

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОХИМИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АРКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА КЕНТЭТУРКУ (ПОЛУОСТРОВ ТАЙМЫР)

© 2013 г. В. Н. Удачин*, Д. Ю. Большианов**, С. Л. Вотяков,
Д. В. Киселева, П. В. Хворов*, П. Г. Аминов*, Ю. К. Иванов

Интерес к исследованию геохимии донных отложений арктических озер обусловлен тем, что стратифицированные колонки со скоростями седиментации от 0.2 до 0.8 мм/год содержат важную информацию о поступлении микроэлементов с региональным атмосферным переносом [1, 8, 10–12] и являются своеобразным архивом при характеристике процессов воздействия на окружающую среду. Хорошо изучены донные отложения озер архипелага Шпицберген [3, 6, 9, 13], арктических территорий Канады [10, 15], Гренландии [4, 5]. Применительно к полуострову Таймыр исследования донных отложений озер сосредоточены в районе воздействия Норильского промышленного узла [2, 6, 13]. Характеристика химического состава донных отложений озера на большом удалении от основного источника атмосферных эмиссий в российской Арктике приводится впервые.

Цель работы – исследование микрогеохимии донных отложений арктического озера Кентэтурку (полуостров Таймыр).

Объект исследования. Озеро Кентэтурку расположено в центре полуострова Таймыр, в бассейне р. Верхней Таймыры, в 550 км к северо-востоку от г. Норильск в подзоне северной тундры. Средняя температура воздуха в январе составляет минус 31°C, средняя температура июля 7–8°C. Продолжительность ледостава в среднем 290 дней, толщина ледового покрова 170–180 см. Толщина снежного покрова на конец периода его накопления (май-июнь) до 50 см. Среднегодовое количество осадков 300–400 мм. Преобладающее направление движения воздушных масс – зимой с юго-запада на северо-восток, летом – в обратном направлении. Урез воды озера находится на отметке 58 м над современным уровнем моря. Озеро лежит в чаше бассейна среди гряд высотой до 157–191 м. Гряды и их склоны сложены четвертичными морскими песчано-алевритовыми отложениями с небольшим количеством крупнообломочного материала (галька, валуны). Озеро, судя по линеаментам (восток-северо-восток и север-северо-запад) имеет тектоническое заложение, как и гряды, в которых оно расположено, но так же, как и близлежа-

щие озера, связано с вытаяванием подземного льда. Площадь озера 2.5 км², максимальная длина 2 км, максимальная ширина 1.2 км. Озеро имеет несколько мелких притоков по ограниченной площади водосбора (12.1 км²) и один водоток, вытекающий из озера в период снеготаяния. В межень сток из озера может прекращаться в результате перегораживания истока вытекающей реки галечным береговым валом. Измеренные глубины в озере достигают 20 м, средняя глубина озера менее 10 м. Донные отложения, представленные глинистыми алевритами, взяты из наиболее глубоководной котловины с глубины 15 м, из точки с координатами 73°27'52.0" с.ш. 96°26'21.3" в.д. Отбор проб выполнен пробоотборником гравитационного типа с отсекающей диафрагмой. Внутренний диаметр пробоотборника 42 мм, отбор проб выполнен с дискретностью 1 см для длины колонки 30 см.

Методики исследования. Пробы, доведенные до воздушно-сухого состояния, измельчали и анализировали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Кислотное вскрытие проб донных отложений навеской 50 мг выполнялось в автоклавах с однокамерной реакционной емкостью из фторопласта при температуре 150°C в течение 6 часов смесью 2 мл HF, 3 мл HCl и 1 мл HNO₃. Деструкцию фторидных комплексов проводили двукратным выпариванием сухого остатка пробы в 4 мл концентрированной HNO₃ при температуре 110°C. После добавления раствора In (внутренний стандарт) и 2 мл 5 н HNO₃ раствор еще раз упаривали и сводили деионизированной водой (установка MilliQ, Millipore) к аликвоте 100 мл при конечной концентрации азотнокислой матрицы 0.5 н. Все кислоты исходной квалификации “о.с.ч.” были дополнительно очищены на установке дистилляции BSB-939-IR (Berghof). Анализ подготовленных растворов выполнен на ИСП-масс-спектрометре ELAN 9000. Калибровку прибора выполняли с использованием стандартных мультиэлементных растворов фирмы Perkin Elmer для всей шкалы масс анализируемых элементов. Схема анализа включала анализ “холостой” пробы (включенная в партию из 30–35 проб одна проба со всеми

* Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс

** Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург

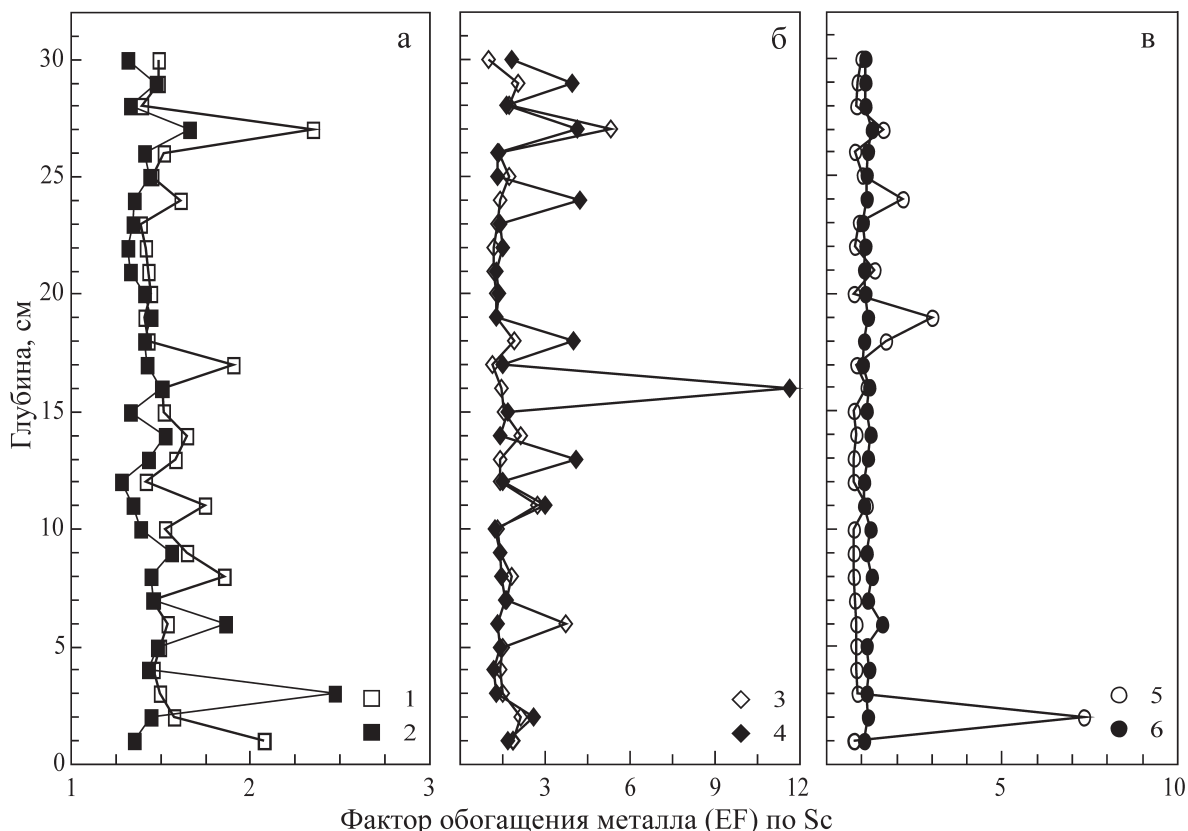


Рис. 1. Значения фактора обогащения (EF) для микроэлементов колонки донных отложений оз. Кентэтурку.

1 – Cu, 2 – Zn, 3 – Cd, 4 – Sb, 5 – Pb, 6 – Ni.

упоминавшимися реактивами, прошедшая все последовательно указанные процедуры); анализ градуировочных растворов и построение градуировочных прямых с тремя точками для концентраций 10, 100 и 1000 мкг/л; анализ 30–35 проб с повторной градуировкой в середине измеряемой партии проб. Пределы обнаружения составляли, в пересчете на первичную навеску, от 2–7 мкг/кг для элементов с высокими и средними массами (U, Th, Pb, Bi, Tl, Mo, группа PЗЭ) до 30–50 мкг/кг для элементов с малыми массами (Sc, Li). Расчет фактора обогащения (EF) по результатам элементного анализа выполнен нормированием на Sc по формуле: $EF = ([C_i]/[Sc]_{\text{проба}})/([C_i]/[Sc])_{\text{кларк}}$.

Рентгеноструктурный анализ выполнен на дифрактометре XRD-6000 (Cu-анод, графитовый монохроматор, съемка в интервале углов $2\theta = 3-80^\circ$). Для диагностики глинистых минералов исследованы воздушно-сухие, насыщенные глицерином и прокаленные при 550°C препараты в интервале углов $2\theta = 3-16^\circ$. Анализ проводился на дифрактометре ДРОН-2.0 (Cu-анод, графитовый монохроматор). Расчет содержаний минералов проведен методом Ритвельда с использованием программы SIROQUANT.

Результаты. В донных отложениях озера Кентэтурку в количественном отношении преобладают

две минеральные фазы – кварц и плагиоклаз (около 42 и 28%, соответственно); в подчиненных количествах отмечены гидратированный хлорит, иллит и калиевый полевой шпат. Степень варибельности содержаний пяти основных минеральных фаз по разрезу 30-см колонки не превышает $\pm 4\%$.

