

# Метаногенный карбонат со дна Карского моря

Научные сообщения

Г.Н. Батурин,

доктор геолого-минералогических наук  
Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН

В.Т. Дубинчук,

доктор геолого-минералогических наук  
Всероссийский институт минерального сырья им.Н.М.Федоровского  
Москва

Биогенные карбонатные осадки на дне широко распространены в тропической и субтропической зонах [1]. Однако известковая фауна и микрофауна существует и в полярных бассейнах, хотя доля биогенного карбонатного компонента в их донных отложениях невелика из-за коррозионного воздействия холодной морской воды, обогащенной углекислотой.

Вместе с тем на дне арктических морей известны находки и хемогенных карбонатов. Так, в одном из минералогических словарей [2] упомянут минерал икаит состава  $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , впервые обнаруженный в гренландском Ика-фиорде в виде известково-ледяных столбов высотой 2–3 м и толщиной до 30 см. Эти образования сформировались, как предполагалось, при температуре не выше  $-3^\circ\text{C}$  и распались при более высокой температуре.

В осадках российских арктических морей океанологи и морские геологи также неоднократно находили предположительно абиогенный карбонатный материал, который, к сожалению, не удалось сохранить.

Но в недавней работе А.Ю.Лейн с соавторами, посвященной исследованиям в Карском море, были описаны карбонатные включения разнообразной формы размером до нескольких сантиметров в поперечнике. Детальный анализ твердой, жидкой и газообразной фаз донных отложений показал, что найденные карбонаты — производные метана, который образуется в обогащенных органическим веществом осадках арктических морей [3].

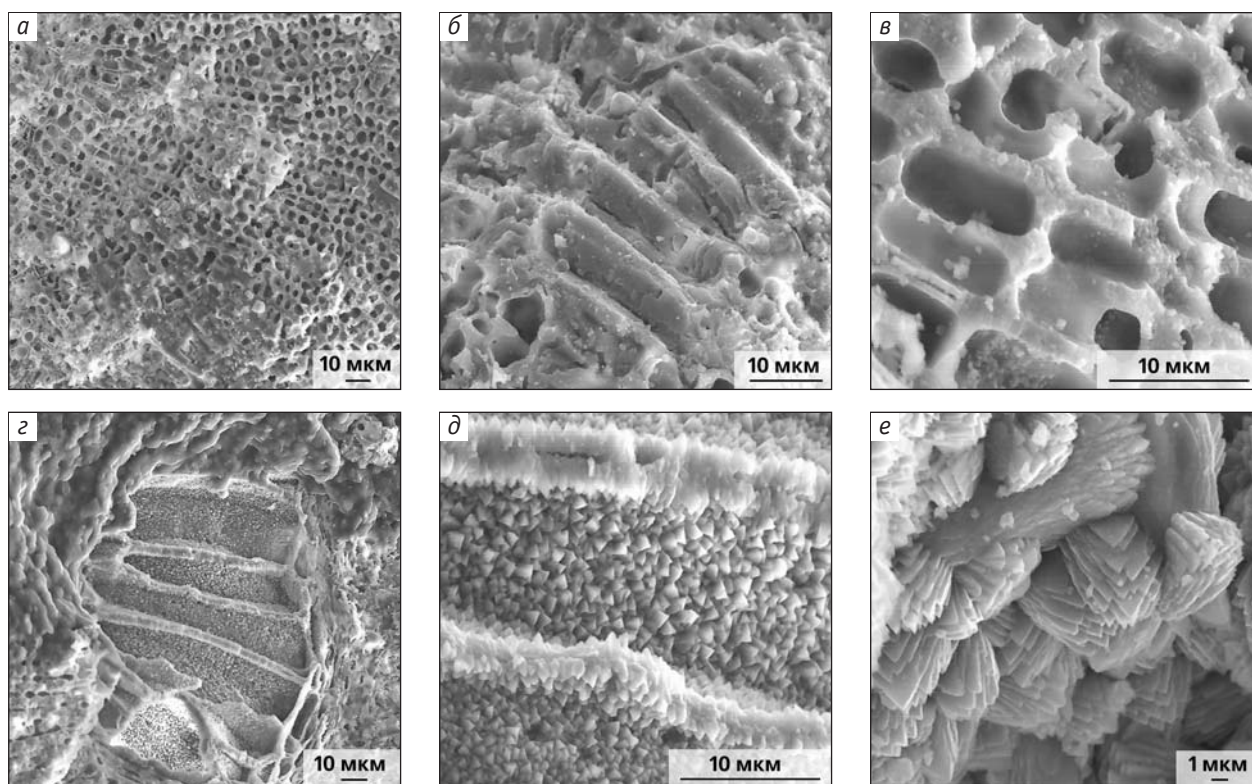
Вскоре появилось краткое сообщение о находке на дне Чукотского моря двух карбонатных глыб размером до  $30 \times 22 \times 18$  см. Изотопный состав и карбонатного углерода, и кислорода в образцах из этих глыб оказался облегченным:  $^{13}\text{C} = -63\%$  и  $^{18}\text{O} = 3.7\%$  [4]. Первая величина указывает на метановый источник углерода, а вторая говорит о том, что температура среды при формировании карбоната была положительной.



