

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА ДОННЫХ ОСАДКАХ ОЗЕР СЕВЕРНОЙ МОНГОЛИИ КАК ЛЕТОПИСЬ ПАЛЕОКЛИМАТА В ГОЛОЦЕНЕ

Наранцэцэг¹ Ц., Оюунчимэг¹ Ц., Төмөрхүү¹ Д., Ууганцэцэг Б., Кривоногов² С. К.

¹*Институт геологии и минеральных ресурсов АНМ, г. Улаанбаатар,
e-mail: ts_narangeo@yahoo.com*

²*Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск*

В настоящее время при палеоклиматическом исследовании донных осадков широко используются геохимические палеомаркеры: изотопное отношение ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$) кислорода и углерода [Talbot, 1990; Li et al., 1997; Wang et al., 2002; Prokopenko, Bonvento, 2009; Znang et al., 2009].

Известно, что изотопный состав углерода и кислорода в карбонате донного осадка озер аридных и семиаридных областей контролируется целым рядом параметров, таких как изотопный состав и температура воды, а также соотношение атмосферных осадков и испарения [Talbot, 1990]. Кроме того, определенное влияние на их состав оказывает изотопный состав воды питающих рек [Gasse et al., 1987]. Взаимоотношение $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в осадках дает возможность оценить гидрологический режим и продуктивность озер [Li et al., 1997]. С этой точки зрения изотопно-геохимический метод является очень перспективным для палеоклиматических реконструкций. В настоящее время изотопно-геохимическое исследование донных отложений озер Монголии находится в начальной стадии [Znang et al., 2008; Prokopenko et al., 2009; Narantsetseg, Bonvento, 2011; Thijs Van der Meeren et al., 2011].

В данной статье приведены результаты изучения изотопного состава углерода и кислорода в донных осадках оз. Доод Цагаан в Дархадской впадине. Также, основываясь на интерпретации этих результатов и их сопоставлении с изотопными записями озер Гун и Угии, сделана попытка реконструировать изменения природной среды и климата Северной Монголии в раннем и среднем голоцене.

Озеро Доод Цагаан является остатком гигантского подпрудного озера существовавшего в Дархадской впадине в позднем плейстоцене [Уфлянд и др., 1969; Спиркин, 1970; Gillespie, Molnar, 1995; Дорофеюк, Тарасов, 1998; Хосбаяр, 2005; Krivonogov et al., 2005]. В настоящее время озеро Доод Цагаан состоит из 3 между собой связанных плёсов (Хармай, Доод, Дунд) и расположено на высоте 1538 м над уровнем моря, простираясь с севера на юг около 7.5 км при максимальной ширине 5.6 км. Глубина воды 5 м в оз. Доод, 10 м в оз. Дунд и 17 м в оз. Хармай соответственно [Цэрэнсодном, 2000]. В него втекают реки Шарга, Шишхэд, Арсай и Хармай, а сток осуществляется по р. Шишхэд.

Материалом для исследования послужили осадки двух кернов DN1 (51°24'26.0'' с.ш; 99°19'30.7'' в.д) и DN2 (50°23'43.4'' с.ш; 99°21'33.7'' в.д), взятых во время Российско-Монгольской совместной экспедиции в 2005 г. Глубина воды 3.5 м. Длина колонки DN1 и DN2 составляют 6.45 м и 4.3 м соответственно.

Содержания органического вещества и карбоната определены в 210 пробах согласно Dean (1974) путем отбора определенного объема осадка, его взвешивания во влажном состоянии, высушивания при 550° и 1000° и повторного взвешивания. Определение изотопного состава углерода и кислорода ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$) проводилось в 356 пробах на масс-спектрометре Finnigan Mat 252 в лаборатории Института геологии Китайской АН, г. Ланьчжоу. В качестве стандарта использованы карбонат кальция из роста белемнита (PDB). Для оценки влияния органического вещества на $\delta^{13}\text{C}$ донных осадков, 8 проб были проанализированы повторно после удаления органического вещества. Гранулометрический анализ 110 проб был выполнен на лазерном анализаторе LASER PARTICLE SIZER (Pritsch GmbH) в Институте геохимии СО РАН.

Возраст колонки DN1 контролируется 11 радиоуглеродными датировками [Krivonogov et al., 2012]. Хронология отложений колонки DN2 базируется на 3 радиоуглеродных датах, 2 из которых представляются впервые в этой работе. Возрастная интерпретация имеющихся радиоуглеродных данных очень сложна, поскольку осадки подвергнуты в той или иной степени термокарстовым процессам. Тем не менее, имеющиеся хронологические реперы позволяют ограничить время накопления исследуемых осадков ранним и средним голоценом.