Элементный состав донных отложений отражен в табл. 1. Рассчитанные факторы обогащения для шести потенциально приоритетных аномальных элементов этого географического района [2, 6] представлены на рис. 1. Для пары Cu-Zn значения фактора обогащения не превышают 2.5 в двух пробах, что, в соответствии с практикой количественных оценок геохимии объектов окружающей среды, позволяет отнести концентрации этих элементов в донных отложениях озера к фоновым. Для пары Cd-Sb аномальными представляются концентрации Sb в интервале 15–16 см с фактором обогащения 12 (см. рис. 1) и Cd в интервале 26–27 см с фактором обогащения 5.5. Для Pb явно аномальной концентрацией в 96 мкг/кг является проба интервала 1–2 см с фактором обогащения 7.5.

Для выполнения количественных расчетов временного поступления микроэлементов в расчете на единицу площади акватории озера необходимо выполнить датировку скоростей осадконакопления с использованием изотопа ^{210}Pb . Это позволит оце-

нить вклад антропогенных факторов в процессы седиментации озерных экосистем Арктики.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 10-05-00727а) и проекта № 12-55-4-007 программы УрО РАН “Арктика” в Центре коллективного пользования УрО РАН “Геоаналитик”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даувальтер В.А., Даувальтер М.В., Кашулин Н.А., Сандимиров С.С. Химический состав донных отложений озер в зоне влияния атмосферных выбросов комбината “Североникель” // Геохимия. 2010. № 11. С. 1224–1229.
2. Старичков Е.М. Геохимия донных осадков бассейна р. Пясины и прибрежных зон Карского моря: полуостров Таймыр. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. С-Петербург, 2002. 23 с.
3. Appleby P.G. Environmental change and atmospheric contamination on Svalbard: sediment chronology // J. Paleolim. 2004. V. 31. P. 433–443.
4. Bindler R., Anderson N.J., Renberg I., Malmquist C. Paleolimnological investigation of atmospheric pollution in the Søndre Strømfjord region, southern West Greenland: accumulation rates and spatial patterns // Geology of Greenland Survey Bulletin. 2001. V. 189. P. 48–53.
5. Bindler R., Renberg I., Anderson N.J. et al. Pb isotope ratios of lake sediments in West Greenland: inferences on pollution sources // Atmos. Environ. 2001. V. 35. P. 4675–4685.
6. Birks H.J., Jones V.J., Rose N.L. Recent environmental change and atmospheric contamination on Svalbard as recorded in lake sediments synthesis and general conclusions // J. Paleolim. 2004. V. 31. P. 531–546.
7. Blais J. M., Duff K. E., Laing T. E., Smol J.P. Regional contamination in lakes from the Noril’sk region in Siberia, Russia // Water, Air, Soil Pollut. 1999. V. 110. P. 389–404.
8. Dauvalter V., Kashulin N., Sandimirov S. et al. Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a Subarctic watercourse // J. Environ. Sci. Health, Part A. 2011. V. 46, № 9. P. 1020–1033.
9. Drevnick P.E., Yang H., Lamborg C.H., Rose N. L. Net atmospheric mercury deposition to Svalbard: Estimates from lacustrine sediments // Atmos. Environ. 2012. V. 59. P. 509–513.
10. Givélet N., Roos-Barraclough F., Goodsite M.E., Shotyuk W. A 6.000-years record of atmospheric mercury accumulation in the high Arctic from peat deposits on Bathurst Island, Nunavut, Canada // J. Physique. 2003. V. 107. P. 545–548.
11. Kikuchi R., Gorbacheva T.T. A field survey—Staroe lake suffering from atmospheric deposition in the region north of the Arctic Circle // Environ. Sci. Pollut. Res. 2009. V. 16. P. 431–438.
12. Liua X., Jianga S., Zhang P., Xu L. Effect of recent climate change on Arctic Pb pollution: A comparative study of historical records in lake and peat sediments // Environ. Pollut. 2012. V. 160. P. 161–168.
13. Lu Z., Cai M., Wang J. et al. Levels and distribution of trace metals in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard, Norwegian Arctic // Environ. Geochem. Health. 2013. V. 35. P. 257–269.
14. Michelutti N., Laing T.E., Smol J.P. Diatom assessment of past environmental changes in lakes located near the Noril’sk (Siberia) smelter // Water, Air, Soil Pollut. 2001. V. 125. P. 231–241.
15. Michelutti N., Simonetti A., Briner J.P. et al. Temporal trends of pollution Pb and other metals in east-central Baffin Island inferred from lake sediment geochemistry // Sci. Total Environ. 2009. V. 407. P. 5653–5662.