Ba, Cs); экспозиция измерений составляет 415 сек; облучение кюветы с пробой – снизу; турель на 10 кювет.

EDXRF спектрометр РЛП – 21Т обеспечивает определение содержаний 31 элемента (Cu, Pb, Zn, Ag, Cd, Mo, Fe, Se, As, Ba, W, Bi, Ti, Cr, Mn, V, Ni, Al, Si, S, Ca, Ga, Br, Sr, Zr, Rb, Y, Nb, Pd, U и Th) в одном режиме без применения вакуумного насоса и инертного газа при анализе на легкие элементы. РЛП-21Т включает дрейфовый полупроводниковый детектор (SDD) площадью около 25 мм<sup>2</sup> и толщиной 300-500 микрон (охлаждение – термохолодильник Пельтье); рентгеновская трубка VF-50J Rh (50 Вт) фирмы Varian Medical Systems (США); экспозиция измерений 150 сек; облучение кюветы с пробой – сверху; турель на 9 кювет. Детектор обеспечивает разрешение 150 эВ по линии 5,9 кэВ при загрузке 100 кГц. Основная мишень из теллура, дополнительная (для легких элементов) – из калия. Время формирования импульса 1,6 мкс. Сигнал полностью оцифровывается.

Общими для РЛП-21 и РЛП-21Т являются: спектрометрическое устройство (микропроцессор DS5002FP, программируемая логическая интегральная схема типа FPGA), блок управления, механизм перемещения турели, компьютер и принтер.

Наиболее важным элементом архитектуры обоих спектрометров является уникальный по сложности и возможностям пакет специализированных прикладных программ (ПСПП).

В рентгенофлуоресцентном анализе (РФА) полиметаллических руд сложного минерального (валового) и элементного состава до сих пор камнем преткновения

остаётся эффективный учёт матричного эффекта. Наибольшее распространение в EDXRF спектрометрах нового поколения получил учёт матричного эффекта по методу спектральных параметров (МСП). Разработчики программного обеспечения немного лукавят, когда утверждают, что при реализации МСП для учёта матричных эффектов в полном объёме необходимо только обеспечить введение поправок на все химические элементы, входящие в состав исследуемой пробы руды. Однако на практике реализовать это невозможно. Поэтому в ПСПП спектрометров РЛП-21 и РЛП-21Т используется модификация метода МСП – метод спектральных коэффициентов (МСК). При выполнении РФА с использованием МСК поправки вводятся на все определяемые элементы и некоторые неопределяемые элементы, содержания которых можно рассчитать через коэффициенты корреляции с определяемыми элементами-спутниками (например, содержание серы рассчитывается через интенсивность линий железа в пробах медно-колчеданных месторождений).

Применённая методическая новация обеспечила большую независимость результатов РФА на спектрометрах РЛП-21 и РЛП-21Т от влияния матричного эффекта на полиметаллических рудах самого сложного валового и элементного состава по сравнению с EDXRF спектрометрами данного класса. В совокупности с другими методическими новинками, заложенными в ПСПП, это обеспечило спектрометрам РЛП-21 и РЛП-21Т следующие преимущества:

1. РЛП-21 и РЛП-21Т обладают универсальной методикой, позволяющей вести РФА по принципу «объекты анализа разные, типы руд разные – градуировка одна». Пример: на РЛП-21, проградуированном на ГСО полиметаллических руд с разных месторождений Казахстана, были проанализированы промышленные продукты Жезказганского медьзавода (отвальный, конверторный и анодный шлаки, гранулы, штейн, материал из коробок, оборот из цеха корок, оборотная пыль, концентрат с конвертора). Несмотря на очень сложную для РФА матрицу, сходимость результатов РФА и химического анализа оказалась неожиданно хорошей.

2. РЛП-21 и РЛП-21Т ориентированы, прежде всего, на определение низких уровней (0,5 ÷ 10 ppm) массовых долей Ag, Cd, In, Se, Ga, Mo, Nb, Ta, U, Th и ряда других элементов. Один из РЛП-21 надёжно работает на рудах месторождения Нурказган, содержащих в среднем 2,8 ppm Ag и 40 ppm Mo.

3. РЛП-21 и РЛП-21Т имеют эффективный идентификатор аналитических линий (табл. 1). Тестирование на ГСО руды ГСО-3596 и ГСО-3597 для As и Pb, линии которых AsK $\alpha$  и PbL $\alpha$  имеют одинаковую энергию 10,5 кэВ, демонстрирует отсутствие на линии свинца «ложной» аномалии при высоких содержаниях мышьяка.

4. Пределы обнаружения элементов рассчитаны по критерию 3 $\sigma$  в ГСО (табл. 2).

**Таблица 1. Результаты тестирования идентификатора аналитических линий и контроль правильности результатов РФА**

ГСО	As, % мас.		Pb, % мас.	
	Аттестовано	Найдено	Аттестовано	Найдено
ГСО-3596	1,21	1,21	0,56	0,57
ГСО-3597	3,96	3,92	<0,01	0,009

**Таблица 2. Пределы обнаружения определяемых элементов**

Использованный ГСО	Элемент	Ед. изм.	Аттестованное содержание	Предел обнаружения
ГСО-3029	Ag	ppm	2,1	0,74
ГСО-4822	Cd	ppm	5,0	1,05
ГСО-2887	Zn	% мас.	0,011	0,0058
ГСО-2887	Pb	% мас.	0,037	0,0084



*Выводы.* Преимущества РФА с использованием EDXRF спектрометров РЛП-21 и РЛП-21Т при решении сложных аналитических задач геохимического плана однозначно свидетельствуют, что отечественные приборы представляют собой законченные высокотехнологичные изделия, выполненные на основе современной электронной базы, программные продукты которых включают современные методические приёмы.

## СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Русаков А.И.**

*Институт геохимии СО РАН, Иркутск, rusakov@igc.irk.ru*

В современных научных исследованиях и технических устройствах для регистрации ионизирующего излучения широко применяется сцинтилляционный метод. Сцинтилляционные детекторы – материалы, в которых при поглощении ими частиц или квантов ионизирующего излучения возникают световые вспышки, называемые сцинтилляциями. Это свечение точно характеризует интенсивность и вид ионизирующего излучения. Благодаря способности преобразовывать таким образом энергию ионизирующего излучения в световые сигналы сцинтилляторы широко применяются всюду, где требуется детектирование элементарных частиц или жестких электромагнитных излучений. Рост востребованности предполагает появление большого количества разработок новых сцинтилляционных материалов.

В литературе наглядно демонстрируется, что галоидные соединения обладают большим свечением (световыходом) по сравнению, например, с оксидами. Среди щелочно-галоидных кристаллов наиболее эффективным сцинтиллятором по значениям световыхода и времени высвечивания сцинтилляций являются кристаллы NaI(Tl), что обеспечивает им широкую область применения. В перспективе, не активированные (чистые) кристаллы NaI так же могут использоваться при низких температурах в детекторах регистрации темной материи [Bernabei et. al., 2003].

Получение не активированных монокристаллов NaI и CsI методом Бриджмена в вертикальном варианте на многозонной ростовой установке является целью данной работы. Ростовая установка такого типа позволяет создавать температурное поле любой конфигурации по всей высоте печи.

В связи с высокой гигроскопичностью, большое внимание уделялось подготовке сырья. Соли NaI и CsI выдерживались под вакуумом в течении 12 – 16 часов при температуре от 100°C до 450 °C. Подготовленное сырье запаивалось в откаченные до  $10^{-5} - 10^{-4}$  мм рт. ст. кварцевые ампулы, в которых проводилось выращивание. Скорость роста кристаллов составляла 2 мм/ч при температурном градиенте 10 – 15°C на 1 см. Выращенные кристаллы имеют достаточную чистоту и прозрачность.

В последние несколько лет приложено много усилий по поиску новых сцинтилляционных материалов [Derenzo et. al., 2008]. Данная работа служит базой для синтеза и исследования новых перспективных сцинтилляционных материалов, состоящих из тройных систем (пример: BaBrI, BaClI, BaClBr активированные  $\text{Eu}^{2+}$ ).

### *Литература:*

*Bernabei R. et. al. Dark matter search // Riv. Nuovo Chim. – 2003. – V. 26. – P. 1.*

*Derenzo S.E. et. al. // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 2008. – V. 55. – P. 1458–1463.*

# РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛЕНТНОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗА В ИЗВЕРЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ УЛЬТРАОСНОВНОГО И ОСНОВНОГО СОСТАВА

Чубаров В.М.

Институт геохимии СО РАН, Иркутск, *master-17@rambler.ru*

Определение валентного состояния железа в горных породах является актуальной проблемой для геохимии. Как нами было показано, метод рентгенофлуоресцентного анализа, который широко используется для количественного определения элементного состава горных пород, может быть также использован для определения содержания FeO в некоторых изверженных [Чубаров, Финкельштейн, 2010] и осадочных горных породах [Чубаров и др., 2011], железных рудах [Чубаров и др., 2009] и железомарганцевых конкрециях [Чубаров и др., 2010]. В данной работе представлена разработанная методика рентгенофлуоресцентного определения содержания FeO в изверженных горных породах основного и ультраосновного состава.

Изверженные горные породы основного и ультраосновного состава содержат в основном оксидные (магнетит, титаномагнетит, хромит) и силикатные (оливин, пироксен, амфибол, авгит) минералы железа. Как нами было показано ранее [Чубаров, Финкельштейн, 2010], для оксидных и силикатных минералов железа наблюдается линейная зависимость между аналитическим параметром  $R^I$  (отношением интенсивностей линий рентгеновского эмиссионного спектра  $FeK\beta_5$  и  $FeK\beta_{1,3}$ ) и отношением содержаний двухвалентного железа (в пересчете на оксид FeO) и общего железа (в пересчете на оксид  $Fe_2O_3^{общ}$ )  $R^c$ .

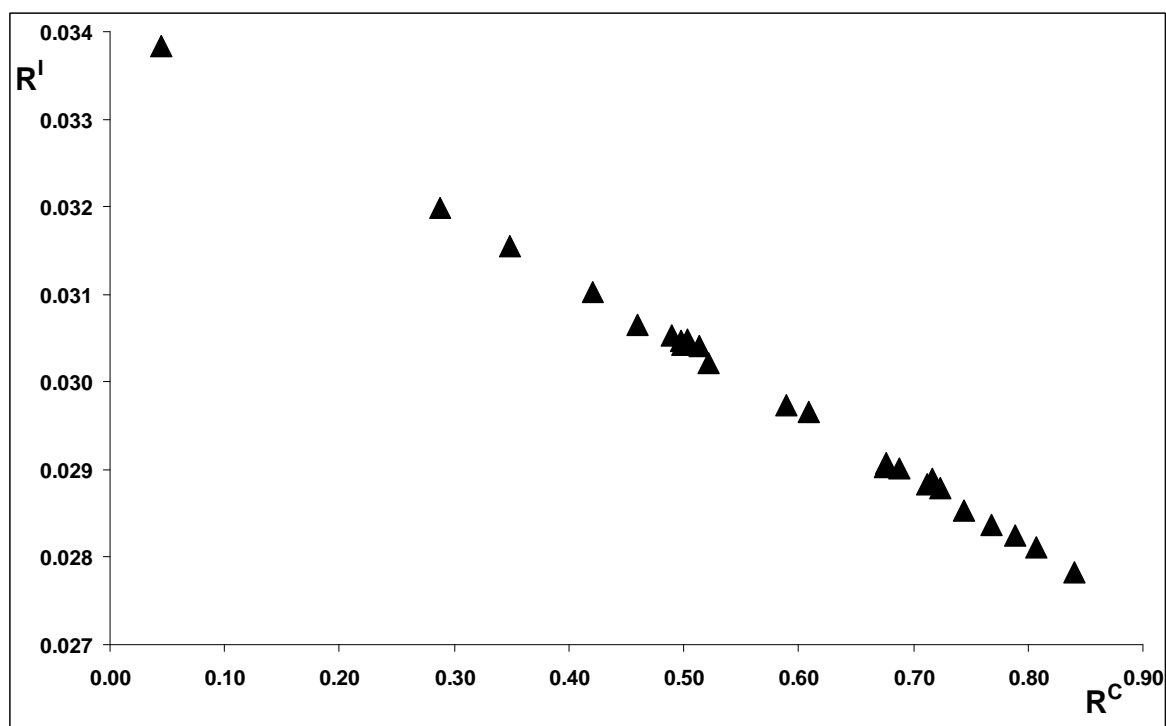


Рис. 1. Зависимость отношения интенсивностей  $R^I$  от отношения  $R^c$ .

