

УДК 550.40

ГЕОХИМИЯ ГАЗОВ В ГАЗГИДРАТСОДЕРЖАЩИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
РАЙОНА БЛЕЙК АУТЕР РИДЖ (АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН)

ГАЛИМОВ Э. М., КВЕНВОЛДЕН К.

Исследована распространенность и изотопный состав углерода CH_4 и CO_2 в осадочном разрезе дна океана в районе Блейк Аутер Ридж (Атлантический океан). Образцы газов были отобраны в ходе бурения (скв. 533 во время 76-й экспедиции бурового судна «Гломар Челленджер» по Проекту глубоководного бурения в океане (DSDP). Имеются свидетельства присутствия газа в газгидратной форме. Изотопный состав углерода CH_4 изменяется от -94% в приповерхностных осадках до -66% в нижней части 400-метрового разреза. Параллельно этому происходит изменение изотопного состава CO_2 от -25 до -4% . Наблюдаемые величины $\delta^{13}\text{C}$ газов, а также тесный параллелизм в изменении их изотопного состава согласуется с представлением об образовании CH_4 в результате микробиологического восстановления CO_2 , происходящей из органического вещества. Таким образом, газгидраты в исследованном океаническом разрезе представлены биогенным CH_4 и CO_2 .

Блейк Аутер Ридж — крупная подводная структура, превышающая более чем на 1500 м уровень абиссальной равнины Атлантического океана, — образует выступ континентального подножья к юго-востоку от берега Соединенных Штатов (рис. 1). Считается, что эта структура возникла в позднем кайнозое в результате аккреции полупелагических илов, приносимых встречными течениями [1]. Сейсмическое зондирование показывает наличие на глубине около 600 м ниже дна океана отражающего горизонта (рис. 2), параллельного поверхности дна [2—4]. Этот отражающий горизонт (BSR) наблюдается на площади более 80 000 км² в пределах Блейк Аутер Ридж [5] и рассматривается как отвечающий подошве зоны газгидратов [3, 4, 6].

Более 10 лет назад, в ходе 11-й экспедиции Проекта глубоководного бурения (Leg 11, DSDP) были впервые отобраны образцы керна для исследований природы этого отражающего горизонта [6]. Образцы осадков, поднятые из скважин 102, 103 и 104 (см. рис. 1), пробуренных поперек Блейк Аутер Ридж, показали высокую концентрацию газа [7]. Преобладающим компонентом газа был метан, а остальная часть газа состояла главным образом из CO_2 [8]. Хотя никаких прямых свидетельств присутствия газгидратов не было установлено, высокая концентрация газа и наличие аномального сейсмического горизонта (BSR) позволили предположить присутствие газгидратов [6, 7].

Скважина 533 76-й экспедиции Проекта глубоководного бурения (Leg 76, DSDP) была пробурена с целью получить геохимические доказательства предполагаемого присутствия газгидратов в осадках Блейк Аутер Ридж. Геохимическая программа включала, в частности, подробное изучение газа, выделяемого из кернов. В этой работе мы фокусируем внимание на закономерностях изменения содержания и изотопного состава CH_4 и CO_2 в разрезе Блейк Аутер Ридж в связи с вопросом о происхождении этих газов.

Один из авторов (К. Квенволден) участвовал в 76-м рейсе бурового судна «Гломар Челленджер», отбирал газы и производил первичное изучение их непосредственно на борту судна. Изотопный анализ CH_4 и CO_2 осуществлялся в ГЕОХИ АН СССР по методике, которая была применена для разделения и изучения газов из скважин DSDP в предшествующей работе Э. М. Галимова и Б. Симонейта [9, 10].