Фрагменты карбонатной глыбы, поднятой со дна Карского моря в экспедиции 2013 г.

Почти одновременно с этим, в 2013 г., в 125-м рейсе НИС «Профессор Штокман» (экспедиция Института океанологии им.П.П.Ширшова) при выполнении траловых работ со дна Карского моря подняли плотную белую глыбу размером  $18 \times 15 \times 12$  см и весом около 2.5 кг. Поверхность глыбы местами была гладкой, а местами — кавернозной, испещренной многочисленными отверстиями, которые проделали черви-камнеточцы. На белом фоне образца выделялись мелкие коричневые и темно-серые плотные включения, а также рыхлый материал, заполняющий каверны.

При исследовании фрагментов глыбы под электронным микроскопом мы установили, что она состоит из плотной смеси сцементированных корродированных фораминифер и обломков другой известковой микрофауны с ярко выраженной ячеистой структурой. Некоторые ячейки оставались пустыми, другие были заполнены агрегатами карбонатных тетраэдрических и пластинчатых микрокристаллов.



Микрофотографии карбоната из Карского моря: а—в — различные типы ячеистой структуры; г—д — микрокристаллы кальцита внутри ячеек и на перегородках; е — пластинчатые кристаллы кальцита в основной массе.

Химический состав средней пробы определялся в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (ИПТМ РАН) методом индуктивно связанной плазмы с масс-спектроскопией (ИСП-МС). Анализ пока-

зал, что наш образец по сравнению с составом карбонатных пород [5] обогащен кальцием, магнием, калием и серой (табл.1), а также восемью микроэлементами: стронцием (в 5 раз), цинком и серебром (в 9 раз), ртутью (в 4 раза), таллием (в 3 раза), свинцом, мышьяком и танталом (примерно в два раза) (табл.2).

Интересным оказалось поведение в карском карбонате 14 редкоземельных элементов (РЗЭ). Их

**Таблица 1**

**Химический состав карбонатных пород и метаногенных карбонатов (%)**

Компонент	Карбонатные породы [5]	Метаногенные карбонаты	
		Карское море	Чукотское море [4]
CaO	38.4	49.0	41.16
MgO	0.53	3.2	3.28
K <sub>2</sub> O	0.35	0.69	<b>0.80</b>
Na <sub>2</sub> O	0.44	0.05	<b>0.77</b>
SiO <sub>2</sub>	12.55	—	<b>21.41</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.23	0.13	<b>4.29</b>
TiO <sub>2</sub>	0.13	0.06	<b>0.18</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.56	0.11	1.96
MnO	<b>0.29</b>	0.06	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.07	0.11
S <sub>общ</sub>	0.25	0.35	—
CO <sub>2</sub>	36.2 <sub>общ</sub>	—	28.6
C <sub>орг</sub>	—	—	0.81

Примечание. Здесь и далее анализы выполнялись под руководством В.К.Карандашева в ИПТМ РАН. Прочерк — нет определений.