Зависимость отношения  $R^c$  от  $R^I$  аппроксимировали уравнением линейной регрессии:

$$R^c = a_0 + a_1 * R^I + a_2 * C(Fe_2O_3^{общ}), \quad (1)$$

где  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  – коэффициенты регрессии. Полученное уравнение характеризовалось коэффициентом корреляции  $r_{xy}=-0.98$  и величиной стандартного отклонения  $s_r=0.03$ . Содержание FeO рассчитывали по формуле:

$$C(\text{FeO}) = R^c * C(\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{общ}}). \quad (2)$$

На рис. 1 приведена указанная зависимость для 25 стандартных образцов изверженных горных пород основного и ультраосновного состава: базальтов (JB-1, JB-2, JB-3, BE-N, MBL-1), габбро (ГВ, JGB-1, MGR-N, MRG-T, MO-2, MO-4, MO-5), диабазов (MO-1, W-2), анортозитов (AN-G, MO-6), перидотитов (JP-1, МУ-1), дунитов (DTS-1, МУ-2), горнблендита (МУ-3), кимберлита (МУ-4), меймечита (ДВМ-1), а также двух метаморфических пород серпентинитов (GAS, SW). Содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{общ}}$  в градуировочной выборке стандартных образцах варьирует в диапазоне 3.36 – 20.98 %, содержание FeO – в диапазоне 0.28 – 14.98 %, отношение  $R^c$  – в диапазоне 0.03 – 0.80.

По полученному уравнению были проанализированы 15 стандартных образцов изверженных горных пород (MBL-D, NKT-1, НТВ-1, СДУ-1, MO-2, VIR-1, WG-1, BNV-1, СГД-1А, СГД-2, DNC-1, OU-5, СТ-1А, СТ-2А, МЦ-3) и 9 реальных образцов базальтов и габбро, в которых содержание FeO аттестовано либо определено методикой титриметрического анализа. Для образцов с отношением  $R^c < 0.3$  погрешность определения достигала 20 отн. %, для остальных образцов погрешность не превышала 7 отн. %.

Разработанная методика используется в Лаборатории рентгеновских методов анализа Института геохимии им. А.П. Виноградова СО для рутинного определения содержания FeO в образцах горных пород основного и ультраосновного состава.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №12-03-371*

#### *Литература:*

Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л. Рентгенофлуоресцентное определение отношения  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$  в горных породах // Журнал аналитической химии. – 2010. – Т. 65, № 6. – С. 634-641.

Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Амиржанов А.А. Определение отношения  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{tot}}$  в железных рудах по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спектра // Аналитика и контроль. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 141-146.

Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Гранина Л.З. Определение содержания и валентного состояния железа и марганца в железомарганцевых конкрециях по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спектра // Аналитика и контроль. – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 65-72.

Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л., Мухетдинова А.В. Определение соотношения двух- и трехвалентного железа в карбонатных горных породах по эмиссионным линиям К-серии рентгеновского флуоресцентного спектра // Аналитика и контроль. – 2011. – Т. 15, № 3. – С. 339-343.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, РОСТ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

## ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В КВАРЦИТАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРАЛ-САРЬДАГ

Жабоедов А.П., Непомнящих А.И., Середкин Е. А.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, rover2808@yandex.ru*

Изучение характеристик фазовых переходов в кварцитах месторождения Бурал-Сарьдаг является важным этапом получения кварцевой керамики. При оптимальных режимах нагрева и достаточном количестве примесей-минерализаторов термические структурные превращения зерен кварца протекают по схеме, представленной на рисунке. Целью данной работы является определение температур фазовых переходов кварцитов и описание их кинетики. Работа проводилась в муфельной печи с максимальной температурой нагрева 1450°C при использовании силитовых нагревателей. Температуру фиксировали платино-родиевыми термопарами. В результате исследований выявлены температуры фазовых переходов кварца в кристобалит и установлены особенности кинетики данного перехода. Также выявлено, что образование фазы тридимита в исследуемых кварцитах не происходит, что обусловлено низкими содержаниями примесей-минерализаторов (Na, K, H<sub>2</sub>O и т.д.). [Исаев, 1997].



Рис. Схема фазовых переходов в кварце.

Полученные результаты представляют собой основу технологического процесса получения высокочистого кварцевого концентрата из кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг.

### *Литература:*

Исаев В.А. Физико-техническое обоснование новой технологии переработки непрозрачных разновидностей кварца// ИМГГУ 1997

## СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА $LaX_3$ ( $X = Cl, Br$ )

Левинсон Э.В.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, Diavolique@live.ru*

Когда речь заходит о галогенидах лантана, подразумеваются соединения  $LaBr_3$ ,  $LaCl_3$ , а также  $\neq$  активированные Ce соединения.  $LaBr_3$  и  $LaCl_3$  не только не уступают, но по некоторым параметрам превосходят  $NaI(Tl)$ . В следующей таблице приведены сравнительные характеристики  $LaBr_3$ ,  $LaCl_3$  и  $NaI(Tl)$ .

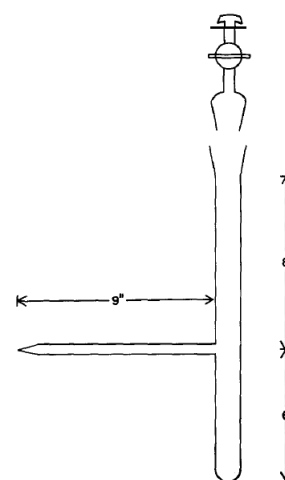
**Таблица. Сравнительные характеристики сцинтилляторов  $LaBr_3(Ce)$ ,  $LaCl_3(Ce)$ ,  $NaI(Tl)$**

Параметр	$LaBr_3(Ce)$	$LaCl_3(Ce)$	$NaI(Tl)$
Длина испускания $\lambda_{max}(nm)$	358	330	415
Плотность ( $g/cm^3$ )	5,29	3,86	3,67
Световыход ( $ph/MeV$ )	61000	46000	40000
Энергетическое разрешение, %	2,8	3,3	5,6

Из таблицы видно, что энергетическое разрешение  $LaBr_3(Ce)$  почти вдвое меньше энергетического разрешения  $NaI(Tl)$ , что способствует более высокой эффективности регистрации (на 10-70% выше). Также сцинтиллятор  $LaBr_3(Ce)$  обладает большим световыходом по сравнению с  $NaI(Tl)$ . Однако эти сцинтилляторы помимо того, что они очень гигроскопичны, обладают еще одним недостатком. Оба сцинтиллятора обладают собственной внутренней активностью, обусловленной наличием нестабильного изотопа  $^{138}La$  и загрязнением  $^{227}Ac$ . Собственная активность и сильная анизотропия температурного коэффициента линейного расширения являются существенными недостатками этих сцинтилляторов.

Методика подготовки сырья первоначально была отработана на соединениях  $CsI$  и  $NaI$ . Сырье  $CsI$  подготавливалось путем его просушки в отдельной ампуле при температуре  $200^\circ C$  около 6 часов. Далее сырье загружалось в ампулу, в которой непосредственно протекает рост кристалла. Второй этап сушки включал также нагрев до температуры  $400^\circ C$  и вакуумирование ампулы до  $10^{-5} - 10^{-4}$  мм рт. ст. Для сырья  $NaI$  первый этап подготовки включал в себя просушивание сырья в муфельной печи при температуре около  $70^\circ C$  для удаления гидратов. Далее сырье загружалось в ампулу, в которой происходил рост, и в ней сырье просушивалось при температуре от  $100^\circ C$  до  $450^\circ C$  с постепенным нагревом, на протяжении 12-16 часов, при постоянном вакуумировании до  $10^{-5} - 10^{-4}$  мм рт. ст.

Целью данной работы является отработка методики подготовки сырья на основе  $LaX_3$  ( $X = Cl, Br$ ), которая помимо непосредственной просушки сырья также включает его приготовление и перегонку для достижения оптимальной чистоты, а также выращивания данных кристаллов. Этапы подготовки сырья включают в себя приготовление соли  $LaX_3$  ( $X = Cl, Br$ ), дальнейшую ее дегидратацию, проходящую в 3 этапа. Сначала соль нагревают до температуры  $90^\circ C$  под вакуумом и выдерживают в течении 6 часов, далее температуру повышают до  $180^\circ C$  и также выдерживают в течении 6 часов, заключительная стадия просушки – это нагрев соли до температуры  $300^\circ C$  для хлорида, и до  $400^\circ C$  для бромиды, и выдерживание на



**Рис. 1. Ампула для перегонки.**

протяжение 12 часов. После просушки безводную соль доводят до плавления. Далее получившуюся кристаллическую массу загружают в ампулу для перегонки, которая представлена на рисунке. После всех подготовительных мероприятий, полученное сырье, уже загруженное в ампулу в ходе перегонки, помещается в ростовую установку. Температурный градиент составляет около 10°C/см, на расстоянии в 6 см. Скорость роста кристалла порядка 1мм/час. После завершения роста кристалла, ростовая установка постепенно охлаждается до комнатной температуры со скоростью порядка 40°C/час, во избежание разрушения кристалла.

*Литература:*

*K.W. Kramer, P. Dorenbos, E.V.D. van Loef and C.W.E. van Eijck High-energy-resolution scintillator: Ce<sup>3+</sup> activated LaBr<sub>3</sub>// Appl. Phys. Lett. 79, 1573(2001).*

*D.E. Cox, F.K. Fong Growth of single crystals of anhydrous lanthanide halides // Journal of Crystal Growth 20 (1973) 233-238.*

## БИООКИСЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПИРИТА

**\* Липко С.В., \*\* Липко И.А., \*\* Арсентьев К.Ю., \*\* Сулова М.Ю., \*\* Калужная О.В.,  
\*\* Тихонова И.В., \*\*\* Михайлова А.Н.**

*\* Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, slipko@yandex.ru,*

*\*\* Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, irinalipko@yandex.ru,*

*\*\*\* ОАО «Иргиредмет», г. Иркутск, mihaylova@irgiredmet.ru*

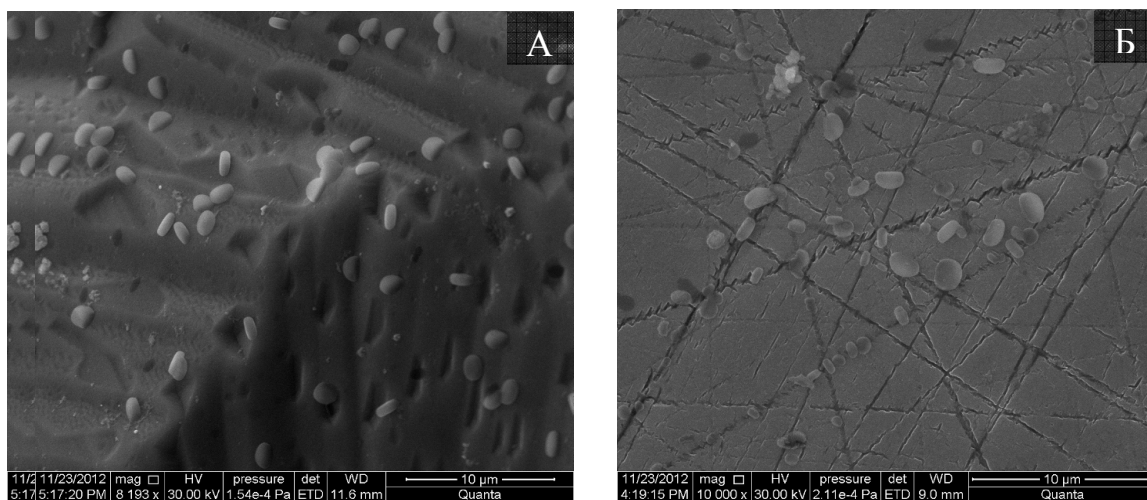
Впервые получены данные по биоокислению пирита с учётом структуры поверхности кристаллов в заданных условиях. Хотя исследования по биоокислению поверхности пирита известны в мировой практике [Edwards et al., 1999], они не учитывали присутствия на поверхности неавтономных фаз (НФ) и в большинстве случаев проводились на природном материале с плохо контролируемыми свойствами. Для проведения эксперимента впервые синтезировали кристаллы с различной степенью развития на поверхности НФ, контролируемой условиями роста [Tauson, Lipko, 2013].