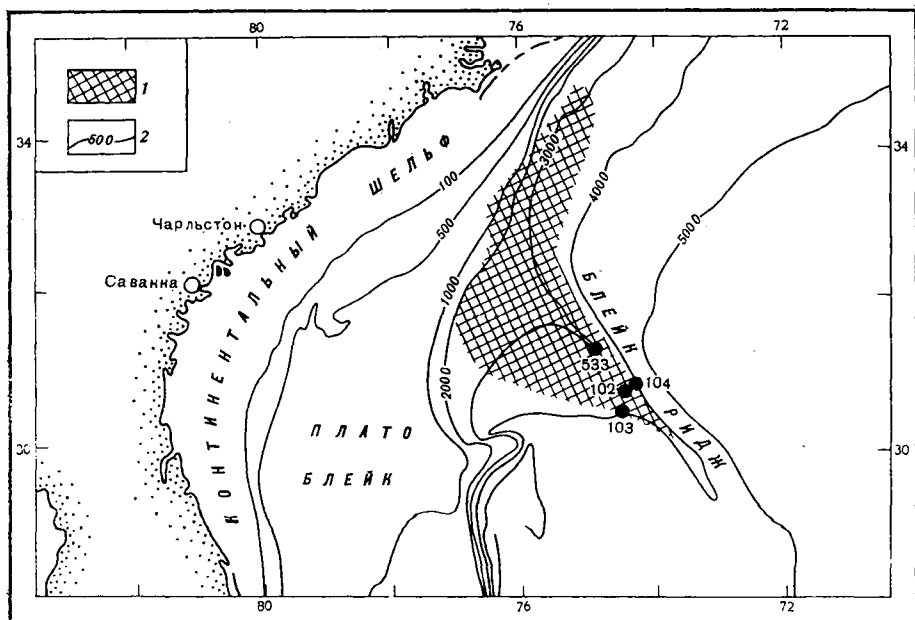


Рис. 1. Карта, показывающая расположение участков 533 (76-я экспедиция), 102, 103, 104 (11-я экспедиция). Показана территория распространения BSR [5] 1 — область распространения газгидратов; 2 — изолинии глубин океана

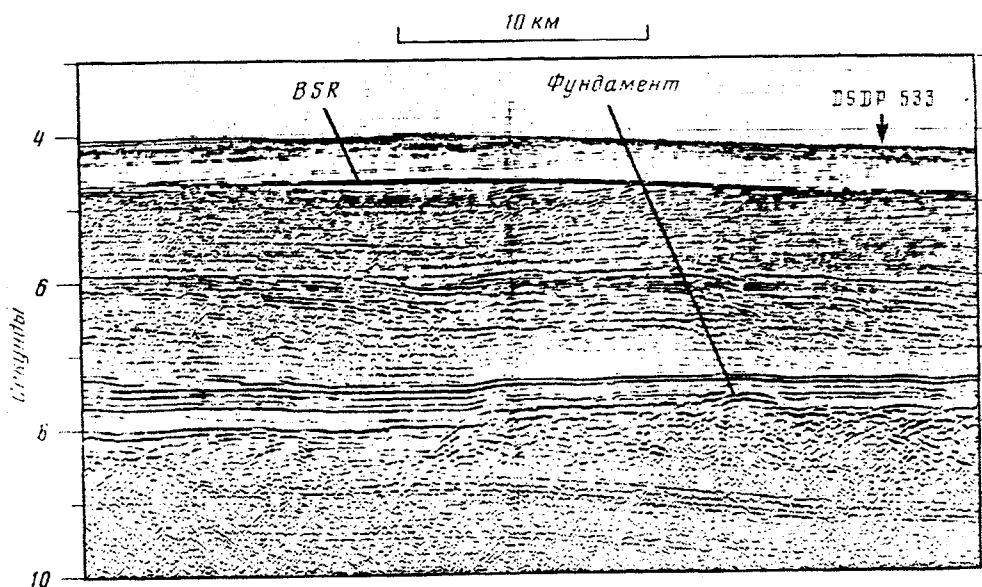


Рис. 2. Сейсмический профиль через Блейк Аутер Ридж. Аномальный отражающий горизонт (BSR) соответствует подошве зоны газгидратов (профиль представлен В. Диллоном, Геологическая служба США)

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИИ

Газ отбирали из керноотборника сразу после подъема его на борт судна. В процессе расширения газ образовывал в рыхлом керне пустоты (карманы), которые можно было наблюдать сквозь прозрачную пластиковую стенку керноотборника. Стенку протыкали иглой, снабженной вентилем, и содержимое газонаполненного кармана перепускали в небольшую предварительно откаченную пробирку с пробкой (ва-

кутейнер) объемом ~ 20 см³. Следует отметить, что вакутейнеры иногда содержали остаточный воздух, что влияло на точность волюметрии выделяемых газов.