По литологии и гранулометрии в колонках DN1 и DN2 выделено 6 зон (снизу вверх). Первая зона (645-550 см) представлена тонкозернистыми песками ($>60 \mu\text{m}$) темно-зеленой окраски. Она местами обогащена остатками древесины. Вторая (550-510 см) и шестая (42-0 см) зоны представлены темно-зелеными алевритовыми глинами. Средний размер частиц $6 \mu\text{m}$ и $12 \mu\text{m}$, соответственно. Третью (510-455 см) и пятую (290-42 см) зоны составляют темно-зеленые массивные песчанистые алевриты со средним размером частиц $20\text{-}30 \mu\text{m}$. Пятая зона существенно обогащена раковинами моллюсков и единично встречаются растительные остатки. Четвертая зона (455-290 см) представлена глинистыми алевритами также темно-зеленой окраски. Средний размер частиц $18 \mu\text{m}$. Литологическое строение осадка колонки DN2 аналогично с колонкой DN1, но мощность зон разная.

На рис. 1 показаны литологическое строение осадка, кривые распределения органического вещества, карбоната и изотопного состава углерода и кислорода донного осадка оз. Доод Цагаан, на примере колонки DN1.

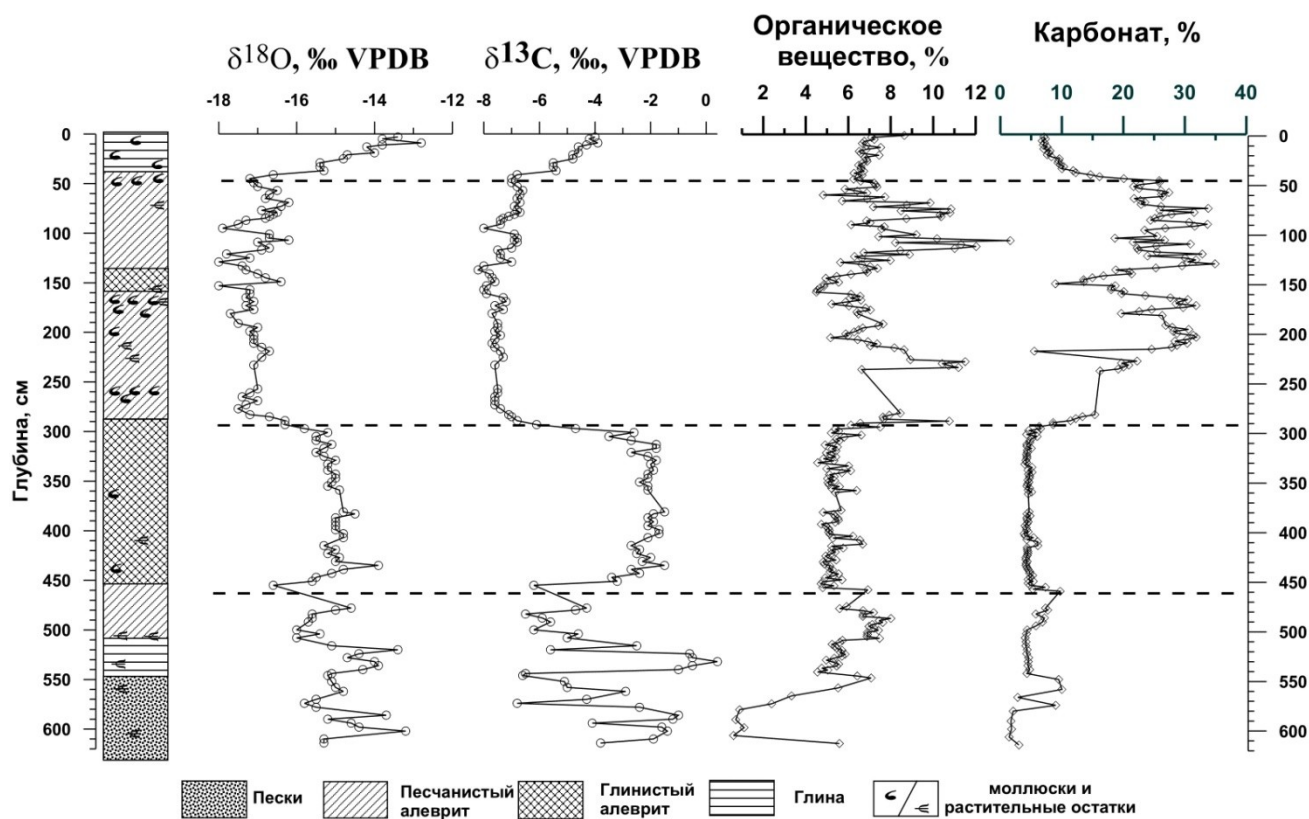


Рис 1. Литологическое строение осадка, кривые распределения органического вещества, карбоната и изотопного состава углерода и кислорода донного осадка оз. Доод (колонка DN1)

