doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-181-184

ТРЕТЬЯ НАХОДКА ИКАИТА В ЧУКОТСКОМ МОРЕ

✉ *Колесник О.Н.* [1], *Колесник А.Н.* [1], *Карабцов А.А.* [2], *Василенко Ю.П.* [1], *Горбарев А.А.* [3]

[1]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия
[2]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
[3]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
✉ *kolesnik_o@poi.dvo.ru*

По результатам анализа вещественного и изотопного состава образцов икаита из голоценовых отложений Южно-Чукотской котловины и каньона Геральд (третья находка икаита в Чукотском море) сделан вывод об образовании при низких температурах с участием углерода от окисления органического вещества и метана.

Ключевые слова: *икаит, донные осадки, Чукотское море, голоцен*

Введение. Икаит $Ca(CO_3)\times 6H_2O$ – гексагидрат карбоната кальция, метастабильный минерал. Он формируется в донных отложениях и считается перспективным с точки зрения фиксации мест разгрузки углеводородов и палеоклиматических реконструкций. Наиболее крупным обобщением по данной теме является работа М. Рогова с соавторами [*Rogov et al., 2023*].

Чукотское море характеризуется высоким углеводородным потенциалом и быстрыми темпами изменения природной среды. До настоящего времени о находке в Чукотском море икаита было заявлено дважды [*Elias et al., 1992; Крылов и др., 2015; Rogov et al., 2023*]. Нами зафиксирована третья находка (табл.1).

Материал и методы. Икаит в виде единичных кристаллов янтарного цвета обнаружен нами в керне из Южно-Чукотской котловины (станция LV90-44) и в керне из каньона Геральд (станция LV90-37) (рис. 1). Пробоотбор выполнен сотрудниками ТОИ ДВО РАН в 90-м рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в 2020 г. Мощность голоценовой осадочной толщи в районе пробоотбора составляет не менее 4–5 м [*Павлидис, 1982; Jakobsson et al., 2017; Pearce et al., 2017*], что больше, чем длина кернов. Соответственно, вскрытая часть осадочного разреза имеет голоценовый возраст.

Аналитические работы проведены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН с использованием сертифицированного оборудования и стандартных образцов [*Блохин и др., 2022*].

Результаты, обсуждение, выводы. Выполненные нами аналитические работы дали следующие результаты.

Таблица 1. Находки икаита в Чукотском море

Общие сведения	Номер станции			
	*	SC-2	LV90-37	LV90-44
Координаты (с.ш., з.д.)	70.5°, 165°	69°03.234´, 173°25.549´	71°19.832´, 174°27.718´	71°04.770´, 174°36.812´
Глубина моря, м	–	50	74	83
Район Чукотского моря	восточный	юго-западный	северо-западный	северо-западный
Длина керна осадков, см	–	230	370	369
Горизонт с икаитом, см	–	200–230	86–88	312–315
Литературный источник	[*Elias et al., 1992; Rogov et al., 2023*]	[*Крылов и др., 2015; Rogov et al., 2023*]	Наши данные	

Примечание. Прочерк: нет данных. Звездочка: имеются в виду три станции, но их номера в литературном источнике не указаны, приведены осредненные координаты.

1. Рентгеноструктурно подтверждено, что обнаружен именно икаит (рис.), который в комнатных условиях переходит в кальцит через ватеритовую фазу. Трансформация считается обычной [*Rogov et al., 2023*].

2. Пробы икаита, перешедшего в кальцит, демонстрируют схожий химический состав. Содержание CaO – 54–55 %, остальных макроэлементов (в оксидах) – десятые и сотые доли процента. Содержание большинства микроэлементов – десятые и сотые доли грамма на тонну. Исключение составляют стронций (до 940 г/т), барий (до 9.61 г/т), цинк (до 2.29 г/т), иттрий, ванадий и хром (около 1 г/т). Повышенное содержание микроэлементов объясняется тем, что они имеют близкий с кальцием ионный радиус и встраиваются в кристаллическую решетку кальцита вместо кальция [*Бетехтин, 2023*].