Подробности методики отбора образцов, в том числе газа, на буровом судне «Гломар Челленджер» описаны в работе [11]. Хроматографическое исследование газов на борту судна началось с 1976 года (47-й рейс [12] и 50-й рейс [13]). С тех пор процедура анализа и применяемая техника практически не изменилась.

Концентрации CH_4 и CO_2 измеряли на борту судна на хроматографе типа Cagle Model 800 с катарометром и колонкой ($\frac{1}{8}$ дюйма \times 5 футов), заполненной 8%-ным карбоваксом 1540 на анахrome ABC до 100 меш. Температуры в колонке поддерживали на уровне 40°С. Для анализа из вакутейнера отбирали образец объемом 250 мкл. Площади пиков на хроматограммах измеряли при помощи интегратора CSI Model 38, из величин которых вычисляли концентрации.

Этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), изобутан ($i\text{-C}_4\text{H}_{10}$), нормальный бутан ($n\text{-C}_4\text{H}_{10}$), изопентан ($i\text{-C}_5\text{H}_{12}$) и нормальный пентан ($n\text{-C}_5\text{H}_{12}$) анализировали на хроматографе Hewlett-Packard 5711, оборудованном двойным пламенно-ионизационным детектором. Анализы проводили на колонке размером $\frac{1}{8}$ дюйма \times 4 фута, выполненной сферосилом 40—100 меш, соединенной с колонкой размером $\frac{1}{8}$ дюйма \times 12 футов, заполненной 20% OV 101 на анахrome AS 100—110 меш. Температуру колонки программировали от 70 до 200°С со скоростью 8°С/мин. В хроматограф вводили 5 мл газа из вакутейнера. Газ пропускали через охлаждаемую петлю ($\frac{1}{8}$ дюйма \times 8 дюймов), заполненную активированным алюминием 60—80 меш (F-1), снабженную восьмироликовым, двухпозиционным вентилем. Петлю охлаждали до -70°C в ванне с жидким изопропанолом. После двухминутной выдержки, в течение которой метан и воздух выдувались потоком гелия, вентиль переключали, петлю нагревали до 90°С в ванне с горячей водой, и образец, содержащий смесь тяжелых газообразных углеводородов, следующим поворотом вентиля вводили в хроматограф. Площади пиков, отвечающие разным углеводородам, измеряли при помощи интегратора CSI Model 38, и концентрации определяли из этих величин.

После завершения 76-го рейса вакутейнеры с образцами газов были пересланы в лабораторию геохимии углерода ГЕОХИ АН СССР. Для определения изотопного состава раздельно CH_4 и CO_2 , последнюю «связывали» гидроокисью бария, вводимой непосредственно в вакутейнер. Затем CH_4 переводили в вакуумную систему, где сжигали на окиси меди при 800°С с последующей процедурой очистки от закиси азота, воды и пр. Полученную двуокись углерода анализировали на масс-спектрометре. CO_2 из образца газа, предварительно «связанная» гидроокисью бария, высвобождалась под действием ортофосфорной кислоты и также анализировалась на масс-спектрометре. Изотопный состав углерода измеряли на масс-спектрометре VARIAN-MAT-230 с точностью $\pm 0,01\%$. Результаты представлены в виде величин $\delta^{13}\text{C}$ (‰), отнесенных к стандарту.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На участке 533 были пробурены две скважины: первая (скв. 533) — с непрерывным отбором керна (при помощи гидравлического пробоотборника) от поверхности дна до глубины 168 м ниже дна океана; вторая (скв. 533А) — методом вращательного бурения с отбором керна, начиная с 57 м и непрерывным отбором — со 143 до 399 м. Керны из близповерхностных отложений (от 0 до 25 км) содержали недостаточное количество газа. Поэтому образцы из этого интервала не удалось отобрать. В интервале от 25 до 50 м газ в кернах встречался спорадически, а глубже 50 м в большинстве кернов наблюдались газонаполненные карманы, из которых отбирали образцы газа для анализа.

