

## ГЕОХИМИЯ ОЗЕРА ЯКТЫ-КУЛЬ

Юсупова А.Р., Нурғалиева Н.Г., Кузина Д.М.

Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань,  
yusupovaanast095@gmail.com

Накопление осадков в озёрах осуществляется за счёт сноса с континента механически разрушенного (терригенного) материала, хемогенных и биохемогенных процессов в озерном бассейне. В данной работе представлены результаты исследования донных отложений озера Якты-Куль (55°35'48" с.ш. 58°37'47" в.д.) с помощью рентгенофлуоресцентного и рентгенографического фазового анализа. Полученные данные используются для выяснения климатических изменений в голоцене на территории Южного Урала.

Для проведения исследований вещественного состава озера Якты-Куль, выявления литохимических прокси для реконструкции озерных обстановок осадконакопления был проведен детальный геохимический анализ образцов озера Якты-Куль, при этом использовался рентгенофлуоресцентный спектрометр Bruker S8 Tiger. Исследуемые донные отложения были проанализированы на наличие основных оксидов, таких как SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO и MgO, и микроэлементов, таких как Sr, Rb, Cu, Cr, Co, Zn, Ni, V и Zr. Выходные значения были скорректированы с учетом потери при прокаливании образцов, проводившемся при температуре 1100°C в течение ~ 2 часов.

Данные химического анализа затем использовались для расчета интенсивностей химического выветривания. Мера степени выветривания может быть получена путем расчета химического индекса изменения (CIA) с использованием молекулярных пропорций [Nesbitt and Young, 1982]:

$$CIA = \{Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)\} \times 100 \quad (1),$$

где CaO\* – количество CaO, включенного в силикатную фракцию породы.

Метод датирования органических материалов путем измерения содержания радиоактивного изотопа углерода <sup>14</sup>C был применен для 9 образцов озера Якты-Куль керновой колонки №3. Подготовленные пробы были направлены в Тайвань на Факультет Наук о Земле Национального университета Тайваня (NTUAMS Lab), где были проведены измерения на ускорительном масс-спектрометре 1.0 MV HVE. Для калибровки возраста образцов использовался программный продукт OxCal v4.2.4 и калибровочная кривая IntCal 13 [Bronk Ramsey, Lee, 2013].

Минералогический состав осадков озера Якты-Куль выполнялся с использованием дифрактометра Bruker D2 Phaser. Шаг исследования составил 10 см.

Значения CIA между 50-60 указывают на низкое химическое выветривание (относительно холодный и/или сухой климат). Значения CIA в интервале 60-80 отражают умеренное химическое выветривание, а значения в диапазоне 80-100 указывают на интенсивное химическое выветривание и, соответственно, на жаркий и влажный климат [Nesbitt and Young, 1982; McLennan et al., 1993; Goldberg and Humayun, 2010]. Значения CIA для исследуемых образцов находятся в диапазоне 66-76, что соответствует умеренному химическому выветриванию (рис. 1).

Кальций, магний и натрий – растворимые и подвижные в воде элементы, в отличие от нерастворимых алюминия, кремния и титана [Mackereth, 1966; Engstrom and Wright, 1984]. Поэтому молярные соотношения (CaO+MgO+Na<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> отражают CWI в водосборном бассейне [Wang et al., 1990]. Более высокие величины данного показателя указывают на относительное преобладание растворимых и подвижных элементов в озере из-за более сильного химического выветривания.

Соотношение CaO/MgO используется в качестве показателя водного баланса при осаждении. Более высокое содержание CaO/MgO, как правило, свидетельствует о большем количестве карбонатов аутигенного происхождения в условиях теплого и сухого климата [Wang et al., 1990].

Элементы были нормализованы по Al для оценки химического раствора, гидролиза и миграции по отношению к Al, который является нерастворимым (как в кислородных, так и в бескислородных условиях) и распространенным на Земле элементом [Brown et al., 2000]. Элементы Fe и Mn чувствительны к окислительно-восстановительным условиям, их высокие концентрации обычно обозначают кислородные условия во время осаждения. Следовательно, высокие значения Fe/Al и Mn/Al указывают на мелководье, богатое кислородом.