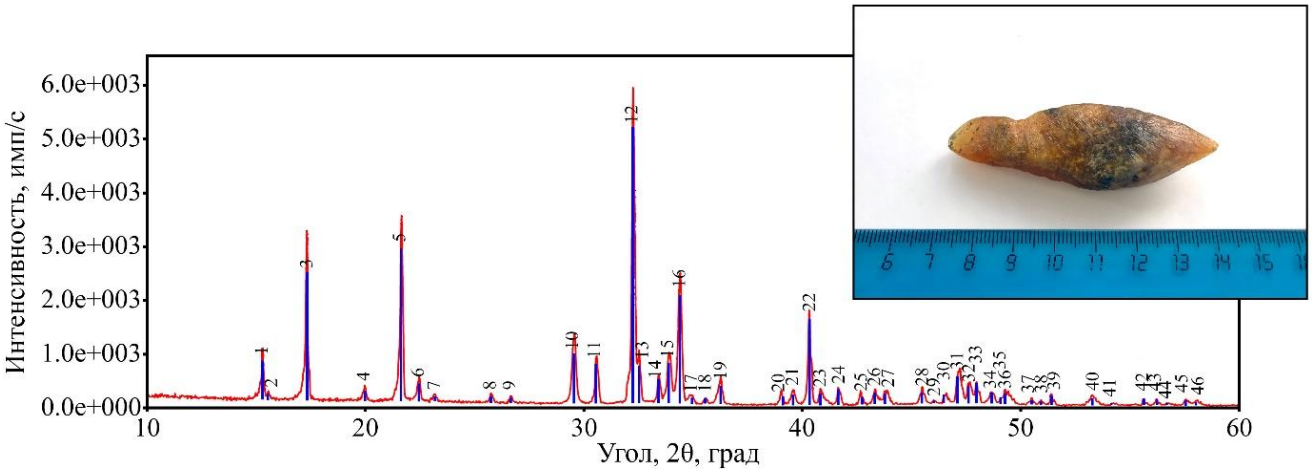

Рис. 1. Дифрактограмма порошковой пробы икаита со станции LV90-37 сразу после выемки из холодильной камеры. Рефлексы 1–46 соответствуют икаиту. На врезке – общий вид кристалла.

3. Пробы икаита, перешедшего в кальцит, имеют разный изотопный состав углерода и кислорода. В пробе со станции LV90-37 значение $\delta^{13}C$ составляет -30.0 ‰ V-PDB, $\delta^{18}O$ – 1.5 ‰ V-PDB. Это близко к ранее опубликованным по Чукотскому морю значениям [*Крылов и др., 2015*]. В образце со станции LV90-44 значение $\delta^{13}C$ существенно выше и составляет -14.8 ‰ V-PDB, $\delta^{18}O$ – 2.0 ‰ V-PDB. Исходя из диапазона значений $\delta^{13}C$ [*Rogov et al., 2023*], источником углерода во время кристаллизации икаита и его превращения в кальцит был растворенный неорганический углерод, разлагающееся органическое вещество, а в случае тяготения значений $\delta^{13}C$ к нижней границе интервала – еще и метан, просачивающийся из нижележащих слоев осадков. Высокие значения $\delta^{18}O$ в икаите и образованном из него кальците, в том числе в изученных нами образцах, – свидетельство низких (от -2 до +7 °C) температур кристаллизации. Полученные данные и сделанные выводы не противоречат данным глобальной базы по икаитам [*Rogov et al., 2023*] и вписываются в региональную схему цикла углерода [*Романкевич, Ветров, 2001*].

Источник финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00098, https://rscf.ru/project/24-27-00098/.

ЛИТЕРАТУРА

Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Изд-во КДУ, 2023. 736 с.

Блохин М.Г., Веливецкая Т.А., Вовна Г.М., Зарубина Н.В., Иванов В.В., Карабцов А.А. ЦКП «Приморский центр локального элементного и изотопного анализа» ДВГИ ДВО РАН: опыт функционирования и основные направления исследований // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № 2. № 0578. doi:10.5800/GT-2022-13-2-0578

Крылов А.А., Семенов П.Б., Музафарова Л.Э., Кржижановская М.Г., Константинова Н.П., Малышев С.А. Икаит как маркер разгрузки углеводородов в

Чукотском море // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. IV. М.: ГЕОС, 2015. С. 41–42.

Романкевич Е.А., Ветров А.А. Цикл углерода в арктических морях России. М.: Наука, 2001. 302 с.

Павлидис Ю.А. Обстановка осадконакопления в Чукотском море и фациально-седиментационные зоны его шельфа // Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа. М.: Наука, 1982. С. 47–76.