Одной из групп железобактерий, способных окислять соединения Fe(II), являются облигатно ацидофильные «истинные» железобактерии, использующие двухвалентное железо в качестве энергетического источника. В эксперименте использовали смешанную культуру ацидофильных железобактерий, выделенных из природных местообитаний (сульфидных рудопроявлений) Иркутской области. Культивирование железобактерий проводили на среде Сильвермана и Лунгрена 9К [Silverman, Lungren, 1959]. Морфологию и численность клеток изучали методами эпифлюоресцентной и сканирующей электронной микроскопии. Для уточнения таксономической принадлежности бактерий, содержащихся в смешанной культуре, были проведены молекулярно-биологические исследования на основе анализа последовательностей гена 16S рРНК.

По методике гидротермального термоградиентного синтеза выращены кристаллы пирита размером до 5 мм. Эксперимент по биоокислению пирита проводили на жидкой среде 9К без сульфата железа. Колбы со стерильной средой и кусочками полированного пирита и пирита с НФ инокулировали бактериальной культурой. Культивировали при комнатной температуре, постоянном перемешивании (110 об./мин) в течение трех недель. Каждую неделю колбы с разными образцами пирита отбирали для дальнейших исследований. Образцы пирита после эксперимента анализировали на сканирующем мультимикроскопе СММ-2000 в атомно-силовом

режиме и растровом электронном микроскопе FEI Company Quanta 200 с приставкой рентгеновского микроанализа EDAX.

Установлено, что поверхность полированного пирита менее подвержена бактериальному окислению, по сравнению с пиритом, содержащим НФ, а активность бактерий связана со структурой поверхности пирита. На рисунке 1 показаны разные поверхности пирита после двухнедельного культивирования железобактерий. На поверхности с НФ видны клетки бактерий и характерные следы взаимодействия бактерий и пирита в виде лунок разного размера, сопоставимых с размерами бактерий. Для полированного пирита эти следы почти отсутствуют и наблюдаются только по границам царапин, оставшихся после полировки. Подобные образования (нанолунки) были обнаружены нами ранее, при исследовании пирита из золоторудного месторождения Сухой Лог Иркутской области [Tauson et. al., 2009]. Это подтверждает родство процессов, протекающих в природе, и, в поставленном эксперименте.



**Рис. 1. Морфология поверхности пирита (сканирующая электронная микроскопия, ув. x 10 000). А – поверхность, содержащая НФ, Б – полированная поверхность.**

Кроме лунок, на поверхности пирита с НФ обнаружены различные следы бактериальной жизнедеятельности, такие как биопленка и микрокристаллы. Выявлены области с высоким содержанием титана, который является механической примесью при выращивании пирита в контейнерах из титановых сплавов. Следовательно, помимо биовыщелачивания, данные железобактерии могут участвовать в перераспределении титана по поверхности пирита.

Таким образом, полученные характерные морфологические изменения поверхности пирита позволят в дальнейшем выявлять минералы, которые формировались на начальном или конечном этапе роста при участии бактерий, а также установить роль бактериального фактора в этом процессе и показать особенности генезиса руд на Земле.

*Фотографии с растрового микроскопа получены в приборном центре «Электронная микроскопия» Объединённого центра ультрамикроанализа ЛИИ СО РАН. Работа проводится в рамках проекта РФФИ 12-05-98957-р\_сибирь.*

#### *Литература:*

*Edwards K.J., Goebel B.M., Rodgers T.M. et al. Geomicrobiology of pyrite (FeS<sub>2</sub>) dissolution: case study at Iron mountain, California // Geomicrobiol. – 1999. – V. 16. – P. 155-179.*

*Gonzales-Torel E., Llobet-Brossa E., Casamayor E.O., Amann R., Amils R. Microbial; ecology of an extreme acidic environment the Tinto river //Appl. Environ. Microbiol. – 2003. – V. 69, – N 8. – P. 4853-4865.*

Silverman M.P., Lundgren D.G. Studies on the chemoautotrophic iron bacterium *Thiobacillus ferrooxidans*. I. An improved medium and a harvesting procedure for securing high cellular yields // *J. bacterial*. – 1959. – V. 77. – P. 642-647.

Tauson V.L., Lipko S.V., Shchegolkov Yu.V. Surface nanoscale relief of mineral crystals and its relation to nonautonomous phase formation // *Crystallography Reports*. – 2009. – V. 54, N 7. – P. 1219–1227.

Tauson V.L. Lipko. S.V. Pyrite as a concentrator of gold in laboratory and natural systems: a surface-related effect // *Pyrite: Synthesis, Characterization and Uses*. Nova Science Publishers. – 2013. – P. 1-40.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В ХАРАКТЕРИСТИКЕ РЕЖИМА РОСТА МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

**Пресняков Р.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, ropr@igc.irk.ru*

В настоящее время мультикристаллический кремний (mc-Si) по праву считается базовым материалом для солнечных элементов [Schreiber, 2011]. Основным фактором, сдерживающим рост солнечной энергетики, является высокая цена полупроводникового кремния.

С этой точки зрения наиболее перспективным является более дешёвый рафинированный металлургический кремний [Dietl, 1981]. Его использование требует знания предельно допустимых для него концентраций примесей не только в совокупности (табл. 1), но и по отдельным элементам. В ходе направленной кристаллизации кроме заключительной очистки кремния от примеси с эффективностью, определяемой её равновесным коэффициентом распределения ( $k_0$ ), происходит формирование макро- и микроструктуры слитка.

**Таблица 1. Содержание примесей в кремнии: 1 – полупроводниковый (poly-Si); 2 – монокристаллический (Sc-Si); 3 - "солнечный" (SoG-Si); 4 — рафинированный металлургический HP2-Si; 5 – рафинированный металлургический HP1-Si; 6 – металлургический (MG-Si)**

	~ 1 ат.%	$10^{-2} \div 10^{-1}$ ат.%	$10^{-4} \div 10^{-2}$ ат.%	$10^{-5} \div 10^{-4}$ ат.%	$10^{-7} \div 10^{-5}$ ат.%	$10^{-8} \div 10^{-7}$ ат.%
Poly-Si						*
Sc-Si					*	
SoG-Si				*		
HP2-Si			*			
HP1-Si		*				
MG-Si	*					

Значение эффективного коэффициента распределения примеси связано с особенностями теплопереноса, которые задают параметры ростового процесса (скорости, градиенты). В формуле Бартона-Прима-Слихтера (1) для стационарного распределения примесей в расплаве это выражается через конвективно-диффузионный параметр  $V\delta/D$ , называемый числом Пекле.

$$k_{eff} = \frac{k_0}{k_0 + (1 - k_0)e^{-(V\delta/D)}} \quad (1)$$

Слитки mc-Si на основе металлургического кремния базовой и высокой чистоты были выращены при оптимальных условиях, что означает: 1) вращение системы тигель-расплав-кристалл со скоростью, достаточной для выравнивания теплового поля;



2) перемещение системы тигель-расплав-кристалл с низкой скоростью, которая предотвращает концентрационное переохлаждение на межфазной границе. С помощью метода ICP MS получены профили распределения примесей группы железа по оси роста кристаллов. Расчёт эффективных коэффициентов распределения этих элементов в слитке в приближении Пфанна (2) показывает снижение их значений (табл. 2) при увеличении концентраций примесей в исходной загрузке ( $C_0$ ).

$$C = C_0 k_{eff} (1 - f)^{k_{eff} - 1} \quad (2),$$

где  $f$  – доля закристаллизовавшегося кремния.

**Таблица 2. Эффективные коэффициенты распределения примесей, полученные в процессе выращивания слитков №1, №2, №3 на основе рафинированного металлургического кремния**

	Fe		Ni		V		Ti		Cr		Mn		Co	
	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$	$k_{eff}$	$\Delta$
№1	0,06	9	0,15	10	0,0015	5,9	0,15	10,8	0,04	8,2	0,03	8	0,0003	3,6
№2	0,08	9,3	0,18	10,2	0,003	6,6	0,08	10,1	-	-	0,06	8,8	0,0012	5
№3	0,2	10,3	0,3	11,1	0,008	7,6	-	-	0,12	9,4	0,16	9,8	0,0010	4,8

Профили распределения примесей существенно отличаются от распределения Пфанна, показывая влияние переходных процессов, характерных для начальной и конечной стадий кристаллизации вследствие конечного объёма вещества. Кроме того, значения чисел Пекле, представленные в табл. 1, существенно больше 1. Это показывает, что в рассматриваемой системе сохраняется диффузионный тепломассоперенос при существенном влиянии свободной термогравитационной конвекции [Непомнящих, 2012]. Исходя из этого, анализ полученного распределения примесей на основе приближения, описывающего конвективный перенос вещества, не представляется корректным. В докладе приводятся результаты анализа экспериментальных профилей распределения примесей в слитках на основе модели Фавье, путём численного решения уравнения диффузии с движущейся границей [Favier, 1981].

Проведены измерения эффекта Холла на прямоугольных образцах полученных кристаллов до и после термической обработки [Wu, 2011]. Образцы вырезаны в нижней ( $f < 0,2$ ) и в верхней ( $f > 0,8$ ) частях слитков. Показано, что при увеличении общего содержания примесей не происходит снижения подвижности носителей заряда в образцах ниже значений, характерных для производимого в настоящее время mc-Si р-типа электропроводности [Martinuzzi, 2007]. Установлено, что при одинаковой электропроводности образцов холловская подвижность носителей заряда в образцах mc-Si на основе HP1-Si более устойчива к высокотемпературному отжигу ( $1200^{\circ}\text{C}$ ), чем в образцах mc-Si на основе HP2-Si.

#### *Литература:*

- Dietl J., Helmreich D., Sirtl E. "Solar" silicon / *Crystals, Growth, Properties and Application*. B. 5. Springer Verlag. – 1981. – P. 43-107.
- Favier J.J. *Macrosegregation – I. Unified analysis during non-steady state solidification*. // *Acta Metallurgica*. – 1981. – V. 29. – Is. 1. – P. 197-204.
- Martinuzzi S., Perichaud I., Palais O. *Segregation phenomena in large-size cast multicrystalline Si ingots*. // *Solar energy materials and solar cells*. – 2007. – V. 91. – Is. 13. – P. 1172-1175.
- Schreiber D. *Solar PV markets and industry today and tomorrow global vision*. // 2011 // [www.eupd-research.com](http://www.eupd-research.com).
- Wu H., Ma W., Chen X., Jiang ., Mei X., Zhang C., Wu X. *Effect of thermal annealing on defects of upgraded metallurgical grade silicon*. // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. – 2011. – V. 21. – Is. 6. – P. 1340-1347.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГРУППИРОВОК В КВАРЦЕ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ**

**Штенберг М.В.**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, shtenberg@mineralogy.ru*

Кварц является одним из наиболее распространенных минералов в земной коре, и его использование связано в первую очередь с производством различных марок кварцевых стекол. Технологические свойства кварца для получения высокочистого кварцевого стекла определяются содержанием примесей. Наряду с минеральными и структурными примесями, находящиеся в этом номинально безводном минерале, вода и Н-дефекты оказывают значительное влияние на качество получаемых материалов [Емлин и др., 1988; Мельников, 1988].

Метод колебательной спектроскопии, в частности инфракрасной, один из немногих методов позволяющий получить информацию о нахождении водородсодержащих группировок в различных минералах. Исследователями [Kats, 1962; Aines, Rossman, 1984; Kronenberg, 1994] было установлено, что в области спектра 3000-3800 см<sup>-1</sup> проявляются валентные колебания связи О-Н. Эти исследования, как правило, выполнены на плоскополированных пластинках толщиной ~ 1 мм, вырезанных из образцов кварца, что позволяет получить ИК спектры высокого качества и количественно оценить содержание воды в разных структурных формах. Вместе с тем, огромное значение имеет изучение водородсодержащих дефектов в кварцевой крупке, как основного продукта обогащения кварца и сырья для наплава стекла. Очевидно, что значительная часть воды в межзерновом пространстве и газожидких включениях будет удалена при дроблении.

