

Академик НАН Украины Е. Ф. Шнюков, А. Ю. Леин, В. Н. Егоров,
С. А. Клещенко, С. Б. Гулин, Ю. Г. Артемов, Х. А. Арсланов,
В. А. Кутний, Е. А. Логвина

Обнаружение в Черном море глубоководных карбонатных построек биогенного происхождения

In the tectonic active areas of the Black sea bottom up to the abyssal depth, we discovered the jet gas liberations which form the carbonaceous constructions overgrown with bacterial mats. The biogenic or, in some cases, chemogenic or mixed (biogenic and chemogenic) genesis of these constructions is established.

В 1989 году с помощью гидроакустических методов были обнаружены многочисленные струйные выходы метана на кромке шельфа и в верхней части континентального склона Черного моря [1]. Необычные акустические аномалии были зарегистрированы на Ломоносовском подводном массиве на глубинах до 1800 м [2]. Последующие наблюдения, выполненные с борта подводной лаборатории (ПЛ) «Бентос-300», показали, что в зонах активного выделения метана могут находиться карбонатные образования в виде плит или массивных коралловидных построек высотой до 3 м, покрытые бактериальными обрастаниями [3, 4].

Химические, изотопные и микробиологические исследования образцов, поднятых в экспедиции ПЛ «Бентос-300» с глубины 230 м, показали, что коралловидные постройки имеют биогенное происхождение, а их формирование обусловлено бактериальным окислением метана, просачивающегося из дна моря [3, 5]. Напротив, изотопный состав углерода карбонатных построек, полученных во время глубоководных погружений аппарата «Север-2» и с помощью драгирования на глубинах до 1800 м, показал их хемогенное происхождение [6]. Такое различие в механизмах формирования карбонатных построек могло быть обусловлено отсутствием условий для струйных выходов метана на больших глубинах, где из-за высокого давления и низкой температуры воды он существует преимущественно в форме так называемых газогидратов — своеобразного кристаллического конденсата метана и морской воды [7]. Можно предположить, однако, что в районах тектонических нарушений и в других активных участках дна Черного моря, например в местах проявления грязевого вулканизма, может происходить более интенсивная дегазация недр и газогидратов, сопровождаемая струйными газовыделениями. Поэтому нами было проведено гидроакустическое обследование дна в активных зонах глубоководной части Черного моря и поиск карбонатных построек для более детальной оценки их происхождения.

Летом 2001 года во время съемки дна, выполненной в 56-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» с помощью гидроакустического комплекса SIMRAD EK-500, нами обнаружен струйный выход газа в нижней части материкового склона на глубине 1582 м (рис. 1). Этот район характеризуется сбросово-блоковым строением. Профиль склона выгнутый, террасированный, ему свойственно сочетание субмеридиональных скальных обрывов, крутонаклоненных уступов (до 45°) и субгоризонтальных (до 5°) поверхностей. Последующее драгирование дна в этом районе позволило поднять в точке с координатами 44°27,38' с. ш. и 32°48,76' в. д. (глубина 1555 м) образцы массивной карбонатной постройки, покрытой

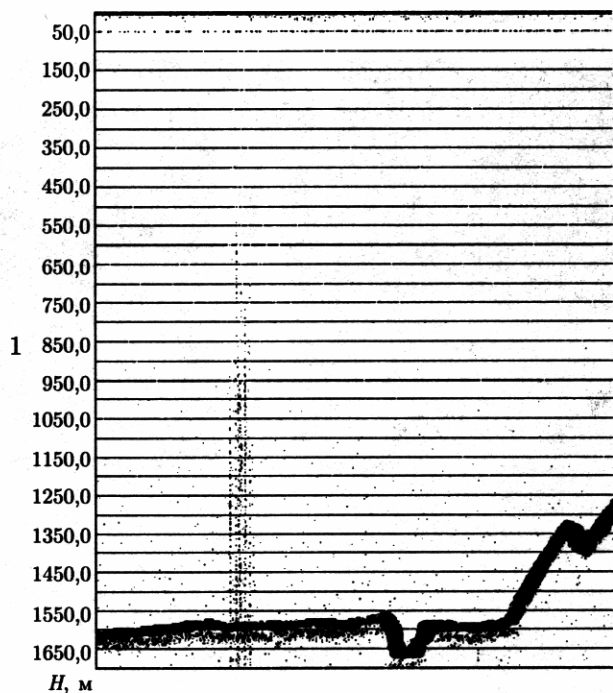


Рис. 1. Эхограмма глубоководного газовыделения

снаружи бактериальными матами розового или зеленовато-бурого цвета толщиной 1,5–2 см. Морфологически данная постройка была сходна с образцами, поднятыми в экспедиции ПЛ «Бентос-300» с глубины 230 м. Обломки постройки представляли собой округлые плоские и изогнутые корки различной формы и размеров и выделяли газ, покрываясь пузырьками. Детальные сведения о морфологии постройки, ее минералогическом и химическом составе приведены в работе [8].

Интенсивные струйные выходы газов обнаружены нами в прогибе Сорокина на глубине более 2000 м (рис. 2).

