

<https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.003>

Е.Ф. Шнюков, И.В. Топачевский

ГНУ «Центр проблем морской геологии, экологии
и осадочного рудообразования» НАН Украины, Киев

ГАЗОВЫЕ СИПЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

По литературным данным проанализировано развитие газовых сипов в Мировом океане. Они найдены и изучены в Атлантическом, Тихом, Индийском океанах, в арктических морях, на Байкале. Дана характеристика холодных сипов и их генезис, указаны источники и пути поступления вещества. Все они преимущественно метановые, в Охотском море и близ Калифорнии содержат барий. Холодные сипы порождают своеобразные сообщества организмов — бактерий, моллюсков, трубчатых червей. В итоге усвоения метана сипов бактериями создаются карбонатные новообразования, обрамляющие выходы газов.

Ключевые слова: дегазация Земли, сипы, Мировой океан.

Проблемы глубинной дегазации Земли привлекают все большее внимание геологов. Особый интерес вызывают представления о «холодной дегазации», выдвинутые П.Н. Кропоткиным и Б.М. Валяевым [6]. Эти представления поддерживают многие специалисты [5, 7, 8, 12 и многие другие]. Многообразие проявления процессов глубинной дегазации Земли, главным образом, на суше описано в капитальной монографии В.М. Шестопалова, А.Е. Лукина, В.А. Згонника и др. «Очерки дегазации Земли» [13].

Дегазация Земли широко проявлена и в Океане, занимающем 2/3 земной поверхности. Мы попытались систематизировать обширные литературные данные, в первую очередь для сопоставления с материалами по холодной дегазации Черного моря, где этот процесс проявляется весьма активно во многих районах акватории.

К проявлениям холодной дегазации в Океане могут быть отнесены грязевые вулканы и газовые факелы на дне океанов. Эта тема необъятна, поэтому в настоящей статье мы рассматриваем только газовые факелы, часто именуемые холодными сипами. Сип — это естественный выход газов, в данном случае на морском дне. В литературе отмечено, что за прошедшие со дня открытия (1983) почти сорок лет установлено, что большинство сипов развито в пределах геологически активных, реже пассивных кон-

© Е.Ф. ШНЮКОВ, И.В. ТОПАЧЕВСКИЙ, 2019

тинентальных окраин, внутриконтинентальных морских бассейнов и озер. Говоря о холодных сипах, надо понимать, что это не означает, что температура высачивающихся газов ниже температуры окружающей воды. Наоборот, температура газов часто даже немного выше воды. Газовые факелы имеют разные размеры и дебит. Их высота чаще всего не превышает 100—200 м, но нередко выходит за эти рамки. Скажем, в мелководном Азовском море наблюдались факелы до 5—10 м высотой. В глубоководных морях сипы достигают и 600—700 м.

При функционировании сипов возникают углубления, обусловленные выносом осадков, на которых они располагаются. Эти ямы имеют различные размеры. В условиях Черного моря наблюдались ямы глубиной до 2—4 м, диаметром несколько метров. Они называются покмарками. В других районах Океана, особенно в Арктических морях, покмарки бывают по своим размерам на один-два порядка больше.

Нет единого мнения о природе газов, вызывающих образование сипов. Биологи выдвигают идеи о бактериологическом происхождении газов в четвертичной толще осадков. С этим можно согласиться лишь частично. Скорее всего, наряду с принципиально возможным образованием метана в донных осадках основная масса газов генерируется в глубоких недрах и имеет неорганическое происхождение. В пользу этого говорит нередкая локализация факелов по линиям нарушений, наличие факелов на кристаллических породах морского дна.

В составе газовых факелов преимущественно метан, присутствует CO_2 , иногда сероводород.

Как уже отмечено, в наши дни обнаружено очень широкое развитие сипов в Мировом океане. Они установлены в Атлантическом, Тихом, Индийском океанах, в водах арктических морей. Редкость находок близ Антарктиды связана, надо полагать, с недостаточной изученностью Южного океана. Чаще всего сипы как бы обрамляют Североамериканский и Евразийский континенты. Вокруг Африки, Южной Америки, Австралии, Антарктиды сипы развиты в меньшей мере. Опять же — не исключена просто меньшая изученность этих регионов.

Сипы развиты и в некоторых крупных озерах, например, на Байкале.

Характер работы факелов различен. Обычно они функционируют непрерывно, но наблюдаются и пульсирующие факелы, прерывисто выбрасывающие газы.

Обсуждается вопрос о стабильности работы факелов. Допускается эфемерность и случайность выбросов газов, но наши наблюдения на Черном море показали, что в течение 20 лет сипы сохраняли свои основные особенности.