**Таблица 2**

**Микроэлементный состав карбонатных пород и метаногенных карбонатов (г/т)**

Элемент	Карбонатные породы [5]	Метаногенные карбонаты	
		Карское море	Чукотское море [4]
Hg	0.03	<b>0.11</b>	—
Ag	0.05	<b>0.40</b>	—
Bi	0.05	<b>0.06</b>	—
Tl	0.06	<b>0.20</b>	—
Sn	1.6	0.08	<b>16</b>
Zn	5	<b>48</b>	21
Co	5.1	3.2	5
Pb	7	<b>14.2</b>	4
Ni	19	3.3	10
Cu	21	<0.3	<b>189</b>
Sr	380	<b>2180</b>	1194
Ba	360	<b>405</b>	197

Таблица 3

Содержание редкоземельных элементов в карбонатных породах, в карбонатной глыбе из Карского моря и в фораминиферах (г/т)

Элемент	Карбонатные породы [5]	Карбонатная глыба из Карского моря	Фораминиферы	
			Тихого океана [6]	Атлантического океана [7]
La	7	1.3	1.28	0.64
Ce	12	1.1	0.355	0.47
Pr	2.6	0.28	—	—
Nd	6.6	1.0	1.00	0.58
Sm	1.9	0.26	0.20	0.11
Eu	0.5	0.07	0.06	0.03
Gd	1.5	0.30	0.29	0.14
Tb	0.38	0.045	—	—
Dy	2.9	0.26	0.33	0.14
Ho	0.35	0.06	—	—
Er	0.75	0.17	0.27	0.10
Tm	0.14	0.02	—	—
Yb	0.9	0.12	0.28	0.10
Lu	0.11	0.02	—	—
ΣTR	37.63	5.00	4.86	2.31
Ce*	0.59	0.40	0.14	0.34
Eu*	1.27	1.04	0.67	1.04

Примечание. ΣTR — сумма редкоземельных элементов, Ce\* и Eu\* — величины цериевой и европиевой аномалии соответственно.

суммарное содержание равно 4.86—4.99 г/т, а в карбонатных породах оно составляет 37.6 г/т (табл.3). По содержанию и распределению они почти идентичны РЗЭ в современных фораминиферах из Тихого [6] и Атлантического [7] океанов.

Эта информация позволяет предположить механизм формирования подобных карбонатных глыб. Из осадочной толщи теплый метан диффундирует в верхний слой осадка и в морскую воду, что приводит к образованию бактериальных матов в месте его выхода. В верхнем слое осадка близ границы раздела вода—дно происходит бактериальный процесс трансформации метана в углекислоту, которая утилизируется колонией донных фораминифер. При длительном течении этого процесса на дне формируются карбонатные сооружения, заселенные разнообразной фауной, как созидающей их, так и разрушающей.

Для более надежного обоснования генезиса карбоната из Карского моря необходимо, как нам представляется, установить абсолютный возраст образца, получить данные по изотопному составу углерода и кислорода из разных фрагментов, определить видовой состав и возраст микрофауны и провести метановый мониторинг придонных вод в северо-восточной части Карского моря, где была обнаружена данная карбонатная глыба.

Пока же можно констатировать, что на дне Карского моря (как и Чукотского) встречаются плотные образования метаногенного карбоната дискуссионного происхождения. Их состав отличается по ряду геохимических параметров от среднего состава осадочных пород, но близок к составу фораминифер современного Мирового океана. ■

## Литература

1. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. М., 1978.
2. Штрюбель Г., Циммер З.Х. Минералогический словарь. М., 1986.
3. Леин А.Ю., Маккавеев П.Н., Саввичев А.С. и др. // Процессы трансформации взвеси в осадок в Карском море // Океанология. 2013. Т.53. №5. С.643—679.
4. Колесник О.Н., Колесник А.Н., Покровский Б.Г. О находке аутигенного метанопродуктивного карбоната в Чукотском море // ДАН. 2014. Т.458. №3. С.330—332.
5. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. 2003. №7. С.785—792.
6. Elderfield E., Hawkesworth C.J., Greaves S.J., Calvert S.E. Rare earth elements in ferromanganese nodules and associated sediments // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1981. V.45. P.513—538.
7. Palmer R.R. Rare earth elements in foraminifera tests // Earth and Planet. Sci. Lett. 1985. V.73. P.285—298.