Elias S.A., Short S.K., Phillips R.L. Paleoecology of Late-Glacial Peats from the Bering Land Bridge, Chukchi Sea Shelf Region, Northwestern Alaska // Quaternary Research. 1992. Vol. 38. Is. 3. P. 371–378. doi:10.1016/0033-5894(92)90045-K

Jakobsson M., Pearce C., Cronin T.M., Backman J., Anderson L.G., Barrientos N., Björk G., Coxall H., Boer A., Mayer L.A., Mörth C.-M., Nilsson J., Rattray J.E., Stranne C., Semiletov I., O'Regan M. Post-glacial flooding of the Bering Land Bridge dated to 11 cal ka BP based on new geophysical and sediment records // Climate of the Past. 2017. Vol. 13. Is. 8. P. 991–1005. doi:10.5194/cp-13-991-2017

Pearce C., Varhelyi A., Wastegard S., Muschitiello F., Barrientos N., O'Regan M., Cronin T.M., Gemery L., Semiletov I., Backman J., Jakobsson M. The 3.6 ka Aniakchak tephra in the Arctic Ocean: a constraint on the Holocene radiocarbon reservoir age in the Chukchi Sea // Climate of the Past. 2017. Vol. 13. Is. 4. P. 303–316. doi:10.5194/cp-13-303-2017

Rogov M., Ershova V., Gaina C., Vereshchagin O., Vasileva K., Mikhailova K., Krylov A. Glendonites throughout the Phanerozoic // Earth-Science Reviews. 2023. Vol. 241. № 104430. doi: 10.1016/j.earscirev.2023.104430

IKAITE IN THE CHUKCHI SEA: THE THIRD FINDING

Kolesnik O.N.[1], Kolesnik A.N.[1], Karabtsov A.A.[2], Vasilenko Yu.P.[1], Gorbarev A.A.[3]

[1]V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
[2]Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
[3]Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Inferred from the results of an analysis of mineral-chemical and isotopic composition of ikaite samples from Holocene sediments of South Chukchi Basin and Herald Canyon (the third finding of ikaite in the Chukchi Sea), a conclusion was made about the formation under low temperatures with the participation of carbon from the oxidation of organic matter and methane.

Keywords: *ikaite, bottom sediments, Chukchi Sea, Holocene*

REFERENCES:

Betekhtin A.G. Course of Mineralogy: a Training Manual. Moscow: KDU, 2023. 736 p. (in Russian)

Blokhin M.G., Velivetskaya T.A., Vovna G.M., Zarubina N.V., Ivanov V.V., Karabtsov A.A. Primorsky Centre for Local Elemental and Isotopic Analyses of FEGI FEB RAS: Experience of the Functioning and Main Areas of Research // Geodynamics & Tectonophysics. 2022. V. 13. № 2. № 0578 doi:10.5800/GT-2022-13-2-0578 (in Russian with English abstract)

Krylov A.A., Semenov P.B., Muzafarova L.E., Krzhizhanovskaya M.G., Konstantinova N.P., Malyshev S.A. Ikaite as a marker of hydrocarbons fluids discharge in the Chukchi Sea // Geology of seas and oceans: Proceedings of XXI International Conference on Marine Geology. V. IV. Moscow: GEOS, 2015. P. 41–42 (in Russian with English abstract).

Romankevich E.A., Vetrov A.A. The Carbon Cycle in the Arctic Seas of Russia. Moscow: Nauka, 2001. 302 p. (in Russian with English abstract and summary).

Pavlidis Yu.A. Deposition environments in the Chukchi Sea and facies zones of its shelf // Problems of Shelf Geomorphology, Lithology, and Lithodynamics. Moscow: Nauka, 1982. P. 47–76 (in Russian).

Elias S.A., Short S.K., Phillips R.L. Paleoecology of Late-Glacial Peats from the Bering Land Bridge, Chukchi Sea Shelf Region, Northwestern Alaska // Quaternary Research. 1992. Vol. 38. Is. 3. P. 371–378. doi:10.1016/0033-5894(92)90045-K

Jakobsson M., Pearce C., Cronin T.M., Backman J., Anderson L.G., Barrientos N., Björk G., Coxall H., Boer A., Mayer L.A., Mörth C.-M., Nilsson J., Rattray J.E., Stranne C., Semiletov I., O'Regan M. Post-glacial flooding of the Bering Land Bridge dated to 11 cal ka BP based on new geophysical and sediment records // Climate of the Past. 2017. Vol. 13. Is. 8. P. 991–1005. doi:10.5194/cp-13-991-2017

Pearce C., Varhelyi A., Wastegard S., Muschitiello F., Barrientos N., O'Regan M., Cronin T.M., Gemery L., Semiletov I., Backman J., Jakobsson M. The 3.6 ka Aniakchak tephra in the Arctic Ocean: a constraint on the Holocene radiocarbon reservoir age in the Chukchi Sea // Climate of the Past. 2017. Vol. 13. Is. 4. P. 303–316. doi:10.5194/cp-13-303-2017

Rogov M., Ershova V., Gaina C., Vereshchagin O., Vasileva K., Mikhailova K., Krylov A. Glendonites throughout the Phanerozoic // Earth-Science Reviews. 2023. Vol. 241. № 104430. doi: 10.1016/j.earscirev.2023.104430