Объектом исследования в данной работе выступал кварц с различных месторождений на Урале (Гора Хрустальная, Светлореченское, Кузнечихинское, Кыштымское, Иткульское, Аргазинское, Вязовское, жила Толстиха).

Из образцов кварца массой ~ 1 кг были изготовлены плоскопараллельные пластинки толщиной 0.5-1 мм и выделена крупка фракции 0.2-0.4 мм. Регистрация инфракрасных спектров выполнялась на инфракрасном Фурье-спектрометре Nexus-6700 Thermo Nicolet. Для получения спектров пропускания кварцевой крупки были использованы специальные кюветы, изготовленные из безгидроксильного кварцевого стекла КС4-В. В качестве иммерсионной жидкости применялся ССl<sub>4</sub> квалификации ОСЧ. Эффективную толщину поглощающего слоя определяли по следующей формуле:

$$d = \frac{(m_2 - m_1)}{\rho \cdot h \cdot w} \quad (1)$$

где  $d$  – толщина поглощающего слоя, см;  $m_2$  – масса кюветки с кварцем, г;  $m_1$  – масса пустой кюветки, г;  $\rho$  – плотность кварца, г/см<sup>3</sup>;  $h$  – высота поглощающего слоя, см;  $w$  – ширина слоя, см.

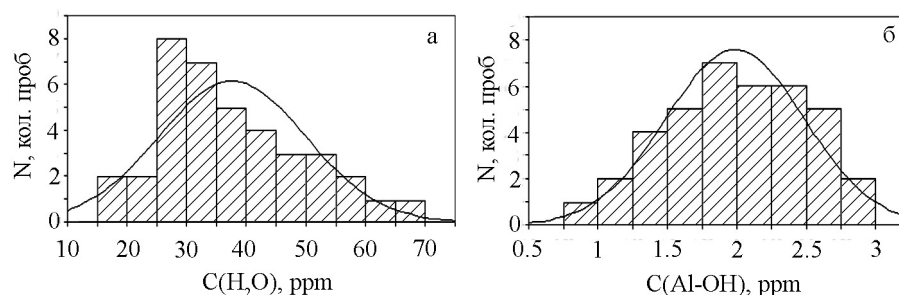
Для всех зарегистрированных ИК спектров была выполнена процедура коррекции базовой линии. За счет рассеяния света на границе раздела зерен кварца и жидкости спектры пропускания кварцевой крупки имеют искажение. Рассеяние вызвано небольшим различием в показателях преломления кварца и иммерсионной

жидкости. Для учета этого искажения базовую линию аппроксимировали полином 3 степени. Для спектров пластинок форма базовой линии имеет значение только в маловодных образцах кварца. Полученные спектры пропускания были пересчитаны в спектры поглощения (оптическую плотность) с последующей нормировкой на толщину образца. Обработка спектров производилась с помощью программного пакета OMNIC Thermo Nicolet и программы Peakfit.

Для оценки погрешности измерения концентрации воды и водородсодержащих группировок был проведен следующий эксперимент. Из одного образца кварца Кузнечихинского месторождения было вырезано и изготовлено 38 плоскопараллельных пластинок в различных сечениях толщиной  $\sim 0,5$  мм. Расчет позволил определить следующие статистические параметры ( $X_{\text{ср}}$  – среднее значение концентрации,  $\sigma$  – стандартное отклонение):

$$\begin{aligned} X_{\text{ср}}(\text{H}_2\text{O}) &= 40 \text{ ppm}; & \sigma(\text{H}_2\text{O}) &= 12 \text{ ppm}, \\ X_{\text{ср}}(\text{Al-OH}) &= 2 \text{ ppm}; & \sigma(\text{Al-OH}) &= 0.5 \text{ ppm}. \end{aligned}$$

На рисунке представлены соответственно гистограммы распределения содержания воды и группировок Al-OH в кварце. Видно, что наблюдается асимметрия ( $A = 0,54$ ) для гистограммы  $\text{H}_2\text{O}$ , выражающаяся в более длинном правом плече. Это связано с невозможностью наличия отрицательных концентраций воды. Концентрация группировок Al-OH имеет хорошо выраженное нормальное распределение с небольшим коэффициентом асимметрии ( $A = -0,16$ ).



**Рис.** Гистограмма распределения концентрации молекулярной воды (а) и группировок Al-OH (б) в образце кварца Кузнечихинского месторождения ( $N = 38$ ).

Проведенные исследования позволили установить, что относительная погрешность измерений концентраций молекулярной воды и группировок Al-OH в кварце не превышает 25 %. Это позволяет использовать метод ИК спектроскопии для оценки качества кварцевого сырья [Штенберг и др., 2012].

*Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (№ 14.В37.21.1259).*

#### **Литература:**

Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А., Якишин В.И. Жильный кварц Урала в науке и технике. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, – 1988. – 272 с.

Мельников Е.П. Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. М.: Недра, – 1988. – 216 с.

Штенберг М.В., Ардышев П.А., Зайнуллина Р.Т. Исследование воды в крупке жильного кварца некоторых месторождений Урала методом ИК-спектроскопии // Литосфера. – 2012. – №6, – С. 119–125.

Aines R.D., Rossman G.R. Water in minerals? A peak in the infrared // Journal of Geophysical Research. – 1984. – V.89. – № B6. – P. 4059–4071.

Kats A. Hydrogen in Alpha-quartz // Philips Research Reports. – 1962. – V.17. – P. 201–279.

Kronenberg A.K. Hydrogen speciation and chemical weakening of quartz. // Reviews in Mineralogy. – 1994. – V.29. – P. 123–176.

# **СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** **В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ**

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ В УСЛОВИЯХ КОДАРО-УДОКАНСКОЙ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ**

**Блинов А.В., Костерев А.Н., Паршин А.В.**

*Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск,  
belor\_cool@mail.ru*

Кодаро-Удоканская минерагеническая зона известна своими месторождениями благородных, радиоактивных и редких металлов. Несмотря на детальную изученность этого региона, генезис ряда месторождений остается дискуссионным, что затрудняет формирование системы критериев для поисков новых рудопроявлений. Перспективность обнаружения новых объектов связывают с локализованной в её пределах раннепротерозойской углеродисто-терригенной толщей, выступающей в качестве источника Au, ЭПГ, Cu, а также радиоактивных элементов [Паршин и др., 2013].

Значительный интерес представляет формирование комплекса геохимических, геофизических методов и поисковых критериев, обеспечивающих обнаружение источников минерализации с учётом региональных особенностей, влияющих на постановку и проведение поисковых работ. Методы должны отвечать следующим требованиям: простота, экспрессность, относительная глубинность.

Целью исследования является выявление и обоснование комплекса геологически эффективных и экономически целесообразных геофизических методов проведения поисков рудных (в первую очередь благородно-металльных) месторождений в пределах Кодаро-Удоканской СФЗ.

Оценка перспектив применения различных геохимических и геофизических методов для поисков месторождений в пределах Кодаро-Удоканской СФЗ начиналась с анализа доступных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в том числе, геофизических данных, в качестве которых данных выступали карты аномалий силы тяжести в редукции Буге и результаты аэромагнитной съемки, масштаб 1:500000. Рассматриваемая территория характеризуется наличием выраженных отрицательных (до – 18 мГал) гравитационных аномалий, которые локализованы в районах выхода позднепалеозойских интрузий гранитоидного состава. В то же время, детальным анализ доступных картографических материалов [Пластинин, 1997], в том числе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) указывает на то, что причиной наблюдаемых аномалий поля могут являться мощные наледы, имеющие повсеместное распространение в районе хребта Кодар.

Зона хадатканского разлома также характеризуется наличием магнитных аномалий, в том числе и в рудной зоне месторождения Хадатканда. Максимумы амплитуд до 2000 нТл наблюдаются в восточной части разлома и приурочены к выходам пород чинейской серии. Мелкий масштаб карт полей не позволяют судить о размерах или даже точной пространственной локализации источников аномалий.

Для заверки данных аэрогеофизики и ДЗЗ, а также установления точной связи между потенциально рудоносными структурами и их геофизическими полями были выполнены рекогносцировочные пешеходные радиометрические и магнитометрические исследования по сети 30x80 м в районе месторождения Хадатканда и по сети 40x100 м далее на восток по Хадатканскому разлому до притока

р. Верхняя Хадатканда. Наземные исследования подтверждают наличие наледей в зоне гравиметрических аномалий. Применение электроразведки в рассматриваемом районе в значительной степени затруднено обилием грубообломочного материала и зарослей кедрового стланника, а также постоянным наличием многолетне-мерзлотных горных пород и льдов подо мхом на глубине свыше 10 - 15 см, электромагнитные свойства которых является сложной функцией температуры, литологического состава, структуры, текстуры, влажности и т.д. Проведение исследований, направленных на исключение их искажающего влияния на данном этапе исследований не представляется возможным.

Проведенная пешеходная гамма-съемка, как навигатор дальнейших поисков не дала существенных результатов. Даже в пределах рудной зоны месторождения повышенная радиоактивность наблюдается исключительно в непосредственной близости от рудоразработок (свыше 2000 мкР/ч), шахт и штолен. Частично это связано с перекрытием истинного гамма-фона, обусловленным постоянным наличием под мхом на глубине свыше 15 см. слоя льда, хорошо поглощающего ионизирующее излучение. Незначительное повышение радиоактивности может быть зафиксировано только в выходах коренных пород в прибрежной зоне реки Хадатканда, что позволяет сделать предположение о глубинном залегании ураноносных пород. Проверить предположение не удалось, поскольку шахты и штольни месторождения затоплены.

Подтверждается наличие в рудной зоне месторождения положительных аномалий магнитного поля. Однако, в пешеходном варианте амплитуда аномалии значительно больше – до 1600 нТл против 100 нТл в аэроварианте метода. Максимумы амплитуд локализируются в разных местах, что связано с недостаточно плотной сетью измерений аэромагниторазведки. Очевидно, рудные тела имеют сравнительно небольшие размеры.

Выявленные магнитные аномалии приурочены непосредственно к участкам, перспективным на золотоеоруденение, при этом пики аномалий магнитного поля пространственно близки к зонам, в которых отобраны пробы с повышенными содержаниями пирита и пирротина. Это подтверждает предположение о генетической связи золота с сульфидной минерализацией, и позволяет считать магниторазведку геофизическим методом, наиболее подходящим для поиска золоторудных объектов. Кроме того, поскольку в пределах изучаемой территории Au и радиоактивные (U, Th) элементы имеют локализацию в пределах единых структурных несогласий [Паршин и др., 2013], пешеходная магниторазведка представляется перспективным методом поисков также и радиоактивных объектов.

Маршруты, проходящие за пределами месторождения Хадатканда далее на восток по разлому, не достигли выхода пород чинейской серии и, в соответствии с данными аэромагниторазведки, не выявили каких-либо аномалий. Тем более перспективным и требующим детальных магнитометрических и геохимических исследований представляется район выхода пород, ещё более высокогорный, труднодоступный и требующий отдельных экспедиционных исследований.

Полученный опыт проведения работ в региональных условиях позволил оценить также применимость к изученным объектам геохимических поисковых методов.

#### *Литература:*

*Паршин А.В., Абрамова В.А., Мельников В.А., Развозжаева Э.А., Будяк А.Е. Перспективы благородно- и редкометалльного оруденения нижнепротерозойских отложений на территории Байкальской горной области // Вестник ИргТУ. 2013. № 3. С. 53-59.*

*Пластинин Л.А. Дистанционно-картографическое изучение нивально-гляциальных комплексов горных районов Сибири (морфология и динамика ледников, снежников и наледей хребта Кодар в Забайкалье) // Иркутск: ИргТУ, 1997, 133 с.*

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОИСКОВ СУПЕРКВАРЦИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Демина О.И.

*Институт геохимии СО РАН; г. Иркутск, d-olka@yandex.ru*

За последние годы потребление мировой и отечественной промышленностью высококачественного кварцевого сырья возросло в десятки раз. Кварц широко используется во всех отраслях промышленного производства (космической, электротехнической, радиоэлектронной, и др.). [Аналитическая записка, 2005].