Как видно из графиков, характер распределения органического вещества, карбоната, а также значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в интервале 645-455 см более сложный. Если значение $\delta^{13}\text{C}$

колеблется от -7.2‰ до 0.4‰, то величина $\delta^{18}\text{O}$ варьирует от -16‰ до -13‰. Содержание органического вещества и карбоната сравнительно низкое, в среднем 3.8% и 4.8% соответственно. Исходя из выше изложенного, можно предполагать, что нижняя часть разреза (зоны I-III) отлагались под влиянием достаточно нестабильного климата. Озеро имело низкий уровень, даже периодически высыхало.

На кривых распределения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ отчетливо выделяется интервал 455-290 см с повышенными значениями $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$. Их средние величины -15.1‰ и -2.3‰, соответственно. Содержания органического вещества и карбоната сравнительно невысокие, но очень постоянные, в среднем 5.4% и 4.7%, соответственно. Все это свидетельствует о том, что накопление глинистого алеврита мощностью 1.65 м зоны IV происходило под влиянием стабильного сухого и холодного климата. Уровень воды озера был по-прежнему низкий. Минерализация озера была невысокой, что подтверждается сравнительно низкой долей неорганического карбоната [Oyunchimeg et al., 2010].

В интервале 290-42 см (зона V) наблюдается область пониженных значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ (-16.9‰ и -7.0‰). Содержания органики и карбоната резко возрастают по сравнению с зоной IV. Их содержание колеблется в диапазонах 6-11% и 15-30% соответственно. Сравнительно легкий изотопный состав углерода и кислорода (разница 5‰ для $\delta^{13}\text{C}$ и 2‰ для $\delta^{18}\text{O}$) показывает, что в это время был теплый и влажный климат, который привел к повышению уровня озера и его продуктивности. Происходило увеличение минерализации воды, поскольку озеро в этот период не имело стока, о чем свидетельствует соотношение $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$. Под воздействием увеличения влажности климата озеро переходило из мелководного в более глубоководное состояние, что подтверждается широким развитием планктонных диатомей [Ugantsetseg, Narantsetseg, 2010].

В верхнем алевритовом слое (42-0 см) наблюдается резкий переход от более легкого изотопа к тяжелому ($\delta^{18}\text{O}$: от -16.6‰ до -13.4‰, $\delta^{13}\text{C}$: от -6.8‰ до -4‰). Содержание карбоната резко уменьшается до 7% по сравнению с нижележащим слоем. Одновременное утяжеление изотопа углерода и кислорода показывает, что климат имел неуклонный тренд на аридизацию.

Таким образом, вариации изменения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ вместе с другими геохимическими записями донного осадка оз. Доод позволяют выделить по крайней мере 3 четко выраженные периода аридизации и увлажнения климата региона. Полученные данные и их сопоставление с записями из озер Гун и Угии свидетельствует о том, что развитие озер Северной Монголии определялось в основном климатическими изменениями и во многом зависело от регионального уровня влажности.

Авторы благодарны академику РАН, М.И. Кузьмину, доктору профессору Ч. Зангу из университета Ланьчжоу за предоставленные возможности выполнения гранулометрического и изотопно-геохимического анализов. Авторы выражают благодарность доктору профессору З. Фенгу из университета Шинжань за помощь в радиоуглеродном датировании.

Литература

Дорофеюк Н.И., Тарасов П.Е. Растительность и уровни озер севера Монголии за последние 12500 лет, по данным палинологического и диатомового анализов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1998. Т. 6. №1. С. 73-87.

Сpirкин А. И. О древних озерах Дархадской котловины (Западное Прихубсугулье) // Геология мезозоя и кайнозоя Западной Монголии (Труды ССМНИГЭ). 1970. Вып 2. С. 143-150.

Уфлянд А. К., Ильин А. В., Spirкин А. И. Впадины Байкальского типа Северной Монголии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Геолог. 1969. Т. 44 (6). С. 5-22.

Хосбаяр П. Донные осадки оз. Дод. В кн.: Палеогеография и палеоклимат мезозоя и кайнозоя Монголии. 2005. С. 120-128 (на монгольском языке).