На рис. 3 показано изменение концентрации CO_2 , CH_4 , C_2H_6 и суммы более тяжелых углеводородов от C_3H_8 до C_5H_{12} [$\sum (\text{C}_3\text{—C}_5)$] с глу-

Концентрация и изотопный состав углерода CH_4 и CO_2
(Блейк Аутер Ридж, участок 533)

Керн	Глубина ниже уровня моря, м	CH_4		CO_2	
		об. %	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	об. %	$\delta^{13}\text{C}$, ‰
533-9-1	24,9—26,4	4	—93,8	0,2	—24,5
533-9-2	26,4—27,9	10	—89,3	0,6	—
533-11-1	33,9—35,4	7	—91,3	0,3	—23,4
533-15-2	53,0—54,5	80	—84,0	1,8	—17,4
533-16-3	58,0—59,5	5	—81,6	0,3	—14,5
533-17-2	61,0—62,5	78	—81,3	1,7	—
533A-1-6	64,5—66,0	56	—80,6	1,8	—12,7
533-20-1	73,0—74,5	81	—79,7	1,5	—12,7
533-21-1	77,5—79,0	80	—79,2	1,9	—11,3
533-22-1	82,0—83,5	90	—78,9	2,1	—
533-23-2	88,0—89,5	89	—78,1	1,1	—13,8
533-24-2	92,5—94,0	72	—76,5	1,3	—
533-25-2	97,0—98,5	72	—76,7	1,3	—10,3
533-26-1	100,0—101,5	76	—76,7	1,5	—10,1
533-27-2	106,0—107,5	60	—75,4	1,4	—9,6
533-28-3	112,0—113,5	79	—75,0	1,3	—9,5
533-29-1	113,5—115,0	47	—75,1	0,9	—7,8
533-30-2	119,5—121,0	66	—74,9	1,4	—7,6
533-31-2	124,0—125,5	98	—	1,2	—7,6
533-32-1	127,0—128,5	65	—73,0	1,5	—7,2
533-33-1	131,5—133,0	84	—72,3	2,5	—5,8
533-34-1	136,0—137,5	69	—72,1	2,4	—4,0
533-37-1	146,5—148,0	83	—71,8	2,2	—6,4
533-38-2	151,0—152,5	95	—71,5	1,9	—5,9
533A-3-2	153,5—154,0	78	—71,2	4,5	—3,2
533A-3-3	154,0—154,5	63	—70,1	2,5	—4,6
533A-4-3	157,5—159,0	62	—71,2	2,7	—
533-40-2	160,0—161,5	80	—69,9	4,4	—3,6
533-41-2	164,5—166,0	85	—69,9	3,5	—5,1
533A-5-6	169,0—170,5	67	—70,1	1,8	—7,7
533A-6-1	171,0—172,5	7	—	0,5	—
533A-11-4	223,0—224,5	70	—67,4	4,7	—4,4
533A-13-1	237,5—239,0	63	—68,6	1,7	—6,9
533B-15-2	258,0—259,5	74	—66,6	3,8	—4,6
533A-16-6	273,5—275,0	71	—66,5	5,8	—1,8
533A-17-5	281,5—283,0	77	—65,4	9,3	—2,4
533A-18-4	289,5—291,0	82	—66,7	7,8	—
533A-19-7	303,5—304,0	84	—66,9	4,3	—4,2
533A-20-6	312,0—313,5	76	—67,3	5,2	—6,2
533A-21-6	321,0—322,5	81	—66,6	9,4	—3,9
533A-22-4	327,5—329,0	4	—66,7	0,5	—
533A-22-6	330,5—332,5	48	—66,5	4,6	—5,0
533A-24-5	347,0—348,5	70	—66,6	6,4	—4,7
533A-25-2	353,0—354,5	69	—66,7	6,2	—6,2
533A-26-4	365,5—367,0	54	—65,8	6,2	—5,0
533A-27-6	378,0—379,5	69	—66,1	5,6	—6,4
533A-29-1	392,5—394,0	71	—65,9	10,0	—3,5

