

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ЗАБАЙКАЛЬЯ

Зайцева С.В., Абидуева Е.Ю.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия, E-mail: svet_zait@mail.ru

АННОТАЦИЯ: Анализ содержания микроэлементов в придонной воде, в том числе тяжелых металлов, был проведен в высокоминерализованных озерах Забайкалья: Верхнее Белое (Республика Бурятия), Хилганта, Горбунка и Борзинское (Забайкальский край). Исследуемые экосистемы характеризовались повышенным уровнем содержания микроэлементов, в том числе урана, стронция, железа, меди, никеля, цинка.

1. ВВЕДЕНИЕ

Высокоминерализованные озера представляют природные экосистемы с естественным высоким уровнем содержания тяжелых металлов. В озерах Серлз и Моно лейк (Калифорния, США) содержание мышьяка достигает 149.8-22.5 мг/л, соответственно [3]. Концентрации мышьяка до 115-234 мг/л были обнаружены в вулканическом высокоминерализованном озере Диамант (Аргентина) при минерализации 270 г/л [5]. В содово-соленых озерах Центральной Азии были определены повышенные концентрации мышьяка (0.5-2.4 мг/л), селена (2-2.3 мг/л) и урана (до 14 мг/л) [1, 2, 4].

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований выступили соленые озера Верхнее Белое (Республика Бурятия, Россия), а также Хилганта, Горбунка и Борзинское (Забайкальский край, Россия) с минерализацией от 12.3 до 430 г/л. Рентгенофазовый анализ (РФА), позволяющий разделить и идентифицировать состав минералов в образцах осадков, проводили на дифрактометре Phaser 2D фирмы Bruker ($\text{CuK}\alpha_1$ – излучение). Количественный рентгенофазовый анализ был выполнен после идентификации минералов в донных отложениях с использованием банка ICDD PDF Realase 2012 методом наложения, основанным на сравнении рентгенограмм исследуемого образца и рентгенограмм отдельных составляющих в чистом виде с использованием интерфейса Diffrac.Eva v.3.0. Точность анализа составляет 2-3 %, а чувствительность 1-2%. Пробы воды отбирались в полиэтиленовые пробирки (50 мл), которые предварительно были выдержаны по 10 минут в 15% и 5% растворе HNO_3 с нагреванием в микроволновой системе до 100°C и затем промыты деионизированной водой. При этом подготовка кислоты HNO_3 представляла собой двустадийную перегонку на кварцевом боулинге SubPUR Milestone и

фторопластовой системе дистилляции DST-100. Кроме того, образцы вод обязательно фильтровались через стерильные шприцевые насадки Cromafil Xtra PVDF-45/25 и подкислялись азотной кислотой марки Ultrapure (до pH 1-2). Микроэлементный анализ проводился в посредством магнитно-секторной масс-спектрометрии с индуктивной связанной плазмой (SF-ICP-MS Element XR). Регистрация сигналов масс происходила в низком, среднем и высоком разрешениях в зависимости от свободы спектров от интерференционных наложений. В качестве калибровочных растворов использовались разбавленные многоэлементные растворы ICP-MS-68A Solution A и B (High-Purity Standards) и моноэлементные растворы В, Р, Na, Mg, Ca, K и Al (Inorganic Ventures). Поправка на дрейф прибора, матричный эффект и фракционирование масс проводилась с помощью добавления In (Inorganic Ventures) с конечной концентрацией в пробе 1 ppb. При приготовлении растворов использована деионизированная вода (18.2 М Ω см⁻¹), подготовленная системой Purelab Maxima Elga. Пределы обнаружения для Be, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Cs, Hf, Tl, Bi, Th, U, Sc, Ti, V, Cr, Co, Ga, Cd, Ba, REE, Ta, W, Ge, As, Se составили 0.1-0.01 ppb: для Li, P, Mn, Cu, Ni, Zn, Pb – 1-0.1 ppb; для B, Na, Mg, Ca, Fe, Al, K – 0.1-0.001 ppm.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все озера характеризовались мелководностью с глубинами до 2 м и щелочным значением pH, по химическому составу воды и составу минералов в осадках озера различались. Результаты анализа твердых фаз показали, что в осадках оз. Борзинское и Горбунка преобладали силикаты, алюмосиликаты и кварц. В оз. Хилганта более 40% минеральной фазы составлял фосфат циркония, также обнаружено значительное содержание алюмосиликата натрия и кварца. В твердых фазах оз. В. Белое преоблада-

