

ентировке пластинчатых микрокристаллов слоистых силикатов, составляющих основу глинистых пород. Наоборот, в поперечных разрезах индекс текстуры этих пород велик (рис., б).

В некоторых случаях индекс текстуры имеет существенное значение для определения условий формирования пород и их реологических свойств, определяющих условия эксплуатации полезных ископаемых. На рис., в, г показаны частотные волны в FFT-пространстве карналлита (карналлитолита) в двух ориентировках. Карналлит $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ является пластичной солью, и при боковых (стрессовых) давлениях проявляет текстуры течения солей. Можно определить, что индекс текстуры в поперечном разрезе карналлита $T = 0,22$, что свидетельствует о процессах течения солей в породах подземной выработки.

Выводы. Фурье-преобразование цифровых фотографий геологических объектов позволяет определять количественный параметр текстуры пород. Преимуществом данного подхода является возможность количественного анализа текстур любых геологических объектов разного размера – цифровых фотографий обнажений, штуфов, аншлифов, шлифов, микрофотографий сканирующей электронной микроскопии и др. При этом, текстуры одного и того же объекта в разных масштабах могут существенно отличаться. Так, например, обнажение кварцитов может быть слоистым с плитчатой отдельностью, а текстура отдельного слоя – массивная. Возможности использования Фурье анализа цифровых фотографий геологических объектов не ограничивается данным методом, так как в обратном FFT-пространстве содержится вся информация об исходном объекте, включая информацию о его структуре.

УДК 550.4

АНТРОПОГЕННЫЕ КАРБОНАТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ: ГЕОХИМИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Б. Р. Соктоев, Л. П. Рихванов, Ш. Ж. Арынова

Томский политехнический университет, Институт природных ресурсов, пр. Ленина 30,
634050 Томск, Российская Федерация; bulatsoktoev@gmail.com

Постановка проблемы. Природные карбонатные образования (травертины, гейзериты, сталактиты, сталагмиты) широко применяются в науках о Земле для изучения различных геологических процессов (тектонической активизации, палеосейсмических и палеоклиматических событий и др.) [12, 14]. Изучение их химического (элементного и изотопного) состава позволяет реконструировать условия окружающей среды, при которых происходило формирование отложений [13]. Близкие к ним по составу и условиям образования карбонатные отложения можно встретить в системах подготовки, очистки и транспортировки воды, а также в теплонагревательных системах (чайники, кастрюли).

Принимая во внимание, что одной из основных форм нахождения многих химических элементов в низкоминерализованных водах, используемых для питьевого водоснабжения, являются карбонатные комплексы, то образующиеся при кипячении солевые отложения (накипь) с большой долей вероятности наследуют гидрогеохимические особенности воды. Это обусловлено процессами изоморфного замещения ионов Са в структуре кристаллической решетки Mg, Fe, Zn, Sr и другими химическими элементами, сорбции на поверхности образующихся карбонатных минералов. Тем самым, в результате этих процессов происходит формирование геохимической специфики образующихся карбонатных образований [3]. Для гидротермального карбонатообразования это достаточно хорошо известно [5, 7, 8 и др.], что положено в основу методов поисков месторождений полезных ископаемых с использованием гидротермальных карбонатных минералов [2, 6, 11]. По нашему мнению, формирующиеся солевые отложения в бытовой теплообменной аппаратуре, вероятнее всего, обладают такой же индикаторной информативностью [1, 4, 9, 10].

Материалы и методы. Сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ТПУ) с учёными Бурятского государственного университета, Алтайского регионального института экологии, Павлодарского государственного педагогического института, Башкирского государственного университета собрана представительная база данных (более 1000 проб) по

элементному составу накипи природных пресных вод на территории Иркутской, Кемеровской, Томской, Павлодарской, Челябинской обл., Республик Алтай, Башкортостан, Бурятия.