биной. Концентрация C_2H_6 , $\sum (\text{C}_3-\text{C}_5)$, а также CO_2 нарастает с глубиной. В таблице содержатся результаты измерений содержаний CH_4 и CO_2 в исследованных пробах газа. Общая концентрация этих газов изменяется от 4,2 до 99,2%. Остальное составляет воздух, который частично представляет остаточный воздух вакутейнера, частично — воздух, захваченный в процессе отбора керна и во время анализа. Поэтому величины концентраций CH_4 и CO_2 являются полуколичественными и относительными, но наблюдаемые тренды с глубиной, по-видимому, являются реальными. Содержание CH_4 изменяется от 4 до 98%, причем ниже 50 м концентрация CH_4 по всему разрезу, за исключением трех случаев, превышает 47%. CO_2 имеет значительно меньшую распространенность: от 0,2 до 10%. Ниже 50 м концентрация CO_2 , за исключением четырех случаев, везде выше 1% и обнаруживает тенденцию к нарастанию с глубиной.

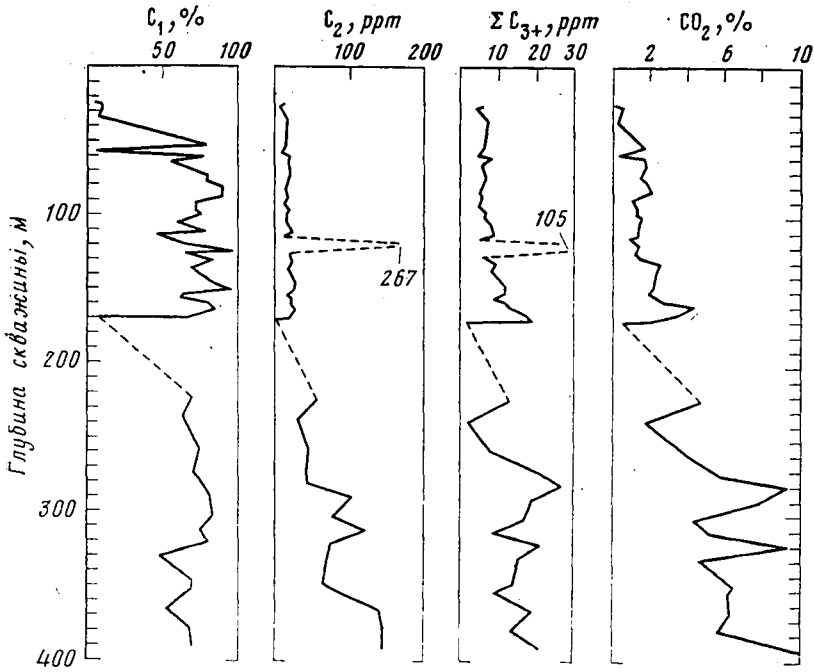


Рис. 3. Изменение концентрации CH_4 , C_2H_6 , суммы C_3H_8 , $i-C_4H_{10}$, $n-C_4H_{10}$, $n-C_5H_{12}$, а также CO_2 с глубиной скважины на участке 533