С 1998г Институтом геохимии им. А.П. Виноградова ведутся работы на территории Восточного Саяна, в настоящее время особое значение придается месторождениям и проявлениям «суперкварцитов» на Окинско-Урикском междуречье. В 2012г. была предложена новая модель формирования месторождения Бурал-Сарьдаг [Федоров и др., 2012], которая позволяет сформировать пространственно-геохимические критерии формирования аналогичных месторождений. С одной стороны, модель требует верификации, а с другой может быть использована для поисков других объектов схожего генезиса.

Ранее был накоплен большой объем разнородного материала, который целесообразно заново проанализировать с учетом новых гипотез. Для подтверждения и развития предложенной модели необходимо производить дальнейшее изучение месторождений «суперкварцитов» уже на основе ГИС-подхода – с обязательным учетом пространственных характеристик точек. Целью работы является разработка ГИС-средств, обеспечивающих изучение существующих и поиски новых месторождений сверхчистого кварцевого сырья. Решались следующие задачи: сбор и организация геолого-геохимической информации; разработка структур данных, оптимальных для хранения и математической обработки всего массива разнородной геоинформации; разработка методики создания 3D-картографического обеспечения ГИС для рассматриваемого региона; изучение пространственно-геологических особенностей месторождений и проявлений кварцитов западного склона Гарганской глыбы в Восточном Саяне с последующей разработкой новых методов их визуально-картографических представлений.

Для эффективной организации архивной и вновь поступающей геоинформации была разработана многопользовательская пространственная база данных «Аналитическая база данных информационной системы изучения месторождений кварцевого сырья Восточного Саяна (БД «Суперкварциты»», свидетельство о государственной регистрации № 2013620877. В ней содержится оптимальный для комплексных исследований данной территории набор аналитических данных, петрографических и минералогических описаний.

Было установлено, что для эффективного анализа данных необходимо учитывать информацию о рельефе (Z-координата), при этом для архивных данных такая информация отсутствовала. Задача решалась путем создания ЦМР, исследовалось, возможно ли построение достаточно точной 3d-модели рассматриваемой горной области на основе доступных источников геоинформации, или же данная задача требует специализированных геодезических работ. Были рассмотрены доступные источники данных, потенциально обладающие своими достоинствами и недостатками применительно к условиям Прибайкальской горной области: спутниковые – AsterGDEM, SRTM и топографические карты масштаба 1: 200000, 1:100000. В результате была разработана методика построения ЦМР высокогорных областей, позволяющая создавать максимально корректное 3D-картографическое обеспечение для последующих изучаемых объектов на основе свободно распространяемой

информации ДЗЗ. Доказано, что разработанный метод построения ЦМР для рассматриваемого региона обеспечивает большую точность, чем любые другие открытые источники пространственной информации (рис. 1).

База данных содержит более 42 геохимических параметров точек пробоотбора, требующих визуального представления исследователю. Для повышения оперативности принятия решений экспертом было разработано проблемно ориентированное математико-картографическое обеспечение, позволяющее генерализовать 35 геохимических монополей в виде 9 комплексных геохимических показателей – «модулей». Значения каждого из этих параметров характеризуют процесс или явление, позволяющее оценить участок территории с позиций его перспективности.

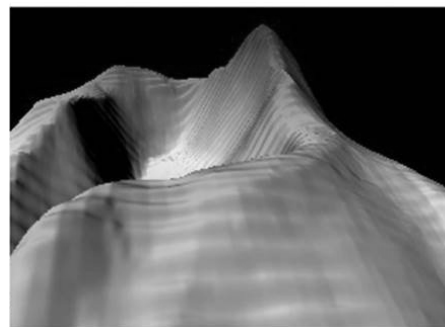
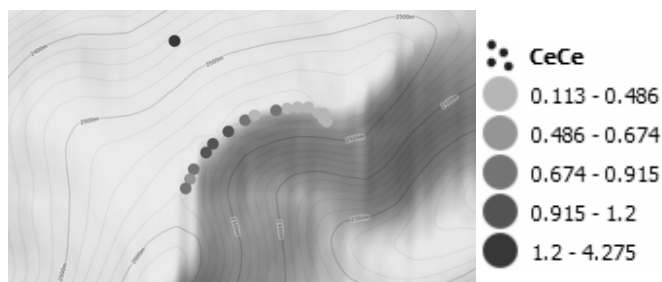


Рис. 1. Фрагмент итоговой ЦМР Бурал-Сарьдаг.

На рис. 2, как пример, представлено распределение на рельефе модуля «Ce/Ce\*». Анализ полученных результатов расчета позволяет сделать вывод, что в пределах изученной площади выходов кремнисто-карбонатных толщ этот модуль отражает условия осадконакопления. На месторождении кварцитов Бурал-Сарьдаг, испытавших значительный метасоматоз, Ce-модуль может говорить о степени этого преобразования.

Рис. 2. Пример расчета модуля Ce/Ce\*.

ГИС позволяет согласованно представить и проанализировать архивные данные, ранее не имевшие топографической привязки, подтвердить модель формирования, предложенную А.М. Федоровым, реализовать обеспечение для автоматизированного выявления перспективных участков. Всё это позволяет ускорить дальнейшие поиски и разведку.



#### Литература:

Аналитическая записка, Месторождения, инвестиционные программы и проекты, 2005г: <http://geoconsult.ru/samples/>

Федоров А.М., Макрыгина В.А., Будяк А.Е., Непомнящих А.И. Новые данные о геохимии и механизме формирования кварцитов месторождения Бурал-Сарьдаг (Восточный Саян) // Доклады академии наук. – 2012. – Т 442, №2. – С. 244-249.

## МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОИСКОВ И ТИПИЗАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ АПРЕЛКОВСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Кучинская В.П.<sup>1</sup>, Паршин А.В.<sup>2</sup>**

<sup>\*</sup>Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, [ku4inskaya1507@mail.ru](mailto:ku4inskaya1507@mail.ru)

<sup>\*\*</sup>Институт геохимии, г. Иркутск, [sarhin@geo.istu.edu](mailto:sarhin@geo.istu.edu)

Апрелковский рудный узел представляет собой район, перспективный на обнаружение золоторудных месторождений. Благоприятные горно-геологические, горнотехнические и гидрогеологические условия разработки определяют его

рентабельное промышленное освоение. В настоящее время ведется разработка ряда месторождений, значительный интерес представляют еще не разведанные запасы.

При этом даже в пределах небольшой территории встречаются рудные объекты, имеющие совершенно различный генезис, что затрудняет поиски и разведку месторождений. Для повышения эффективности геологической разведки необходимы исследования региональных факторов формирования золоторудных объектов, выделение распространенных типов минерализации, и в итоге разработка методов поисков рудных объектов, не требующих бурения и дорогостоящих аналитических методов (пробирный, ISP-AS и др.). Для этого на первом этапе необходимо выделить типы золоторудной минерализации.

В рамках исследования проводился геоинформационный анализ имеющейся геохимической информации, при помощи методов математического моделирования выделялись основные признаки разных типов золоторудных объектов.

В первую очередь была создана пространственная база данных, содержащая всю имеющуюся геолого-геохимическую информацию в единой системе координат. Для выявления факторов, влияющих на образование золоторудной минерализации, был произведен комплексный математический анализ по двум методам расчета главных компонент (классический и робастный) на основе геоинформационного подхода. Первая итерация расчета не позволила выделить геохимические ассоциации с золотом, которое выделилось отдельно в одну из последних компонент (табл. 1).

**Таблица 1. Фрагмент таблицы с результатами расчета робастных главных компонент**

Признак	Собственные векторы (нагрузки на соответствующие стандартизованные признаки), соответствующие собственным значениям									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ag	0.83	0.03	-0.44	0.05	0.85	-0.25	1.36	0.05	-21.35	-2.06
Al	0.6	6.97	20.04	0.56	0.85	29.58	-0.53	-0.23	0.1	-0.57
As	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	0.28	-0.24	0.33	-0.04	8.43
Ba	-0.05	-1.12	10.57	-26.44	-0.22	-6.93	-5.92	0.29	-0.02	-1.61
Be	-3.11	-6.47	8.13	12.82	0.49	0.47	-2.08	-4.65	-12.31	2.74

Однако картографическое представление результатов расчета явно указывает на необходимость разделения территории на несколько отдельных зон расчета. Тот факт, что золото выделяется обособленно, указывает на то, что источники золота и поисковые критерии в разных зонах будут различны.

Результаты второй итерации расчета (внутри каждой из зон) также не позволили однозначно выделить геохимические ассоциации с золотом, однако полученные собственные векторы главных компонент значительно отличаются от результатов первого расчета и друг от друга, что свидетельствует о целесообразности дальнейших расчетов. Также второй расчет обеспечил более четкое понимание границ минерализованных зон и позволил ранжировать аномальные участки по степени приоритетности.

Третий расчет позволил выделить три металлогенические ассоциации, указывающие на разные типы золоторудных месторождений и механизмов их формирования. Они представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Геохимические ассоциации**

Номер ассоциации	Химические элементы
1 зона	Mo-Cu-Au (+As)
2 зона	As-Sb-Au
3 зона	W- Cu - Au (+As)



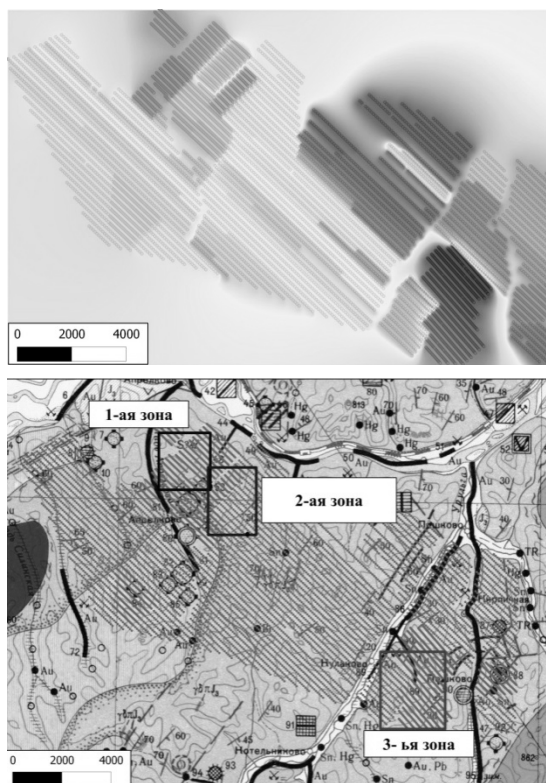
Таким образом, в пределах площади выделяются три участка, перспективных на золотое оруденение, и при этом они характеризуются различным генезисом (см. рис. 2).

**Рис. 1. Пространственное представление робастного главного компонента № 1.**

Таким образом, в результате трех итераций пространственного расчета главных компонент были выделены границы и природа зон золоторудной минерализации.

Теоретическое значение работы заключается в возможности вплотную подойти к созданию математико-картографического обеспечения, позволяющего решать три вида задач: поиск объектов заданного генезиса, обнаружение и типизация золоторудных объектов в условиях неопределенности, исследование природы формирования известных месторождений и рудопроявлений.