Использованные аналитические методы были направлены на определение концентраций и форм нахождения химических элементов в солевых отложениях (накипи): 1) инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) (ТПУ); 2) масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) (ООО «ХАЦ «Плазма», Томск); 3) рентгеновская дифрактометрия (Bruker AXS GmbH, Москва, ОАО «ТомскНИПИнефть», Томск); 4) сканирующая электронная микроскопия (ТПУ); 5) осколочная радиография (f-радиография) (ТПУ).

Результаты и их обсуждение. По данным ИНАА и ICP-MS, элементный состав антропогенных карбонатных отложений неоднороден и отражает, прежде всего, геохимические особенности воды, из которой они формируются. Главными химическими элементами в солевых отложениях являются Са, Na, Fe: содержание этих элементов варьирует в широких пределах с минимальными концентрациями более $n \cdot 10$ мг/кг. К числу макрокомпонентов в составе накипи можно отнести Zn, Sr, Ba.

Особенности распределения других химических элементов в накипи определяют её региональную геохимическую специализацию, обусловленную, прежде всего, особенностями геологического строения и металлогении территории. В качестве аддитивных факторов также могут выступать отходы горнорудного производства, формирующиеся при разработке месторождений полезных ископаемых (Салаирский кряж, Кузнецкий Алатау и другие).

Это ярко видно в районах, расположенных на стыке крупных геологических структур, например, Сибирской платформы и Саяно-Байкальской горно-складчатой области. Сравнение средних значений накопления химических элементов в накипи показывает для образцов, отобранных в населённых пунктах, территориально находящихся в пределах платформенных отложений, более высокие концентрации Са, Cr, As, Br, Rb, Cs, Tb, которые связаны, вероятно, с соленосными и гипсоносными толщами кембрийского возраста.

В пределах горно-складчатых областей (например, Алтай) в элементном составе антропогенных карбонатных отложений достаточно хорошо себя проявляют геохимически специализированные комплексы горных пород. Так, максимальные концентрации (в 2,5–15 раз выше среднего) большинства халько- и литофильных элементов проявлены в глинистых породах крупных межгорных впадин. Для накипи вод среди базальтовых и андезито-базальтовых порфиров характерен высокий уровень присутствия Na, Zn, Br, а среди карбонатных фаций – Fe, Cr, Co.

Более ярко информативность накипи видна в районах развития современного рифтогенеза и вокруг рудопоявлений и месторождений. Возможное влияние специфики геохимических процессов, обусловленных влиянием Байкальской рифтовой зоны видно в геохимической специализации на редкие, редкоземельные, радиоактивные элементы в Усть-Баргузинской впадине и на Ag, Au – в Тункинской впадине. При этом в пределах обеих впадин известны природные карбонатные отложения, геохимически специализированные на эти же элементы.

Влияние геохимических ореолов рудопоявлений и месторождений нами выявлено в нескольких изученных районах. Так, на территории Бурятии, Томской и Павлодарской обл. были выявлены аномальные концентрации U в накипи, пространственно тяготеющие к уже известным или потенциальным урановым районам (Алтае-Саянская, Забайкальская, Северо-Казахстанская урановые провинции).

Повышенные концентрации Ag, Au в солевых отложениях питьевых вод в пределах Тункинской впадины предполагают наличие природного источника и, согласно данным минералогического районирования, район находится между двумя специализированными на Au подразделениями, для которых впадина является областью сноса. Аномальные содержания этих же элементов в накипи питьевых вод в Павлодарской области приурочены к Майкаинскому золоторудному полю и месторождению полиметаллических руд Алпыс. В южной и юго-восточной части Томской обл. также выявлены ореолы повышенных содержаний Ag и Au, вероятной причиной которых могут служить погребённые россыпи, либо влияние структур горно-складчатых областей, продолжающихся под осадочным чехлом Западно-Сибирской плиты.

Геохимическая специализация на REE и Th антропогенных карбонатных отложений в южной части Томской обл. и северной части Павлодарской обл. позволяет предположить их связь с распространением циркон-ильменитовых россыпей в краевых прогибах фундамента Западно-Сибирской платформы. Также в северной части Павлодарской обл. к этим химическим элементам добавляется Ta,

что указывает на вероятное нахождение редкометальных гранитоидов и, возможно, развитых по ним кор выветривания [1]. Но всё это требует геологической проверки.