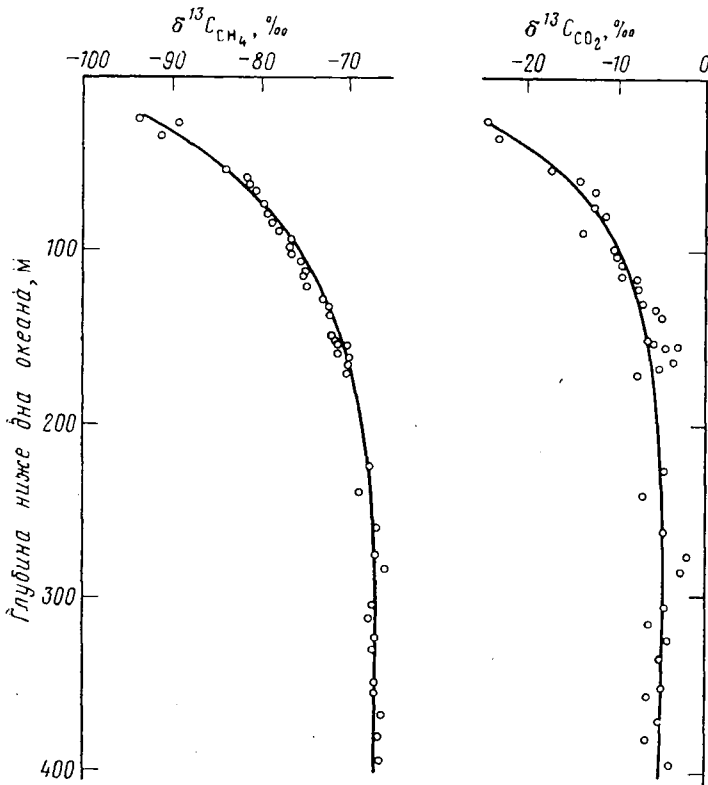


Рис. 4. Вариации изотопного состава углерода CH_4 и CO_2 в разрезе участка 533

В таблице представлены также результаты изотопных анализов. На величину $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$, присутствие воздуха практически не влияет. Однако величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ в некоторой степени может быть изменена примесью воздушной CO_2 , особенно в образцах из верхних 60 м осадков, где воздух составляет до 90% газа. В этих образцах 10—15% CO_2 может иметь атмосферное происхождение ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} = -7\text{‰}$). Поэтому, например, углерод CO_2 приповерхностного образца может быть на 2—3‰ легче, чем дает измерение ($-24,50\text{‰}$). Величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ увеличивается от -94‰ на глубине 25 м до -66‰ на глубине 399 м. Увеличение имеет систематический, хотя и не линейный характер до глубины ~ 250 м, ниже которой величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ остается более или менее постоянной и -66‰ . Величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ также увеличиваются с глубиной и следуют тренду, который обнаруживает тесный параллелизм с трендом величины $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$. Изотопный состав CO_2 изменяется от приблизительно -25 до -4‰ . Различия между изотопным составом CH_4 и CO_2 постепенно уменьшается: от 68‰ в приповерхностных образцах до 61‰ в более глубоких осадках.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Бурение в 76-м рейсе «Гломар Челленджер» обещало весьма благоприятную возможность для изучения гидратной формы газа в океанических осадках. Скважины 533 и 533А расположены на участке, где глубина океана составляет 5184 м, недалеко от сводовой части структуры Блейк Аутер Ридж, ~ 50 км к северо-западу от скважины 102, 103 и 104 (рис. 1), где ранее отмечались высокие концентрации метана [6, 7]. Сейсмический профиль, пересекающий участок 533, подтверждает наличие аномального отражающего горизонта (рис. 2). Изменения температур в скважине дали величину 19°C на глубине 399 м при геотермальном градиенте $36^\circ/\text{км}$ [14]. Таким образом, давления и температуры на этом участке находятся в пределах поля стабильности гидратной формы CH_4 [15]. Поэтому высокая концентрация CH_4 в осадках скв. 533 и 533А не была сюрпризом. Гораздо сложнее обстоит, однако, дело с прямыми наблюдениями газгидратов. Фактически только в одном случае удалось наблюдать небольшой, размером около 25 см^3 , фрагмент осадка, содержащий газгидрат. Осадок был поднят с глубины 238 м. В других случаях только разрывы в осадках (особенно в кернах с глубин от 152 до 240 м) могли свидетельствовать о присутствии газгидратов, расплавшихся во время подъема керна [16]. Газгидраты на этом участке, вероятно, распространены неравномерно и тонко диспергированы в осадке. CH_4 и CO_2 , наблюдаемые в осадках, могут быть связаны с газгидратами, но как и в какой части, остается неизвестным. Точно также не ясно, связаны ли с газгидратами углеводороды, более тяжелые, чем CH_4 .