**Рис. 2. Участки в пределах Апрельковского РУ, перспективные на золотое оруденение.**



## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОДАРО-УДОКАНСКОЙ СТРУКТУРНО- ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ

**Мельников В.А. Паршин А.В.**

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, melnikov@igc.irk.ru, sarshin@istu.edu.ru*

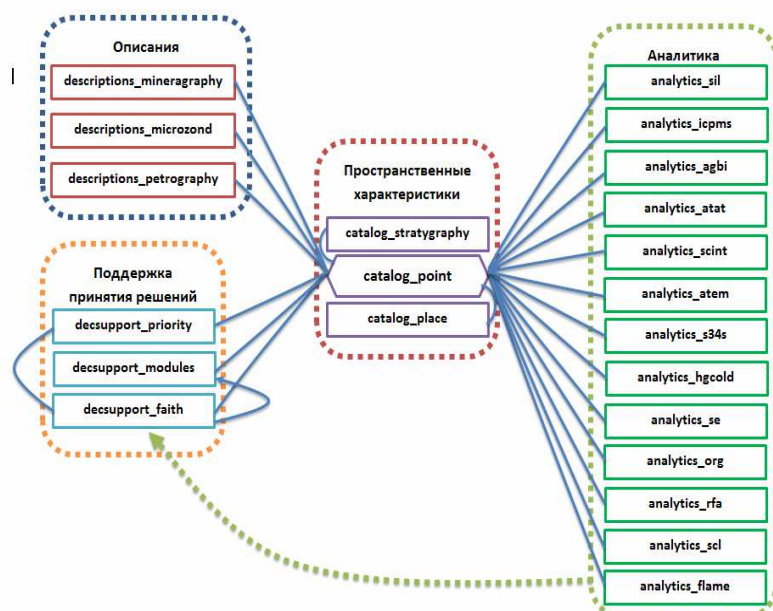
Байкальская горная область и Кодар-Удоканского СФЗ являются перспективными для поиска месторождений благородных и редких металлов. Спорный генезис давно известных месторождений затрудняет дальнейшие поиски новых рудопроявлений и месторождений. Для выявления факторов, влияющих на рудообразование в пределах рассматриваемой территории, производилось детальное изучение малого по своим запасам рудного компонента золото-урановое месторождение Хадатканда, расположенного в западной части Хадаткандского разлома. Данное месторождение было выбрано для детальных исследований ввиду его стратиграфической принадлежности к нижнепротерозойским карбонатно-терригенным отложениям Удоканского комплекса, а также ввиду совмещения в пределах месторождения золотой и урановой минерализации [Макарьев, 2010].

Преследовалось решение двух связанных типов задач: фундаментальных, относящихся к детальному изучению месторождения Хадатканда, определению зависимости содержания золота, урана и других металлов, выяснению его генетической связи с нижележащими отложениями кодарской серии, и поисковых, включающих выявление системы признаков оруденения и формирование комплекса наиболее эффективных поисковых методов. Задачи решались в рамках геоинформационного подхода, позволяющего систематизировать полученные данные (геолого-

геохимические, геохимико-биологические и геофизические) в единой базе данных (БД) на основе единства их пространственного расположения, с возможностью оперативного картографического представления.

На первом этапе исследования 2009-2013 гг, авторы создали пространственную базу данных БД «Кодар» [Паршин, 2013], обеспечивающую комплексное хранение геолого-геохимической, геохимико-биологической и геофизической информации для различных объектов рудной зоны.

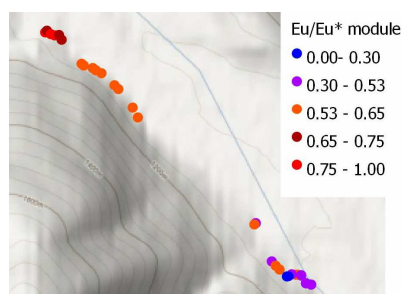
На рис. 1, представлена архитектура созданной базы данных «Кодар». БД состоит из четырех основных блоков «Пространственные характеристики» – обеспечивают хранение пространственно привязанных геолого-геохимических данных, раздел «Аналитика» - обеспечивает единый сбор и хранение различной аналитической информации: геолого-геохимические, геохимико-биологические и геофизические, раздел «Описания» – содержит описательную информацию по минералогии, петрографии, микрозондового исследования, раздел «Поддержка принятия решений» хранит результаты автоматизированных расчетов геохимических и литологических модулей элементов.



**Рис. 1. Логическая модель БД «Кодар».**

Классический подход к обработке и представлению таких данных в виде геохимических монополей или геофизических карт требовал представить геоинформацию в виде более 50 слоев, послойное представление столь большого набора данных затрудняет визуальный анализ. Однако, авторами были обнаружены некоторые математические

и географические закономерности распределения полезных компонентов, в результате чего стала возможной разработка картографо-математические инструменты [Шестаков, 2013], обеспечивающие пространственные расчеты комплексных геохимических индикаторов – "модулей" [Юдович, 2000]. Модули являются комплексными показателями некоторых рудообразующих процессов, причем для получения выводов, которые ранее можно было сделать только на основе анализа нескольких десятков монополей, теперь достаточно пяти-семи карт модулей. Расчет производится на уровне СУБД в пространственно скоординированные таблицы, подходящие для отображения в ГИС-клиенты или веб-интерфейсы. (рис. 2)



**Рис. 2. Пример представления классифицированного модуля  $Eu/Eu^*$ .**

Например, на рис. 2 показаны результаты расчета  $Eu / Eu^*$  модуль, который явно выделяет изменение видов пород разных стратиграфических уровней, лежащих друг на друге. Созданное картографо-

математическое обеспечение ГИС оптимизирует процесс сбора, обработки, представления и анализа данных и может служить навигатором дальнейших геолого-геохимических и геофизических исследований.

#### *Литература:*

*Макарьев Л.Б., Миронов Ю.Б., Вояковский С.К. О перспективах выявления новых типов промышленных комплексных урановых месторождений в кодаро-удоканской зоне (забайкальский край, Россия) // Геология рудных месторождений, 2010, т. 52, № 5, с. 428-438.*

*Паршин А.В., Шестаков С.А., Будяк А.Е., Мельников В.А., Спиридонов А.М. База геолого-геохимических данных Кодаро-Удоканской структурно-формационной зоны (БД "Кодар") Св-во № 2013620046 // Электронный бюллетень – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, 2013, №1, с. 1117.*

*Шестаков С.А., Паршин А.В., Демина О.И., Будяк А.Е. Программное обеспечение пространственных расчетов геохимических модулей. Св.-во. № 2013615274 // Электронный бюллетень – Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, 2013, №3.*

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии // СПб.: Наука, 2000. – 479 с. 102 ил.*

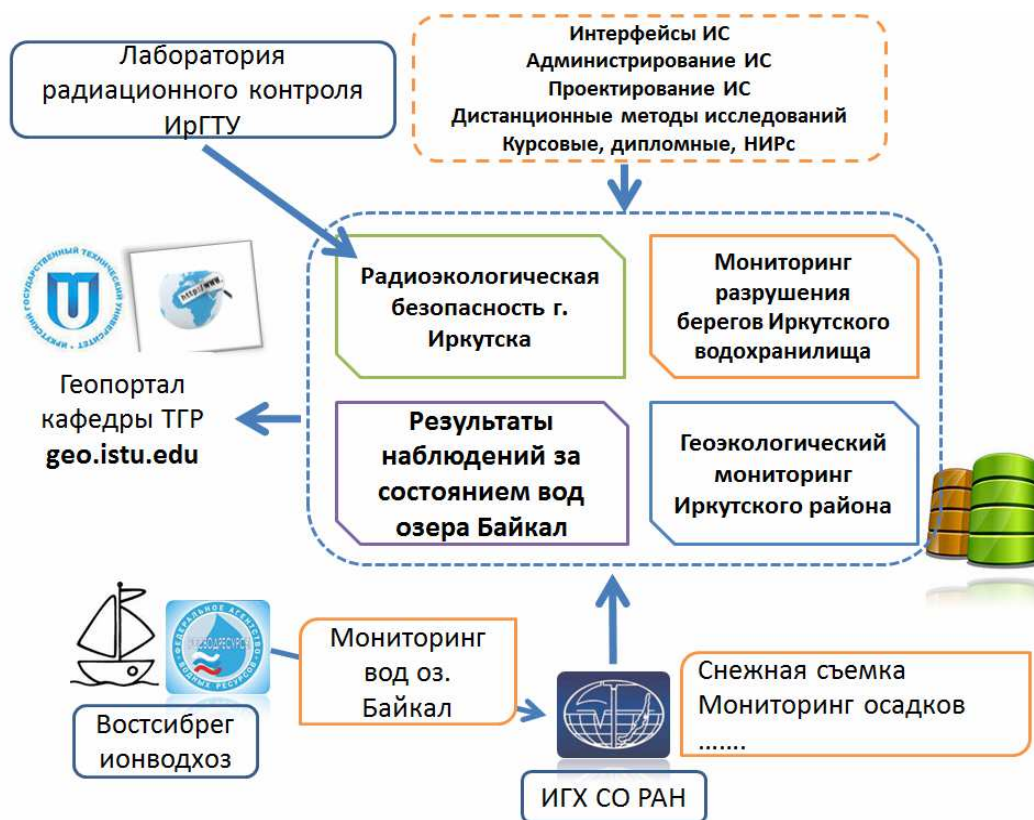
## **ГЕОПОРТАЛ КАК МЕТОД КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ, НАУЧНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Попова М.А.**

*Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск,  
popova@geo.istu.edu*

Кафедра технологий геологической разведки Иркутского государственного технического университета является выпускающей по специальности «геоинформатика». Учебный процесс по данной специальности требует как наличия геоданных, обработкой которых могли бы заниматься студенты, так и реальных задач, которые они могли бы решать. Одним из наиболее перспективных для интеграции со специальностью «геоинформатика» представляется направление «геоэкология». Участие студентов в процессе выполнения актуальных геоэкологических исследований может способствовать повышению качества их подготовки.

За время существования кафедры накопилось значительное количество различной пространственной информации, в том числе и по направлению геоэкология. Так, например, лабораторией радиационного контроля ИрГТУ было проведено детальное радиационное обследование жилых и производственных помещений, в рамках Федеральной программы снижения уровня облучения населения России от природных источников радиоактивного излучения [Булнаев, 2006]. Для проведения таких работ необходимы многолетние исследования большой группой людей. За 15 лет, в результате направленной работы студентами-геоинформатиками была собрана значительная по объему база данных радоноопасности г. Иркутска, которая позволила сделать выводы о том, что практически десятая часть населения подвергается воздействию повышенных концентраций радона [Макаров и др., 2011], а также составить карту радоноопасности [Середкина, 2012]. В качестве дальнейшего развития системы радиоэкологического контроля, на основе имеющейся базы данных сотрудниками кафедры была разработана геоинформационная система, основанная на технологиях веб-представления. В настоящее время силами студентов и аспирантов кафедры проводятся работы по накоплению новых и актуализации старых данных, а также разработка дополнительного программного обеспечения для более эффективной работы с базой данных.



**Рис. 1. Схема инфраструктуры пространственных данных.**

Так же разрабатываются еще три веб-сервиса: «мониторинг разрушения берегов Иркутского водохранилища», «мониторинг вод озера Байкал» (совместно с ИГХ СО РАН и ФГБУ «Востсибрегионводхоз») [Паршин и др., 2011], «геоэкологический мониторинг Иркутского района» (совместно с ИГХ СО РАН). Используются технологии, относящиеся к инфраструктурам пространственных данных, публичной частью является картографическое выражение результатов в виде геопортала кафедры.

Одной из особенностей разрабатываемого портала является интеграция данных из разнообразных источников, в том числе и данные, полученные в научных институтах. Такой подход с одной стороны обеспечивает студентов актуальными данными и задачами, с другой стороны, вовлеченные организации получают выход на геоинформационное обеспечение решения своих задач, техническое обеспечение веб-представлений, поддержку сервисов.

В докладе рассматриваются особенности методологических и технических решений построения научно-образовательной ИПД.

#### *Литература:*

Булнаев А.И. Организация и проведение обследования жилого фонда города Иркутска на радон // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2006. – № 10 – С. 19-22.

Макаров О.А., Булнаев А.И., Зоренко О.М. Гигиеническая оценка радиационной опасности от природных источников излучения для населения города // *Сибирский медицинский журнал (г. Иркутск)*. – 2011. – Т. 103. – № 4. – С. 118-119.

Паршин А.В., Руш Е.А., Спиридонов А.М. Автоматизация процесса обеспечения экологического мониторинга озера Байкал с применением современных ГИС и web-технологий // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2011. № 1. С. 82-87.

Середкина О.М. ГИС-технологии в изучении распределения радона на территории города Иркутска: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук, Иркутск, 2012.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ АРХИВНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗУЕМОСТИ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Шалаева М.В.

*Тверской государственный университет, г. Тверь, Maria-geo@yandex.ru*

На фоне проблем экологии и сохранения окружающей среды, в сфере энергетики все отчетливее звучит идея об использовании возобновляемых источников энергии. С конца XX в. в ряде стран происходит активное использование ветровой энергетики в хозяйственных целях. Для оценки потенциальных возможностей энергии ветра проведено исследование особенностей ее использования в XIX веке с детализацией по Тверской губернии.