дали алюмосиликаты и хроматы, обнаружены достаточно редко встречающиеся минералы на основе теллура (теллурид, цумоит) и мышьяка (теннантит). Результаты анализа микроэлементного состава показали значительное содержание микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, в воде озер. Содержание урана составляло от 110 до 2254 мкг/л. Концентрация Fe изменялась между 77-626,4 мкг/л, Mn составляла 5,1-25,3 мкг/л, P – между 152-62200 мкг/л и V – в пределах 5,53-52,9 мкг/л. Мышьяк обнаружен во всех озерах, его содержание варьировало от 6,9-94,7 мкг/л (озера Хилганта, Горбунка и Верхнее Белое) до 879,3 мкг/л (оз. Борзинское). Медь присутствовала в образцах воды, самая низкая концентрация составляла 46,7 мкг/л (оз. Хилганта) и самая высокая 402,7 мкг/л (оз. Борзинское). Хром колебался от 5,6-6,7 (озера Хилганта и Горбунка) до 43,8 мкг/л (оз. Верхнее Белое). Максимальное содержание цинка определялось в озерах Верхнее Белое и Борзинское (307 и 204 мкг/л соответственно). Высокие концентрации Mo, Li и Sr обнаружены в придонной воде озера Хилганта. Вода озера Горбунка обогащена Ti, V, Sc, Sr, Ni и Cu. Значительные количества микроэлементов, особенно Sr (185 мкг/л), U (2254 мкг/л), B (21000 мкг/л), Zr (603 мкг/л), Sc (22,3 мкг/л), Ti (236,4 мкг/л) и W (199,7 мкг/л) были обнаружены в оз. Борзинское. Высокое содержание Mn (25,3 мкг/л), Zr (684 мкг/л), Nb (1,35 мкг/л), Mo (517 мкг/л), Sn (30,7 мкг/л), Sc (9,6 мкг/л), Ti (220 мкг/л), а также Cr, Ni, Cu, Zn, Ga и Cd были измерены в оз. Верхнее Белое. Была определена высокая степень корреляции между концентрациями некоторых групп микроэлементов. Наибольшие корреляции бы-

ли показаны между Mn / Sn / Cs / Bi / Cr / Ni / Cd (R = 0,999), As / B / Be / U / Li / Na / Nd / W / Gd (R = 0,998), Co / Y / V / P / Dy / Er (R = 0,999). Высокая корреляция также обнаружена между концентрационными парами Cu и Fe (R = 0,995) и Fe / Ag / Hf / Ti (R = 0,994).

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные гидрохимические особенности исследуемых озер обусловлены разнообразным составом и высокими концентрациями микроэлементов, в том числе тяжелыми металлами.

Работа выполнена по теме госзадания ФАНО России № госрегистрации АААА-А17-117011810034-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hamamura N, Itai T, Liu Y, Reysenbach A-L, Damdinsuren N, Inskeep WP. (2014). Identification of anaerobic arsenite-oxidizing and arsenate-reducing bacteria associated with an alkaline saline lake in Khovsgol, Mongolia. *Environ Microbiol Rep* 6: 476-482.
2. Isupov V, Vladimirov A, Sodov A, Kolpakova M, Shvartsev S, Volkova N. 2015. Hydromineral resources of saline lakes of Mongolia and Russian Altai. *Adv. Mater. Res.*, 1085: 166-170.
3. Kulp T R, Hoefft S E, Miller L G, Saltikov C, Murphy J N, Han S, Lanoil B, Oremland R S. 2006. Dissimilatory arsenate and sulfate reduction in sediments of two hypersaline arsenic-rich soda lakes: Mono and Searles Lakes, California. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72: 6514-6526.
4. Linhoff B S, Bennett P C, Puntsag T, Gerel O. 2011. Geochemical evolution of uraniumiferous soda lakes in Eastern Mongolia. *Environ. Earth. Sci.*, 62: 171-183.
5. Rascovan N, Maldonado J, Vazquez MP, Farias EM. Metagenomic study of red biofilms from Diamante Lake reveals ancient arsenic bioenergetics in haloarchaea. *ISME J.* 2016 Feb;10(2):299-309.

TRACE ELEMENTS CONTENT FEATURES OF SOME SALINE LAKES OF TRANS-BAIKAL REGION

Zaitseva S.V., Abidueva E. Yu.

Institut of Geeral and Experimental Biology SB of RAS, Ulan-Ude, E-mail: svet_zait@mail.ru

ABSTRACT: Analysis of the trace elements content, including heavy metals, in the bottom water was carried out in the highly mineralized lakes of Transbaikalia: Verknee Beloe (Republic of Buryatia), Khilganta, Gorbunka and Borzinskoe (Transbaikal region). The investigated ecosystems were characterized by a high level of trace elements, including uranium, strontium, iron, copper, nickel, zinc.