

эффективности процессов флотации сульфидных минералов с близкими физико-химическими свойствами, так и для разделения сульфидов и породообразующих минералов в процессах обогащения руд сложного вещественного состава.

*Автор выражает благодарность за научные консультации и помощь в проведении исследований д.т.н. И.Ж.Бунину, к.г.-м.н. Е.В. Копорулиной.*

*Иванова Т.А., Бунин И.Ж., Хабарова И.А.* Химическое модифицирование поверхности сульфидов при воздействии мощными электромагнитными импульсами. Горный информационно-аналитический бюллетень. Москва: Изд-во МГГУ, «Горная книга», **2008**. № 5. 342-350 с.

*Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж.* Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. Москва: ИПКОН РАН, **2006**. 216 с.

*Hirajima T., Mori M., Ichikawa O, et al.* Selective flotation of chalcopyrite and molybdenite with plasma // Minerals Engineering, **2014**. V. 66-68. P. 102 – 111.

## ГЕОХИМИЯ ОСАДКОВ ОЗЕРА САБАКТЫ

**Юсупова А.Р., Нурғалиева Н.Г., Кузина Д.М., Крылов П.С.**

*<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань  
[yusupovaanast095@gmail.com](mailto:yusupovaanast095@gmail.com)*

Озерные донные осадочные отложения относятся к высокоинформативным природным архивам, хранящим летопись климатических изменений, происходивших в течение плейстоцена и голоцена. Литохимические исследования вариаций климата, происходивших в прошлые геологические эпохи, позволяют выявить химический состав отложений, закономерности миграции, концентрации и рассеяния химических элементов в процессах выветривания и осадконакопления. В связи с повышенным интересом к изменениям климата в последние годы, изучение озерных донных осадочных отложений как никогда актуально.

В настоящей работе объектом исследования являются отложения озера Сабакты (53°36'54" с. ш. 58°39'24" в. д.), расположенного на территории Южного Урала. Была изучена керновая колонка, расположенная в восточной части озера. Выбор места отбора керновой колонки произведен на основе сейсмоакустических исследований, в зоне с ненарушенной стратификацией и отсутствием газа в осадке. Для отобранной колонки был определен возраст осадков, элементный и минералогический состав. Основной целью работы являлось определение литохимических прокси для установления особенностей климатических изменений в голоцене.

Метод датирования органических материалов путем измерения содержания радиоактивного изотопа углерода <sup>14</sup>C был применен для 7 образцов на ускорительном масс-спектрометре 1.0 MV HVE. Для калибровки возраста образцов использовался программный продукт OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013) и калибровочная кривая IntCal 13. По измеренным образцам установлен голоценовый возраст донных осадочных отложений исследуемого озера.

Элементный состав образцов был получен с использованием рентгенофлуоресцентного волнодисперсионного спектрометра S8 Tiger (Bruker, Германия). Шаг исследования для кернов осадков составил 0.2 м. Данные по элементному

составу были получены в виде содержаний оксидов элементов и элементов (в масс.% и/или ppm). На основе полученных данных проведен анализ изменений натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, серы, кальция, титана, трехвалентного железа, брома, рубидия, меди, цинка, циркония, хрома, никеля, стронция. Минералогический состав отложений определяется путем рентгенографического фазового анализа. Исследования проводились на дифрактометре Bruker D2 Phaser.

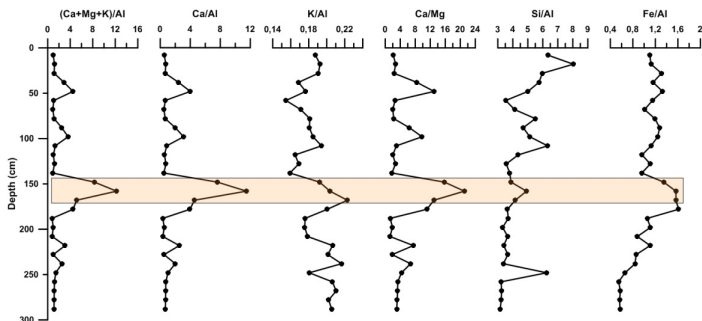


Рис. 1 Вариации индексов химического выветривания с глубиной. Интервал 143-170 см (5024-6750 тыс.лет.) характеризуется аномальным повышением значений индексов химического выветривания, указывающим на существенное изменение климата в указанном интервале.

При выявлении геохимической (климатической) зональности в качестве литохимических прокси выбраны индексы химического выветривания:  $(Ca+Mg+K)/Al$ ,  $Ca/Al$ ,  $K/Al$ ,  $Ca/Mg$ ,  $Si/Al$ ,  $Fe/Al$ , отражающие тренды увлажнения или усыхания климата (Косарева, 2018; Косарева и др., 2019; Косарева и др., 2019; Zhong et al., 2012).