Чрезвычайно изотопно-легкий метан ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$, до -94‰) в приповерхностных образцах имеет определенно микробиологическое происхождение [17], а весьма изотопно-легкая CO_2 (до -25‰), по-видимому, образовалась путем окисления органического вещества. Изотопный состав последнего в скв. 533 характеризуется величинами от -21 до -25‰ [18].

Тесный параллелизм в распределении величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ по разрезу скв. 533 и 533А согласуется с представлением об образовании CH_4 в анаэробных условиях за счет микробиологического восстановления CO_2 [19]. Считается, что это происходит следующим образом: CO_2 , первоначально генерированная в процессе сульфатредукции за счет органического вещества, становится исходной для образования CH_4 после исчерпания сульфата. CO_2 должна иметь на этой стадии изотопный состав, близкий к изотопному составу органического вещества, т. е. от -20 до -25‰ . Образование CH_4 из CO_2 происходит со значительным изотопным фракционированием, приводящим к обогащению CH_4 изотопом ^{12}C на $60\text{—}70\text{‰}$ относительно CO_2 . По мере течения этого процесса CO_2 должна обедняться изотопом ^{12}C , как следствие, должно происходить также обеднение легким изотопом CH_4 .

Если бы этот процесс был единственным, то из соображений изотопного баланса следовало бы ожидать уменьшение концентрации CO_2 с глубиной при увеличении в ней содержания изотопа ^{13}C . Однако, напротив, концентрация CO_2 в осадках скв. 533 с глубиной увеличивается. Кроме того, наблюдаемое асимптотическое приближение величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ к значениям -66 и -4‰ соответственно с этой точки зрения не имеет оснований. Скорость изменения величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ скорее должна была бы возрастать, а не уменьшаться с глубиной, если бы дело сводилось к простому превращению CO_2 в CH_4 . Поэтому процесс, очевидно, является более сложным, чем это представляется, и, как минимум, должен включать дополнительную генерацию CO_2 в ходе формирования CH_4 .

Различие между величинами $\delta^{13}\text{C}$ для CH_4 и CO_2 в осадках на данной глубине постепенно уменьшается от 68‰ в приповерхностных осадках до $\sim 61\text{‰}$ в нижней части скважины. Уменьшение, вероятно, является отражением температурной зависимости изотопного эффекта.

Включение CH_4 и CO_2 в состав газгидрата, по-видимому, не отражается непосредственно на их изотопном составе. Однако будучи связанными в гидратной форме, газы в меньшей степени способны мигрировать из осадка. Обычно метан, накапливающийся в породе, представляет продукт разных стадий газогенерации. На самой ранней стадии образуется наиболее изотопно-легкий CH_4 , на более поздних он все более обедняется легким изотопом. Метан ранней генерации утрачивается породой в ходе ее геологической истории, но в газгидратной форме он может быть удержан. Поэтому можно ожидать, что последний при прочих равных условиях, будет обогащен изотопом ^{12}C .