Цэрэнсодном Ж. Каталог озер Монголии. – Улаанбаатар, 2000 (на монгольском языке).

Gasse F., Fontes J.C., Plaziat J.C., Carbonel P., Kaczmarek I., De Deckker P., Soulié-Marsche I., Callot & Dupeuble P.A. Biological remains, geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environments and hydrological change in the Holocene lakes from North Sahara // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1987. V.60. P. 1-46.

Gillespie A. R and Molnar P. Asynchronism of maximum advances of mountain and continental glaciations // *Reviews of Geophysics*. 1995. V. 33. P.311-364.

Krivonogov S. K., Sheinkman V. S., Mistruykov A. A. Stages in the development of the Darhad dammed lake (Northern Mongolia) during the Late Pleistocene and Holocene // *Quaternary International*. 2005. V. 136. P. 83-94.

Krivonogov S. K., Yi. S., Kashiwaya K., Kim J.C., Narantsetseg Ts., Oyunchimeg Ts., Safonova I.Y., Sitnikova T., Kim J.Y. Solved and unsolved geological problems of the Darkhad basin, Northern Mongolia: a contribution to the 2010 Darkhad Drilling project // *Quaternary International*. 2012 (в печати).

Li H.-C., Ku T.-L. $\delta^{13}\text{C}$ – $\delta^{18}\text{O}$ covariance as a paleohydrological indicator for closed-basin lakes // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1997. V.133. P. 69-80.

Narantsetseg Ts., Oyunchimeg Ts., Tomurhuu D., Uugantsetseg B., Idermunkh T., Krivonogov S., Kuzmin Y., Burr G. Carbon and oxygen isotopes in bulk carbonates in sediments of Dood Lake, Northern Mongolia and their climatic implications // *Mongolian Geoscientist*. 2011. № 37. P.144-151.

Oyunchimeg Ts., Uugantsetseg B., Tomurhuu D., Narantsetseg Ts., Krivonogov S. and Idermunkh T. Late Pleistocene and Holocene environmental changes from sediment records of the Lake Dood (Darhad Basin) in Northern Mongolia. Abstract volume of the 8th international Symposium on Environmental Processes of East Eurasia, Asian monsoon changes and interplay of high and low latitude climates, 2010. Kunming, China. P. 19-20.

Prokopenko A.A., Bonvento V.J. Carbonate stable isotope signals in the 1-Ma sedimentary record of the HDP-04 drill core from Lake Hovsgol, NW Mongolia // *Quaternary International*. 2009. V. 205. P. 53-64.

Talbot M.R. A review of the palaeohydrological interpretation of carbon and oxygen isotope ratios in primary lacustrine carbonates // *Chemical Geology*. 1990. V.80. P. 261-279.

Thijs Van der Meeren, Emi Ito, Charles Umbanhowar, Avcery Shinneman, Koen Martens, Dirk Verschuren. A Late-Holocene record of a dune-blocked lake in Western Mongolia. In: *Ostracoda (Crustacea) as paleoenvironmental proxies for Late-Holocene climate variability in Western Mongolia*, Ghent University, Faculty of Sciences, 2011. P. 171-196

Uugantsetseg B., Narantsetseg Ts. Diatoms in sediment of Dood Lake as indicators of pale climate changes, 1st International Conference «Survey of Mongolian aquatic ecosystems in a changing climate: Results, new approaches and future outlook», 2010. Ulaanbaatar, Mongolia. P. 56.

Wang R.L., Scarpitta S.C., Zhang S.C., Zheng M.P. Later Pleistocene/Holocene climate conditions of Qinghai-Xizhang Plateau (Tibet) based on carbon and oxygen stable isotopes of Zabuye Lake sediments // *Earth and Planetary Science Letters*. 2002. V. 203. P. 461-477.

Znang Ch., Zhai X., Wang W and Feng Z. The Holocene environmental records about the Gun nuur and Ugii nuur in the Mongolia Plateau, Abstract volume of the 7th international Symposium on Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas-high resolution records of terrestrial sediments, Mongolia, 2008. P. 56-58.

Znang Ch., Zheng M., Prokopenko A., Mischke S., Gou X., Yang Q., Zhang W. and Feng Z. High-resolution records of the Holocene paleoenvironmental variation reflected by carbonate and its isotopic compositions in Bosten Lake and response to glacial activities. *Acta Geologica SINICA // Journal of Geological Society of China*. 2009. V. 83. № 6. P. 1101-1115.