Повышенные значения CaO/MgO, Fe/Al, Mn/Al зафиксированы в 3х интервалах: 138-182 см (3998-4750 тыс лет.), 320-340 см (7343-7908 тыс лет.), 468-508 см (9963-12691 тыс лет). Вероятно, в этих интервалах

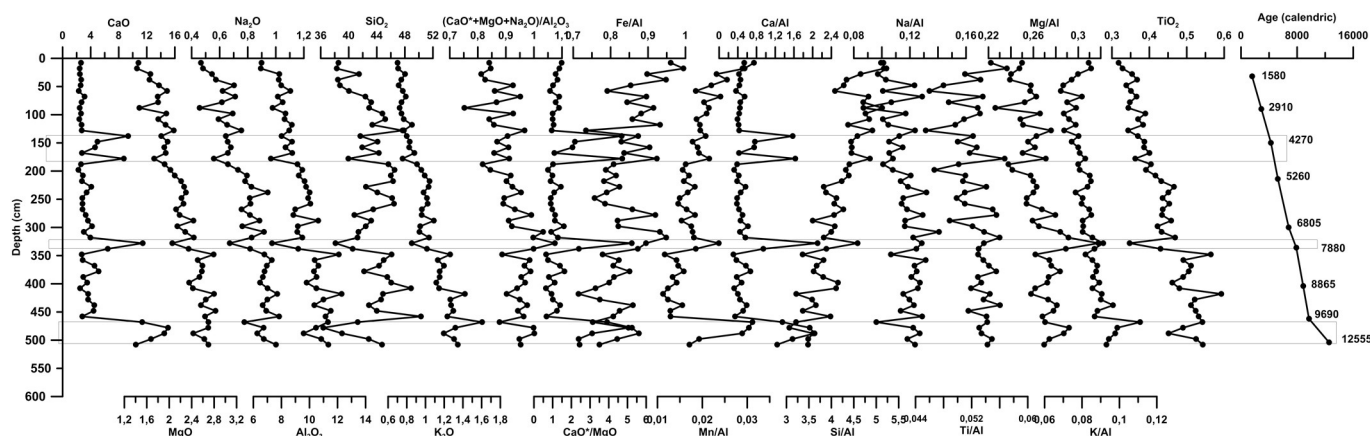


Рис. 1. Вариации индексов химического выветривания с глубиной. Интервалы 138–182 см (3998–4750 тыс. лет.), 320–340 см (7343–7908 тыс. лет.), 468–508 см (9963–12691 тыс. лет) характеризуются аномальным повышением значений индексов химического выветривания, указывающим на существенное изменение климата в указанном интервале

скорость испарения в водосборном бассейне была высока в условиях жаркого/сухого климата.

Выделенные интервалы соответствуют интервалам низких значений выпадения атмосферных осадков по данным реки Палар и ее палеоканалов [Resmi, Achyuthan, 2017]; озера Калувели [Pattnalk, 2007]; лагун Оканда, Панама, Киринда (Шри-Ланка) [Ranasinghe et al., 2013].

*Данная работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной КФУ для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности № 5.2192.2017/4.6, часть работ Кузиной Д.М. выполнена за счет средств РНФ 18-17-00251.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Bronk Ramsey C., & Lee S. Recent and Planned Developments of the Program OxCal // Radiocarbon. 2013. V. 55(2-3). P. 720–730.
- Brown E.T., Le Callonnec L., German C.R. Geochemical cycling of redox sensitive metals in sediments from Lake Malawi: a diagnostic paleotracer for episodic changes in mixing depth // Geochim Cosmochim Acta. 2000. V. 64. P. 3515–3523.
- Engstrom D.R., Wright H.E. Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change / In: Sediments Lake, History Environmental, Haworth E.Y., Lund J.W.G. (eds) Univ. Minnesota Press, Minneapolis, 1984. P. 11–67.
- Goldberg K., Humayun M. The applicability of the Chemical Index of Alteration as a paleoclimatic indicator: an example from the permian of the parrana Basin, Brazil // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2010. V. 93. P. 175–183.
- Mackereth F.J.H. Some chemical observations on post-glacial lake sediments // Philos Trans R Soc Biol Sci. 1966. V. 250. P. 165–213.
- McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.M. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics / In: Johnsson M.J., Basu A. (Eds.). Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. Geological Society of America. Special Papers. 1993. V. 284. P. 21–40.
- Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715–717.
- Pattnaik J. Sr isotope and geochemical studies on Kaveri, Palar and Ponnaiyar rivers, southern India and <sup>10</sup>Be isotope studies on Quaternary sediments of Kaluveli Lake, near Pondicherry, India. PhD Thesis, Pondicherry University, 2009.
- Ranasinghe P.N., Ortiz J.D., Smith A.J. Mid- to late-Holocene Indian winter monsoon variability from a terrestrial record in eastern and southeastern coastal environments of Sri Lanka // The Holocene. 2013. V. 23. P. 945–960.
- Resmi M.R., Achyuthan H. Northeast monsoon variations during the Holocene inferred from palaeochannels and active channels of the Palar River basin, Southern Peninsular India // The Holocene. 2018. V. 28(6). P. 895–913.
- Wang S.M., Yu Y.S., Wu R.J., Feng M. The Daihai Lake: environment evolution and climate change. University of Science and Technology of China Press, Hefei, 1990b. P. 1–191 (in Chinese).