Весьма легкий углерод метана ($\delta^{13}\text{C} -94\text{‰}$), зарегистрированный в приповерхностных осадках скв. 533, может быть результатом сочетания нескольких обстоятельств. Во-первых, источником углерода метана здесь является изотопно-легкая CO_2 ($\delta^{13}\text{C} -25\text{‰}$), формирующаяся в процессе сульфатредукции. Во-вторых, низкая температура, характерная для приповерхностных осадков дна океана, предполагает максимальный характер действующих изотопных эффектов. В-третьих, присутствие газгидрата может предотвратить утрату метана самой ранней генерации, способствуя тем самым максимальной обогащенности газа легким изотопом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heezen B. C., Hollister C. D., Ruddiman W. F. Shaping of the continental rise by deep geostrophic contour currents.— Science, 1966, v. 152, p. 502.
2. Markl R. G., Bryan G. M., Ewing J. I. Structure of the Blake-Bahama Outer Ridge.— J. Geophys. Res., 1970, v. 75, p. 4539.
3. Tucholke B. E., Bryan G. M., Ewing J. I. Gas-hydrate horizons detected in seismic — profile data from the western North Atlantic.— Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 1977, v. 61, p. 698.
4. Shipley T. H., Houston M. H., Buffler R. T. et al. Seismic reflection evidence for widespread occurrence of possible gas hydrate horizons on continental slopes and rises.— Amer. Assoc. Petrol. Geologists Bull., 1979, v. 63, p. 2204.
5. Dillon W. P., Grow J. A., Paull C. K. Unconventional gas hydrate seals may trap gas off southeast U. S.— Oil and Gas J., 1980, v. 78, № 1, p. 124.
6. Ewing J. I., Hollister C. H. Regional aspects of deep sea drilling in the western North Atlantic.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1972, v. 11, p. 951.
7. Lancelot Y., Ewing J. I. Correlation of natural gas zonation and carbonate diagenesis in Tertiary sediments from the north-west Atlantic.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1972, v. 11, p. 791.
8. Claypool G. E., Prestley B. J., Kaplan I. R. Gas analysis of sediment samples from Legs 10, 11, 13, 14, 15, 18 and 19.
9. Galimov E. M., Sumoneit B. R. T. Geochemistry of interstitial gases in sedimentary deposits of the Gulf of California, Leg 64.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1982, v. 64, p. 781.
10. Галимов Э. М., Симонейт Б. Вариации изотопного состава углерода CH_4 и CO_2 в осадочном разрезе бассейна Гуаймас (Калифорнийский залив).— Геохимия, № 7, 1982, с. 1027.
11. Галимов Э. М., Кодина Л. А. Исследование органического вещества и газов в осадочной толще дна Мирового океана. М.: Наука, 1982. 220 с.
12. Whelan J. K. C_1 to C_7 hydrocarbons from IPOD Holes 397 and 397A.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1979, v. 47, Pt. 1, p. 531.

13. Galimov E. M., Chinenov V. A., Ivanov Y. N. Isotopic composition of methane carbon and the relative content of gaseous hydrocarbons in the deposits of the Moroccan Basin of the Atlantic ocean, DSDP Sites 415 and 416.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1980, v. 50, p. 615.
14. Sheridan R. E., Gradstein F. et al. Site chapter, Site 533.— In: Init. Reports, DSDP, Washington, 1983, v. 76.
15. Katz D. L., Cornell D., Kobayshi R. et al. Handbook of Natural Gas Engineering. New York; McGraw-Hill, 1959. 802 p.
16. Kvenvolden K. A., Branard L. A. Gas Hydrates at Site 533, DSDP, Leg 76.— In: Init. Reports DSDP, Washington, 1983, v. 76.
17. Rosenfeld W. D., Silverman S. R. Carbon isotope fractionation in bacterial production of methane.— Science, 1959, v. 130, p. 1658.
18. Brooks J. M., Barward L. A., Wiesenburg D. A. et al. Molecular and isotopic compositions of hydrocarbons at Site 533, DSDP Leg 76.— In: Init. Reports. DSDP, Washington, 1983, v. 76.

Институт геохимии и аналитической
химии им. В. И. Вернадского АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию
22.XI.1982

Геологическая служба США
(Калифорния, Менло-Парк)

GEOCHEMISTRY OF GASES IN THE GASHYDRATE-BEARING SEDIMENTS OF THE BLAKE OUTER RIDGE AREA, ATLANTIC OCEAN

GALIMOV E. M., KVENVOLDEN K.

Distribution and isotopic composition of carbon of CH_4 and CO_2 in the sedimentary sequence of the sea floor at the Blake Outer Ridge area, Atlantic Ocean, have been studied. Gas sampling was made in the process of drilling of the hole 533 during 76 leg of the drillship Glomar Challenger (DSDP). Some evidences of presence of the gases in the gashydrate form were obtained. Isotopic composition of carbon of CH_4 varies from -94‰ in the near-surface sediments to -66‰ in lower part of the 400-meters sequence. In parallel with this variation the isotopic composition of CO_2 varies from -25 to -4‰ . The observed values of $\delta^{13}\text{C}$ of the gases and close parallelism of their variations are in accordance with the conception of formation of CH_4 as the result of microbiological reduction of CO_2 which was derived from organic matter. Thus gashydrates in the studied sea-floor sequence are presented by biogenic CH_4 and CO_2 .