По аномально повышенным значениям  $(Ca+Mg+K)/Al$ ,  $Ca/Al$ ,  $K/Al$ ,  $Ca/Mg$  выделяется интервал 143-170 см (5024-6750 тыс. лет) (рисунок 1). Минеральный состав выделенного интервала: кварц (20-30%), альбит (10-20%), хлорит (5-10%), доломит (1-5%), кристобалит и тридимит (1-10%). В выделенном интервале зафиксировано высокое содержание кальцита (44-49%) (Рис. 2).

Depth (cm)	Pvrite	Cristobalite	Tridymite	Chlorite	Albite	Quartz	Mixed layer	Calcite, syn	Dolomite	Microcline	Hornblende	Mica	Kaolinite
6	+	+	+++	+++	+++	++++							
24		+	+++	+++	+++	++++	+++						
46		+	++	+++	+++	+++		++++					
66	+	+	++	+++	+++	++++	++				++		++
86	+	+	+++	+++	+++	++++	++++	++	+				
106	+	+	++	+++	+++	++++	++++	+++	++	+			
126	+	+	+	+++	++++	++++	+++	+	+				
146	+	+	++	++	+++	++++		++++					
166	+	+	+	++	+++	++++		++++	+				
186	+	+	+	++	++++	++++	+++		+				+++
206	++	+	+	++	++++	++++	+++		+				+++
226	+	+	+	++	+++	++++	+++	++	+				+++
246	+			++	+++	++++	+++	+++					+++
266				++	+++	++++	+++	+++	+	++			+++
286				++	+++	++++	+++	+++	+	++			+++

(+, 1-5; ++, 5-10%; +++, 10-20%; +++++, 20-30%; ++++++ >30%)

Рис. 2 Минералогия осадков озера Сабакты

Увеличение значений индексов выветривания на глубинах 170-158 см соответствует подстадии потепления Атлантической климатической стадии по схеме

Блитта-Сернандера для северной Европы (Кенигссон, 1984), а также стадии повышенной влажности по климатическим изменениям в течение голоцена в Европе (Nesje, Dahl, et al., 2001; Claussen, 1999; Magny, Haas, 2004; Arz et al., 2006; Plunkett, Swindles, 2008; Van Geel, et al., 1998). Уменьшение значений индексов выветривания в выделенном интервале на глубинах 158–143 см соответствует подстадии потепления климата Суббореальной климатической стадии по схеме Блитта-Сернандера и голоценового климатического оптимума по климатическим изменениям в течение голоцена в Европе.

- Косарева Л.П.* Особенности вещественного состава и условий формирования голоценовых донных осадочных отложений озера Большое Яровое, юго-запад Сибири: автореферат дис. кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.06. Казань, **2018**. 22 с.
- Косарева Л.П., Нургалеева Н.Г., Юсупова А.П.* Предварительные исследования вещественного состава осадочных отложений озера Малое Миассовое (Челябинская область, РФ): Материалы IX Всероссийского литологического совещания. Казань: Изд-во Казанского университета, 2019. 207-208 с.
- Косарева Л.П., Юсупова А.П., Нургалеева Н.Г., Крылов П.С.* О новых данных по вещественному составу донных осадочных отложений озера Тургояк: Материалы IX Всероссийского литологического совещания. Казань: Изд-во Казанского университета, **2019**. 209-210 с.
- Zhong W., Zhangdong P., Xue J., Ouyang T., Tang X., Cao J.* Geochemistry of sediments from Barkol Lake in westerly influenced northeast Xinjiang: Implications for catchment weathering intensity during the Holocene. // *Journal of Asian Earth Sciences*, **2012**. № 50. P. 7-13.
- Кенигссон Л. К.* Хроностратиграфическое подразделение голоцена: Материалы XVII Международного геологического конгресса. Москва: Стратиграфия, **1984**. Т. 1, 52–57 с.
- Nesje A.* The Greenland 8200 cal. yr BP event detected in loss-on-ignition profiles in Norwegian lacustrine sediment sequences // *Journal of Quaternary Science*, **2001**. V. 16 (2). P. 155–166.
- Claussen M.* Simulation of an Abrupt Change in Saharan Vegetation in the Mid-Holocene // *Geophysical Research Letters*, **1999**. V. 26 (14). P. 2037–2040.
- Magny M., Haas N. J.* A major widespread climatic change around 5300 cal. yr BP at the time of the Alpine Iceman // *Journal of Quaternary Research*, **2004**. V. 19 (5). P. 423–430.
- Arz H. W., Lamy F., Pätzold J.* A pronounced dry event recorded around 4.2 ka in brine sediments from the northern Red Sea // *Quaternary Research*, **2006**. V. 66 (3). P. 432–441.
- Plunkett G., Swindles T. G.* Determining the Sun's influence on Lateglacial and Holocene climates: a focus on climate response to centennial-scale solar forcing at 2800 cal. BP // *Quaternary Science Reviews*, **2008**. V. 27. P. 175–184.
- Van Geel, B., Buurman J., Waterbolk H. T.* Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP // *Journal of Quaternary Science*, **1998**. V. 11 (6). P. 451–460.