В XIX в. в России было издано значительное число крупномасштабных топографических карт, на которых отражено расположение мельниц водных и ветряных. К таким картам относятся одно- и двух-верстные топографические межевые карты съемки А.И. Менде (Мендт), изданные на Тверскую, Владимирскую, Ярославскую, Нижегородскую, Симбирскую, Тамбовскую, Пензенскую, Рязанскую губернии, а также одно-, двух- и трехверстные военно-топографические карты Западной Европейской России и приграничных пространств (URL: <http://boxpis.ru/>) [Щекотилов, 2012].

Целью исследований было выявление перспектив использования энергии ветра в Тверской области на основе российской и зарубежной практики XIX и XXI в.

В процессе исследований решались основные методические задачи:

- построение карт распределения мельниц по территории Тверской губернии;
- анализ распределения мельниц по губернии;
- формирование набора территорий для сравнения по наличию мельниц в XIX в., ветрогенераторов в XXI в. и статистических параметров ветра за год;
- выбор данных дистанционного зондирования и построение карт-схем местоположения ветряных генераторов для территорий сравнения в России, Украине, Германии;
- выбор архива метеоданных и статистический анализ данных по ветру за год для метеостанций Тверской области и близких к полигонам исследований.

Новизна исследований заключается в следующем:

1. Разработана методика практического применения картографического метода исследований при сопоставлении ретроспективных крупномасштабных архивных карт губерний и территорий России XIX в. и современных космических снимков высокого разрешения из различных источников.

2. Разработана методика формирования серии растровых электронных карт различного формата по системам многолистных крупномасштабных архивных карт XIX в. (топографических межевых и военно-топографических).

3. Произведен отбор космических снимков высокого разрешения для локализации ветрогенераторов на территории полигонов исследования с последующим геокодированием объектов.

4. Проведено комплексирование метеоданных по ветру как по времени (данные середины XX в. из Справочника по климату СССР и данные начала XXI в. из цифрового архива) так и по пространству (рассмотрены полигоны практического использования ветроэнергетики в Германии, Украине и России).

При проведении исследований предполагалось, что результаты могут быть обобщены для других прикладных задач с использованием ретроспективных данных, имеющихся на крупномасштабных архивных картах XIX в.

В интересах достижения цели исследований проработаны следующие направления [Щекотилова, 2013]:

- практики использования ветряных мельниц в XIX в. в России и за рубежом;
- практики применения в XX в. ветрогенераторов в России и за рубежом;
- статистических характеристик ветра для Тверской области и выбранных полигонов в России и зарубежных государствах.

При проведении исследований были скомплексированы следующие исходные данные:

- двухверстная топографическая межевая карта Тверской губернии 1853 г. съемки А.И. Менде (Мендт);
- трехверстная военно-топографическая карта Европейской России;
- карта Германии 1893 г. из состава коллекции Д. Рамсея (URL: <http://www.davidrumsey.com/>)
- годовые данные с метеостанций (URL: <http://meteo.infospace.ru/>).

Результаты исследований применительно в Тверской области:

1. В регионе существуют богатые исторические традиции использования ВИЭ (в середине XIX века было около 2000 мельниц).

2. Обработка годовых данных по метеостанциям Тверской области показывает потенциальную возможность использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в области.

3. Сравнительный анализ полигонов исследований: Калининградская область, Германия, Украина показал что характеристики ветра по метеостанциям Красный Холм (Тверская область) и Пришиб (Украина, Ботиевская ветроэлектростанция - ВЭС) близки и следовательно в области так же может рассматриваться вопрос создания ВЭС.

4. Показано что ветряные мельницы в XIX веке больше использовались на территориях высокого производства зерна (Бежецкий уезд), а не на территориях с более высокими показателями скорости ветра (Весьегонский, Старицкий, Ржевский, Тверской уезды). Соответственно современное использование энергии ветра так же может быть обусловлено практическими потребностями.

5. Наиболее благоприятными с физико-географической точки зрения (среднегодовая скорость ветра) территории Весьегонского, Калининского, Старицкого, Ржевского, Бельского, Зубцовского районов.

6. Предпосылками использование ВИЭ в Тверской области является динамичное развитие конструкции ветрогенераторов с понижением требований скорости ветра (генераторы вертикальной оси, новые модели генераторов горизонтальной оси).

7. Применительно к Тверской области для выработки электроэнергии коллективного пользования предпочтительными являются территории с повышенными скоростями ветра и горизонтальный тип ветрогенераторов.

8. По всей территории можно использовать ветрогенераторы вертикальной оси (стартовая скорость 1 метр в секунду), при ограниченных объемах потребления (индивидуальное потребление, освещение автодорог).

9. В области развивается практика установки ветрогенераторов для индивидуального пользования (район Селигера).

#### *Литература:*

*Щекотилев В.Г., Любская Н.И., Щекотилова М.В. Ветряные мельницы на архивной карте Тверской губернии. / Вестн. Твер. Гос. Ун-та. Сер. «География и геоэкология», Тверь, 2012.*

*Щекотилова М.В., Лазарев О.Е., Щекотилев В.Г. Использование энергии ветра в XIX и XXI вв. МНПК LXVI Герценовские чтения «География: проблемы науки и образования», С.-Петербург, 2013.*

# КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шестаков С.А.

*Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск, shestakov@igc.irk.ru*

Необходимость и важность проведения геоэкологического мониторинга озера Байкал несомненна. Систематические наблюдения ведутся с 60-х годов прошлого столетия. В настоящее время их ведут Росгидромет, Росводресурсы и научные организации страны. Всеми участвующими в этом процессе государственными структурами признана необходимость в совершенствовании методов наблюдений и средств обработки, контроля и представления получаемых данных.

Режимные измерения и контроль состава приповерхностного слоя вод всей акватории озера проводится ФГБУ «Востсибрегионводхоз» – подразделением Федерального агентства водных ресурсов. Измерения осуществляются в режиме реального времени с помощью специально оборудованных судовых лабораторий по 13 гидрофизикохимическим параметрам [Аналитический отчет, 2009] (температура, цветность, растворенный кислород, рН, Eh,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Fe, УЭП). Также в точках сети пробоотбора проводится отбор образцов воды для анализа в стационарной лаборатории (рис. 1).



**Рис. 1. Точки пробоотбора.**

Существующая система наблюдений имеет следующие недостатки:

1. Недостаточно полный набор показателей;
2. Чувствительность используемого оборудования зачастую недостаточна;
3. Высокая вероятность сбоев и отказов оборудования и ПО в сложных экспедиционных условиях.

Эффективным средством решения обеих задач представляется использование методов и средств термодинамического моделирования, позволяющих на основании ограниченного набора аналитических данных реконструировать компонентный состав вод. Существуют примеры работ [Чудненко, 2010; Кашик, 1994; Эпов, 2002], в которых убедительно показана возможность такой реконструкции. Особый интерес

представляет потенциальная возможность выявления в природной воде, веществ, не входящих в перечень непосредственно определяемых, в том числе, загрязнителей высоких категорий опасности.

Первым шагом к созданию необходимого обеспечения является создание модели чистой природной воды на основе реальных данных наблюдений. Такая модель должна выступать эталоном, при сравнении с которым могут быть обнаружены аномалии водной среды. В качестве источника данных использовалась БД «Байкал-Аквामониторинг», содержащая данные гидрохимического мониторинга озера за 2009-2012 годы [Паршин, 2013], а также данных из литературных источников [Falkner, 1991, Галазий, 1989, Вотинцев, 1961, Грачев, 2001]. Для моделирования применялся программный комплекс «Селектор», разрабатываемый в лаборатории физико-химического моделирования Института геохимии СО РАН [Чудненко, 2010].

Полученная модель позволит верифицировать корректность работы аналитического оборудования на борту судна и, в случае выявления сбоя, оперативно переснять проблемный участок, не дожидаясь результатов анализов стационарной лаборатории. Кроме того, с ее помощью появится возможность проверить согласованность или несогласованность реальных, в том числе литературных данных. Сравнение данных измерений с установившимся равновесным состоянием, полученным в результате моделирования, подтверждает их правильность либо указывает на ошибку. Планируется дальнейшее совершенствование модели на основе новой гидрохимической информации, полученной более точными методами. Следующим шагом является реализация автоматизированной системы взаимодействия аппарата физико-химического моделирования и базы данных наблюдений, которая в качестве электронного эксперта стала бы незаменимым средством для специалистов, ответственных за принятие решений по геоэкологической безопасности байкальского региона.

#### *Литература:*

*Falkner K.K., Measures C.I., Herbelin S.E., Edmond J.M., Weiss R.F. The major and minor element geochemistry of Lake Baikal // Limnology and Oceanography, 1991, 3, P. 413-423.*

*Галазий Г.И. Байкал в вопросах и ответах // Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1989.*

*Вотинцев К. К. Гидрохимия озера Байкал // М.: Изд. АН СССР, 1961. – С. 311.*

*Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал // Иркутск: ЛИИ СОРАН, 2001 г.*

*Паршин А.В., Шестаков С.А., Чудненко К.В., Савельев Е.П. Критерии оценки геоэкологического состояния вод оз. Байкал // Вода: химия и экология, 2013, № 9. С. 25-31.*

*Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2008 год // Иркутск: Федеральное агентство водных ресурсов, 2009.*

*Чудненко К. В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения // Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 287 с.*

*Кашик С.А., Карпов И.К., Ломоносов И.С., Мазилев В.Н. Химический состав взвеси в озере Байкал по данным физико-химического моделирования // ДАН, 1994, т. 335, № 3, с. 359-361.*

*Эпов В. Н., Бычинский В. А., Дудинский В. Ф. Определение форм элементов в воде озера Байкал с помощью термодинамического моделирование на основе экспериментальных данных // Аналитика и контроль, 2002, №1, с. 81-90.*

*Паршин А.В., Шестаков С.А., Чудненко К.В. Информационно-аналитическая ГИС-система гидрогеохимического мониторинга приповерхностного слоя вод озера Байкал (БД «Байкал-аквामониторинг»): свидетельство No2013620406 Рос. Федерации // заявл. 28.01.2013; оп.*



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЕОХИМИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ, МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД</b>	
<i>Абрамов В.В.</i> ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОКЕМБРИЙСКИХ УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА.....	4
<i>Алымова Н.В.</i> ТИПОХИМИЗМ ИЛЬМЕНИТА ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД.....	6
<i>Асочакова Е.М.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ООЛИТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ).....	7
<i>Беляев В.А., Каримов А.А., Трубицын И.В.</i> ГЕОХИМИЯ МИНЕРАЛОВ МЕТАБАЗИТОВ ИЗ ТОНАЛИТОВЫХ ГНЕЙСОВ БАЙДАРИКСКОГО БЛОКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОНГОЛИЯ).....	9
<i>Биктимерова З.Р., Мичурин С.В., Горожанин В.М.</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНДСКИХ ВЕНЧАЮЩИХ ДОЛОМИТОВ ЮЖНОГО УРАЛА.....	11
<i>Бурцева М.В., Мурзинцева А.Е.</i> МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФРИТОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ.....	13
<i>Горлачева Н.В.</i> РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ГРАНИТОИДЫ ПРИБАЙКЛЯ (ХР. ХАМАР-ДАБАН, О. ОЛЬХОН): ВОЗРАСТНЫЕ ДАННЫЕ И ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ.....	15
<i>Давыдова М.Ю.</i> ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС СУБЩЕЛОЧНЫХ ЛАВ ВУЛКАНА УКСИЧАН (СРЕДИННЫЙ ХРЕБЕТ, КАМЧАТКА) .....	17
<i>Дегтерев А.В.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРАНЗИТНОЙ ТЕФРЫ ОСТРОВА МАТУА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ) НА ОСНОВЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ	19
<i>Калашиникова Т.В.</i> ЛИТОСФЕРНАЯ МАНТИЯ ПОД КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКОЙ ОБНАЖЕННАЯ.....	21
<i>Каргин А.В.</i> ВЕЩЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРАНЖЕИТОВ КОСТОМУКШИ–ЛЕНТИИРО (КАРЕЛИЯ, РОССИЯ; ФИНЛЯНДИЯ).....	23
<i>Каримов А.А.</i> ГЕОХИМИЯ ПИРОКСЕНИТОВ И ПЕРИДОТИТОВ ЭГИЙНГОЛЬСКОГО МАССИВА.....	25
<i>Ланцева В.С.</i> РАННЕПАЛЕОЗОЙСКИЕ ВУЛКАНИТЫ ЕРАВНИНСКОЙ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): ГЕОХИМИЯ И ГЕОДИНАМИКА.....	27
<i>Рампилов М.О.</i> О РОЛИ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБРАЗОВАНИИ АЛЬБИТОВЫХ ГРАНИТОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЯ.....	29
<i>Рахимов И.Р.</i> ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КОЛЛИЗИОННОГО БАЗИТОВОГО МАГМАТИЗМА ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКОЙ ЗОНЫ.	31
<i>Рогозин А.Н.</i> СФЕРИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ В КИСЛЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ.....	33
<i>Сасим С.А., Ильина Н.Н., Ощепкова А.В.</i> ПОСТАККРЕЦИОННЫЙ И РИФТОГЕННЫЙ МАГМАТИЗМ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ:	