Радиоуглеродным методом определен возраст различных фрагментов постройки, поднятой с глубины 1555 м, а также изотопный состав углерода собственно карбонатной постройки и бактериальных обрастаний. Результаты измерений представлены в табл. 1 и 2 в сравнении с ранее полученными данными. Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что с увеличением глубины расположения построек их возраст увеличивается. Постройки, обнаруженные в местах документально подтвержденных струйных газовыделений (глубина 230 и 1555 м), имеют массивные бактериальные обрастания, органическое вещество кото-

Таблица 1. Возраст карбонатных построек с разных глубин Черного моря

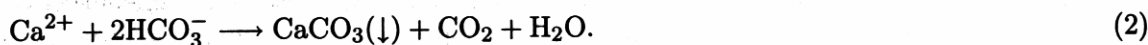
Фрагмент карбонатной части газовыводящей постройки	Возраст, годы			
	1	2	3	4
Верхняя часть	3400	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Средняя часть	Не опр.	8500 ± 120	9800 ± 700	15150 ± 380
Основание	5100	9200 ± 200	13800 ± 300	17500 ± 540

Примечание. Образцы 1, 2, 3, 4 подняты с глубины соответственно 230, 1120, 1555, 1738 м. Координаты станций (здесь и в табл. 2): глубина 230 м — 44°41,70' с. ш., 31°40,70' в. д.; 1120 м — 44°26,20' с. ш., 32°58,50' в. д.; 1550 м — 44°27,38' с. ш., 32°48,76' в. д.; 1738 м — 44°25,32' с. ш., 32°57,78' в. д.



Рис. 2. Трехмерное изображение газовыделений в районе грязевого вулкана Двуреченский. (Данные промера дна получены в рейсе M52/1 НИС «Метеор» [Cruise Report. GEOMAR, Kiel, 2002], эхограмма газовыделений получена в 57-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий», рисунок построен при участии Енса Грейнерта, GEOMAR, Германия)

рых отличается чрезвычайно высоким содержанием легкого изотопа углерода (см. табл. 2). Содержания легкого изотопа углерода в карбонатном материале построек имеют промежуточные значения по сравнению с бактериальными матами и бикарбонатами морской воды ($\approx -12\text{‰}$) [3]. Как было показано при комплексном биогеохимическом исследовании постройки, расположенной в сероводородной зоне (глубина 230 м), такой изотопный состав вещества обрастаний и карбонатов свидетельствует о биогенном происхождении постройки, которая образуется за счет бактериального окисления метана, просачивающегося из донных отложений. В настоящее время наиболее вероятной считается следующая схема окисления метана, осуществляемого специфическими сульфатредуцирующими бактериями [9]:



Как видно из этой схемы, образование карбонатного материала постройки должно происходить с использованием бактериями углерода метана и бикарбонатов морской воды. Следует отметить, что этот механизм был установлен нами ранее при оценке изотопного состава постройки, поднятой во время экспедиции на ПЛ «Бентос-300» с глубины 230 м [3]. В результате сравнения содержания легкого изотопа углерода в метане из струйных газовыделений, в карбонатном материале постройки и в бикарбонатах морской воды было показано, что около половины карбонатной постройки образовано из углерода метана [4], что полностью соответствует указанному стехиометрическому соотношению компонентов биохимической реакции анаэробного метаноокисления.

Таблица 2. Изотопный состав углерода карбонатных построек и бактериальных обрастаний с различных глубин Черного моря, ‰

Фрагмент газовыводящей постройки	$^{13}\text{C}_{\text{орг}}$	$^{13}\text{C}_{\text{карб}}$	$^{13}\text{C}_{\text{карб}}$	$^{13}\text{C}_{\text{орг}}$	$^{13}\text{C}_{\text{карб}}$	$^{13}\text{C}_{\text{карб}}$
	1	2	3	4	5	6
Карбонат	Не обн.	-36,5	-8,5	-72,5	-35,5	-8,3
Бактериальный мат	-79,7	-xx,x	Не обн.	-80,8	-32,8	Не обн.

Примечание. Образцы 1, 2 взяты с глубины 230 м, образец 3 — с глубины 1120 м, 4, 5 — с глубины 1550 м, 6 — с глубины 1738 м.

В то же время известно [10], что в миграционном потоке газов, поступающих из недр по каналам грязевых вулканов и другим разломным зонам, их состав неоднороден. В частности, природный метановый газ всегда содержит примеси других газов — горючих и негорючих. Среди горючих газов часто присутствуют тяжелые углеводороды, изредка содержится водород и еще реже — окись углерода и сероводород. Из негорючих газов всегда присутствуют в различных количествах газы глубинного генезиса (азот, аргон, CO_2 , гелий и другие инертные газы), а также пары воды.