Особо следует отметить, что избыточные концентрации химических элементов в накипи, образующейся при кипячении природных пресных вод, свидетельствуют о качестве используемых вод. Так, нами установлено, что при содержании U в солевых отложениях на уровне 30–40 мг/кг, его содержание в воде превышает санитарно-гигиенический норматив.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показывают высокую индикаторную информативность элементного состава антропогенных карбонатных отложений как дополнительного косвенного критерия при прогнозно-металлогенических построениях масштаба 1 : 200 000 и меньше, особенно для Ag, Au, REE, U. Также возможным способом применения таких образований является оценка экологической безопасности вод, используемых для питьевого водоснабжения.

Работы в Кемеровской обл. выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-10011)

1. *Арынова Ш. Ж.* Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования. Томск, 2017. 22 с.
2. *Голева Р. В., Смирнова А. И.* Способ поисков скрытых урановых месторождений: авт.с. № 173325 СССР / Р. В. Голева, А. И. Смирнова. Оpubл. 06.07.1982.
3. Карбонаты: минералогия и химия / Под ред. Р.Дж. Ридера. М.: Мир, 1987. 496 с.
4. *Монголина Т. А.* Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории. Томск, 2011. 21 с.
5. *Наумов Г. Б.* К вопросу о карбонатной форме переноса урана в гидротермальных растворах // Геохимия. 1959. № 1. С. 6–20.
6. *Рихванов Л. П.* Способ поисков урановых месторождений: авт. с. № 2211812 СССР / Л. П. Рихванов, А. Я. Пшеничкин. № 3080082; заявл. 28.02.83; опубл. 26.06.1985.
7. *Рихванов Л. П., Язиков Е. Г., Сарнаев С. И.* Уран и торий в карбонатных минералах. Статья I // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1986. № 7. С. 37–42.
8. *Рихванов Л. П., Язиков Е. Г., Сарнаев С. И.* Уран и торий в карбонатных минералах. Статья II // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1986. № 8. С. 34–38.
9. *Соктоев Б. Р.* Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и её индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона). Томск, 2015. 22 с.
10. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: пат. 2298212 Рос. Федерация. Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков, Н. В. Барановская, Е. П. Янкович; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. № 2005120840; заявл. 04.07.05; опубл. 27.04.07.
11. *Язиков Е. Г., Рихванов Л. П.* Способ поисков урановых месторождений: авт. с. № 169076 СССР, М. кл. G 01 V 9/000 / Е. Г. Язиков, Л. П. Рихванов; заявитель и обладатель Томский политехнический университет. – № 3013738; заявл. 12.03.81; опубл. 02.02.1982.
12. *Brasier A. T.* Searching for travertines, calcretes and speleothems in deep time: Processes, appearances, predictions and the impact of plants // Earth-Science Reviews. 2011. Vol. 104. P. 213–239.
13. *Fairchild I. J., Treble P. C.* Trace elements in speleothems as recorders of environmental change // Quaternary Sci. Reviews. 2009. Vol. 28. P. 449–468.
14. *White W. B.* Science of caves and karst: A half century of progress // Spec. Pap. of the Geol. Soc. of America. 2016. Vol. 516. P. 19–33.

УДК 550.4

ГЕОХИМИЯ ПОЧВ ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ оз. САПШО (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)

А. В. Терехова, П. С. Зеленковский, И. И. Подлипский

Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Институт наук о Земле, Университетская набережная 7-9, 199034 Санкт-Петербург, Российская Федерация; olina2108@mail.ru; i.podlipskiy@spbu.ru; georpavel@yandex.ru;

Контроль содержания тяжёлых металлов (ТМ) в почвах является необходимой задачей комплексной эколого-геологической оценки состояния компонентов окружающей среды, а также мониторинга их изменений под влиянием природных и антропогенных факторов. Оперативный контроль содержания поллютантов в почвах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) невозможен без установления фоновых концентраций химических элементов.