ГЕОХИМИЯ, SR-ND ИЗОТОПНАЯ СИСТЕМАТИКА И ГЕНЕЗИС МЕЗОЗОЙСКИХ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД АЛЕКСАНДРОВО-ЗАВОДСКОЙ ВПАДИНЫ.....	35
<i>Скузоватов С.Ю.</i> МИНЕРАЛОГИЯ СИМПЛЕКТИТОВЫХ ЭКЛОГИТОВ СЕВЕРО-МУЙСКОЙ ГЛЫБЫ.....	37
<i>Смирнова Ю.Н.</i> ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ОЛЬДОЙСКОГО ТЕРРЕЙНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА.....	39
<i>Сотникова И.А.</i> ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВОВ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	41
<i>Сычев В.Ю.</i> ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ МУРУНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА.....	43
<i>Уляшева Н.С.</i> ПЕТРОЛОГИЯ МЕТАБАЗИТОВ ХАРБЕЙСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ) .....	44
<i>Фазлиахметов А.М., Зайнуллин Р.И.</i> К ПРОБЛЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ДИАГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД.....	46
<i>Эсенкулова С.А.</i> ПЕТРОГРАФИЯ И ГЕОХИМИЯ КИМБЕРЛИТОВ КУОЙКСКОГО ПОЛЯ (ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)...	48

## **ГЕОХИМИЯ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ**

<i>Барабашева Е.Е.</i> К ВОПРОСУ ОБ УЧАСТИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	50
<i>Баранов А.И.</i> ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАСОМАТИТОВ ТУЛОМОЗЕРСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ УРАН-ВАНАДИЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СРЕДНЯЯ ПАДМА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ).....	52
<i>Заботина М.В., Белогуб Е.В., Новоселова К.А., Паленова Е.Е., Блинов И.А.</i> МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В РУДАХ ГАНЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕРЕЗИТ-ЛИСТВЕНИТОВОЙ ФОРМАЦИИ (УЧАЛИНСКИЙ РАЙОН, БАШКОРТОСТАН).....	54
<i>Колот Е.А.</i> ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОБАЛЬТ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ СТОЙЛЕНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА.....	56
<i>Паленова Е.Е., Белогуб Е.В., Заботина М.В.</i> МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТЫХ ТОЛЩ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ АРТЕМОВСКОГО УЗЛА (БОДАЙБИНСКИЙ РАЙОН).....	58
<i>Радомская Т.А.</i> ЭПГ И RE В ПОРОДАХ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ МАССИВОВ ШАРЫЖАЛГАЙСКОГО ДОКЕМБРИЙСКОГО ВЫСТУПА СЕВЕРО-АЗИАТСКОГО КРАТОНА.....	60
<i>Романова А.С., Будяк А.Е.</i> РАССЕЯННОЕ УГЛЕРОДИСТОЕ ВЕЩЕСТВО В ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ДЕГДЕКАН.....	62
<i>Шихова А.В.</i> ГРАФИЧЕСКИЕ СРАСТАНИЯ РУДНЫХ И ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ В ИНТРУЗИВНЫХ ТРАППАХ ОНЁКСКОГО КОМПЛЕКСА (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА).....	63

## ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Абрамова В.А.</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ГИДРАТОВ МЕДИ И АЗОТА В КРИОГЕОСИСТЕМАХ.....	66
<i>Грицко П.П., Гребенищикова В.И.</i> ИСТОЧНИКИ ПРИВНОСА ТОРИЯ И УРАНА В ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКА.....	67
<i>Дамбинов Ю.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ШЛАМ-ЛИГНИНА БЦБК ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ РЕМЕДИАЦИИ ПОЛИГОНОВ ПРОМОТХОДОВ.....	69
<i>Дамбинова Е.Л., Сайбаталова Е.В.</i> ЭКСТРАКЦИЯ НУТРИЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БАЙКАЛЬСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	71
<i>Домрочева Е.В.</i> ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НАРЫКСКО-ОСТАШКИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (КУЗБАСС).....	73
<i>Журкова И.С.</i> МИГРАЦИЯ РТУТИ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ ЕЕ НАХОЖДЕНИЯ В ПИРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	75
<i>Загорюлько Н.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНОГО ИОННОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА Р. КУДА.....	76
<i>Знаменская Т.И.</i> ГЕОХИМИЯ ФТОРА В СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ	78
<i>Колпакова М.Н.</i> ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОЗЕР НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ ПО СТЕПЕНИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ.....	80
<i>Литау В.В., Таловская А.В., Лончакова А.Д., Третьякова М.И., Михайлова К.Ю.</i> УРОВЕНЬ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ Г. ОМСКА ПО ДАННЫМ СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	82
<i>Лопатин М.Н.</i> РАЗНОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭРОА РАДОНА В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА.....	84
<i>Масленникова А.В.</i> ТИПОХИМИЗМ ФРАМБОИДАЛЬНОГО ПИРИТА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. УФИМСКОЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	86
<i>Могилев А.А., Тростянок Р.В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР Г. БЛАГОВЕЩЕНСК ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....	88
<i>Поликанова С.А., Самохина Н.П.</i> ФТОР В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ТОМСКОГО РЕГИОНА.....	90
<i>Попова Н.М.</i> КАРБОНАТНОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ КАК ФАКТОР ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА БЕЛОРЕЧЕНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (РЕСПУБЛИКА АДЫГЕЯ).....	92
<i>Самохина Н.П., Филимоненко Е.А., Таловская А.В.</i> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА Г. ТОМСКА.....	94
<i>Сергутская О.С.</i> СПОСОБЫ ПРОГНОЗА ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФАТОВ МАГНИЯ В КАРЬЕРЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.....	96
<i>Соктоев Б.Р., Усенова Ш.Ж., Монголина Т.А., Робертус Ю.В.</i> ПРОЯВЛЕННОСТЬ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ГЕОХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД.....	99
<i>Солдатова Е.А.</i> РАВНОВЕСИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД РАЙОНА ОЗЕРА ПОЯНХУ С МИНЕРАЛАМИ ГОРНЫХ ПОРОД.....	101

<i>Солодухина М.А.</i> МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В РАСТЕНИЯХ ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛЬНИ ГМЕЛИНА ( <i>ARTEMISIA GMELINII</i> WEBER EX STECHM).....	103
<i>Степанов И.С., Кожевников Н.О., Харинский А.В., Финкельштейн А.Л., Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Феоктистова Л.П.</i> ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПЛАВНЫХ И СПЕЧЕННЫХ ШЛАКОВ С ЦЕНТРА ДРЕВНЕГО ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА БАРУН-ХАЛ-2 (ПРИБАЙКАЛЬЕ) .....	105
<i>Сухова Е.О., Шергина О.В.</i> КОМПЛЕКСНАЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ.....	107
<i>Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Языков Е.Г.</i> ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА СОСТАВ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ В Г. ТОМСКЕ.....	109
<i>Титова К.В., Кокрятская Н.М.</i> СЕРА В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА СВЯТОЕ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) .....	111
<i>Токмачева М.Р.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ.....	112
<i>Тростянок Р.В., Могилев А.А.</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АСТАШИНСКИХ ОЗЁР В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ.....	114
<i>Устинкина Е.С.</i> ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РЕКИ ЕКЫЛЬЧАК, ПРОТЕКАЮЩЕЙ ПО ТЕРРИТОРИИ ШИНГИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	116
<i>Филенко Р.А., Суворова Д.С.</i> МИНЕРАЛОГИЯ СУЛЬФАТНЫХ КОР В ЗОНЕ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ НА ЧЕРНОВСКОМ БУРОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	117
<i>Филимоненко Е.А., Ляпина Е.Е., Таловская А.В., Осипова Н.А.</i> ГЕОХИМИЯ РТУТИ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Г. ТОМСКА.....	119
<i>Халбаев В.Л., Гребенищикова В.И.</i> СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА Г. ИРКУТСКА.....	121
<i>Хахураев О.А.</i> ИНДИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО СНЕГОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	123
<i>Хлебникова В.А., Шергина О.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ПРИАНГАРЬЯ).....	125
<i>Хэ Чунью, Гусева Н.В.</i> РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МЫШЬЯКА В РАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ТИПАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАССЕЙНА ДАТУН, КИТАЙ.....	127
<i>Шергина О.В., Калугина О.В., Полякова М.С.</i> БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	129
<i>Штельмах С.И.</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРАС РЕКИ СЕЛЕНГИ.....	131
<i>Ялалтдинова А.Р.</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛЫ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ ЧЕРНОГО, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА.....	133

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОХИМИИ

<i>Ефименко О.С., Ефименко С.А., Диханов Е.Н.</i> РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ЭМИССИОННЫЕ СПЕКТРОМЕТРЫ РЛП-21 И РЛП-21Т ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	135
<i>Русаков А.И.</i> СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	137
<i>Чубаров В.М.</i> РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛЕНТНОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗА В ИЗВЕРЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ УЛЬТРАОСНОВНОГО И ОСНОВНОГО СОСТАВА.....	138

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ, РОСТ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

<i>Жабоедов А.П., Непомнящих А.И., Середкин Е.А.</i> ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В КВАРЦИТАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРАЛ-САРЬДАГ.....	140
<i>Левинсон Э.В.</i> СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА $LAx_3$ ( $x = Cl, Br$ ).....	141
<i>Липко С.В., Липко И.А., Арсентьев К.Ю., Сулова М.Ю., Калюжная О.В., Тихонова И.В., Михайлова А.Н.</i> БИООКИСЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПИРИТА.....	142
<i>Пресняков Р.В.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ В ХАРАКТЕРИСТИКЕ РЕЖИМА РОСТА МУЛЬТИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ.....	144
<i>Штенберг М.В.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГРУППИРОВОК В КВАРЦЕ ПО ДАННЫМ ИНФРАКРАСНОЙ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ.....	146

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

<i>Блинов А.В., Костерев А.Н., Паршин А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ В УСЛОВИЯХ КОДАРО-УДОКАНСКОЙ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ.....	148
<i>Демина О.И.</i> ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОИСКОВ СУПЕРКВАРЦИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА.....	150
<i>Кучинская В.П., Паршин А.В.</i> МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОИСКОВ И ТИПИЗАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ АПРЕЛКОВСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.	151
<i>Мельников В.А., Паршин А.В.</i> ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОДАРО-УДОКАНСКО СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОЙ ЗОНЫ.....	153
<i>Попова М.А.</i> ГЕОПОРТАЛ КАК МЕТОД КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ, НАУЧНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	155
<i>Шалаева М.В.</i> СОПОСТАВЛЕНИЕ АРХИВНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗУЕМОСТИ ЭНЕРГИИ ВЕТРА.....	157
<i>Шестаков С.А.</i> КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	159

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОХИМИИ**

Материалы конференции молодых ученых  
(23 – 28 сентября 2013 г.)

Технический редактор *А.И. Шеховцов*

Подписано в печать 18.09.2013 г. Формат 60x90/8.  
Гарнитура Times New Roman. Бумага Ballet. Тираж 70 экз.  
Уч.-изд. л. 16,9. Усл. печ. л. 19,2. Заказ 604.

Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1