Исследования, проведенные в районе грязевого вулкана (ГВ), показали, что по изотопному составу углерода и водорода в метане газы ГВ очень сходны с газами залежей осадочных пород, однако существенные добавки в их состав мантийного гелия и наличие тяжелых гомологов метана не исключают глубинного генезиса части метана, разгружающегося по каналам ГВ. Об этом свидетельствуют также результаты балансовых расчетов: потери газа при грязевулканической деятельности значительно превышают то количество, которое может быть генерировано за счет преобразования ОВ в осадочной толще [11]. По мнению Б. М. Валяева [12], косвенным признаком глубинного генезиса метана, закономерно связанного с CO_2 в газах ГВ, являются многочисленные данные по изотопному составу углерода углекислоты, имеющему преимущественно ультратяжелый (от +8 до +20‰) изотопный состав. Доля CO_2 в составе газов ГВ контролируется сейсмической активностью и, например, в Керченско-Таманской грязевулканической области она составляет 10–30%, периодически повышаясь до 40–60% и более. Поэтому, на наш взгляд, не исключено, что в образовании карбонатного материала газовойделяющих построек в ряде случаев помимо метана биогенного генезиса (см. табл. 2, глубина 230 м) участвуют глубинные термокаталитический метан и ультратяжелая по углероду углекислота. По-видимому, именно этим обстоятельством можно объяснить аномально высокие содержания тяжелого изотопа углерода в карбонатном веществе построек на некоторых станциях (см. табл. 2, глубина 1120 м и 1738 м), а генезис таких построек следует считать хемогенным либо смешанным (биогенным + хемогенным).

Таким образом, показано, что в тектонически активных районах дна вплоть до глубоководной зоны Черного моря существуют струйные выделения газов из близповерхностных и/или глубинных горизонтов морского дна, достаточно интенсивные для формирования бактериальных обрастаний и устойчивые в масштабе времени существования карбонатных построек. В местах струйных газовойделений карбонатные постройки обнаруживают сходство по морфологическим и геохимическим особенностям и изотопному составу углерода в бактериальных матах; изотопный состав углерода в карбонатном веществе построек варьирует в зависимости от преобладающего источника газов и их состава.

Самым последним свидетельством активных газовойделений из глубоководной зоны Черного моря (см. рис. 2) является факт обнаружения нами в июле 2002 года двух самых

интенсивных из известных газовых факелов над ГВ «Двуреченского», диаметры которых в основании превышают 300 м, а высота достигает 800–850 м над уровнем дна.

1. Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Нежданов А. И. и др. Явление активного газовыделения из поднятий на свале глубин западной части Черного моря // Докл. АН УССР. – 1989. – № 12. – С. 13–16.
2. Шнюков Е. Ф., Митин Л. И., Клещенко С. А., Григорьев А. В. Зона акустических аномалий в Черном море близ Севастополя // Геол. журн. – 1993. – № 4. – С. 62–67.
3. Иванов М. В., Поликарпов Г. Г., Леин А. Ю. и др. Биогеохимия цикла углерода в районе метановых газовыделений Черного моря // Докл. АН СССР. – 1991. – Вып. 320, № 5. – С. 1235–1240.
4. Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б. и др. Газовыделения со дна Черного моря – новый объект молисмологии // Молисмология Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1992. – С. 5–10.
5. Поликарпов Г. Г., Иванов В. Н., Гулин С. Б., Гулин М. Б. Депонирование углерода метана в карбонатных бактериальных постройках на свале глубин сероводородной зоны Черного моря // Доп. НАН України. – 1993. – № 7. – С. 93–94.
6. Шнюков Е. Ф., Соболевский Ю. В., Кутний В. А. Необычные карбонатные постройки континентального склона северо-западной части Черного моря – вероятное следствие дегазации недр // Литология и полезн. ископаемые. – 1995. – № 5. – С. 541–461.
7. Bohrmann G., Greinert J., Suess E., Torres M. Authigenic carbonates from the Cascadia subduction zone and their relation to gas hydrate stability // Geology. – 1998. – 26, No 7. – P. 647–650.
8. Шнюков Е. Ф., Старостенко В. И., Гожик П. Ф. и др. О газоотдаче дна Черного моря // Геол. журн. – 2001. – № 4. – С. 7–14.
9. Пименов Н. В., Русанов И. И., Поглазова М. Н. и др. Бактериальные обрастания на коралловидных постройках в местах выхода метановых газовыделений в Черном море // Микробиология. – 1997. – 66, № 3. – С. 421–428.
10. Зорькин Л. М., Старобинец И. С., Стадник Е. В. Геохимия природных газов нефтегазоносных бассейнов. – Москва: Недра, 1984. – 248 с.
11. Кропоткин П. Н., Валяев Б. М. Геодинамика грязевулканической деятельности (в связи с нефтегазоносностью) // Геологические и геохимические особенности поисков нефти и газа. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 148–178.
12. Валяев Б. М., Гринченко Ю. И., Ерохин В. Е. и др. Изотопный облик газов грязевых вулканов // Литология и полезн. ископаемые – 1985. – № 1. – С. 72–87.

Отделение морской геологии рудообразования
НАН Украины, Киев
Институт биологии южных морей НАН Украины,
Севастополь
Институт океанологии Российской АН, Москва
Санкт-Петербургский государственный университет
Всероссийский исследовательский институт
«Океангеология», Санкт-Петербург

Поступило в редакцию 24.04.2003