Мы четко различаем сипы и грязевые вулканы. Очень часто над грязевыми вулканами нет факелов, иногда их несколько, местами они достигают больших размеров и высоты до 700—800 м и даже 1200 м! При всем этом грязевые морфоструктуры имеют очевидное глубинное заложение, их глубины прослеживаются геофизическими исследованиями на десятки километров. Сипы — поверхностные образования, они очень часто приурочены к тектоническим нарушениям, но в большинстве случаев их корни проследить не удастся. В точках их развития и образуются покмарки.

Уровень изученности Мирового океана далеко не одинаков в разных его районах. Не случайно газовые сипы описываются чаще всего в хорошо изученных районах океана, либо по мере изучения. Надо полагать, многие открытия сипов еще впереди. Однако уже сейчас можно отметить наиболее частую лока-

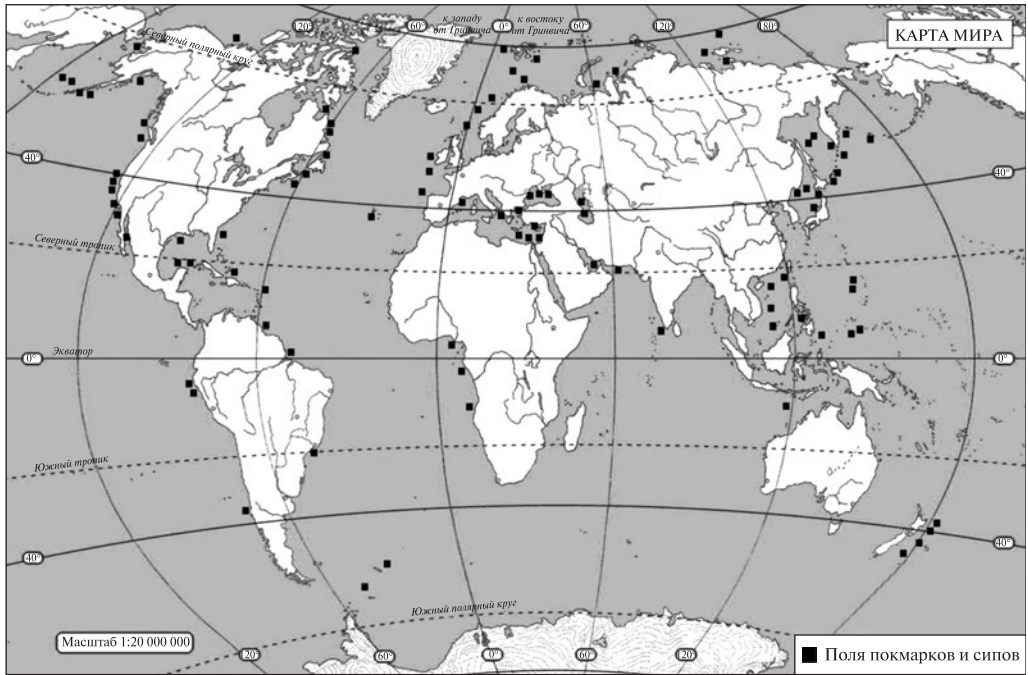


Рис. 1. Известные местоположения подводных метановых сипов (по [17], с дополнением авторов)

лизацию газовых факелов в Океане — на внешнем шельфе и верхней части континентального склона. Еще одна приуроченность — локализация вдоль тектонических нарушений (рис. 1).

Лучше других районов Мирового океана изучен Атлантический океан. Здесь достаточно наглядно прослеживается сосредоточение газовых факелов на континентальной окраине Северной Америки. По данным К. Руппель, Д. Ключнер, У. Данфорта [23] исследования, выполненные на НИС «Эндревор» в 2014—2015 годах, показали широкое распространение холодных сипов в полосе вдоль западных берегов США на протяжении 580 км от Вашингтонского каньона на юге до Балтиморского каньона на севере. Холодные сипы наблюдались на глубинах 200—250 м в верхней части континентального склона и на внешнем шельфе. Установлено около 200 функционирующих факелов, около 5000 оспин-покмарков на морском дне, связанных с высачиванием газов (рис. 2).

Целью исследований было изучение взаимосвязи между высачиваниями метана с газогидратами в нижележащих морских отложениях. Высачивание метана связывается с разрушением газогидратов из-за потепления температуры Океана. При существующих физико-химических условиях в Атлантике газогидраты устойчивы при глубинах 505—580 м и более. Эта же тенденция наблюдается и в более южных широтах Северной Америки. По сведениям К. Олу, Э. Кордерса, Ч. Фишера и др. [21], сипы найдены в экваториальной Атлантике — в Мексиканском заливе. У берегов Южной Америки к северу от Венесуэлы многочисленные сипы встречены неоднократно. Для экваториальной зоны описаны своеобразные сообщества фауны, развивающиеся вокруг факелов. В пределах экваториальной зоны Атлантики газовые сипы зафиксированы у берегов Афри-

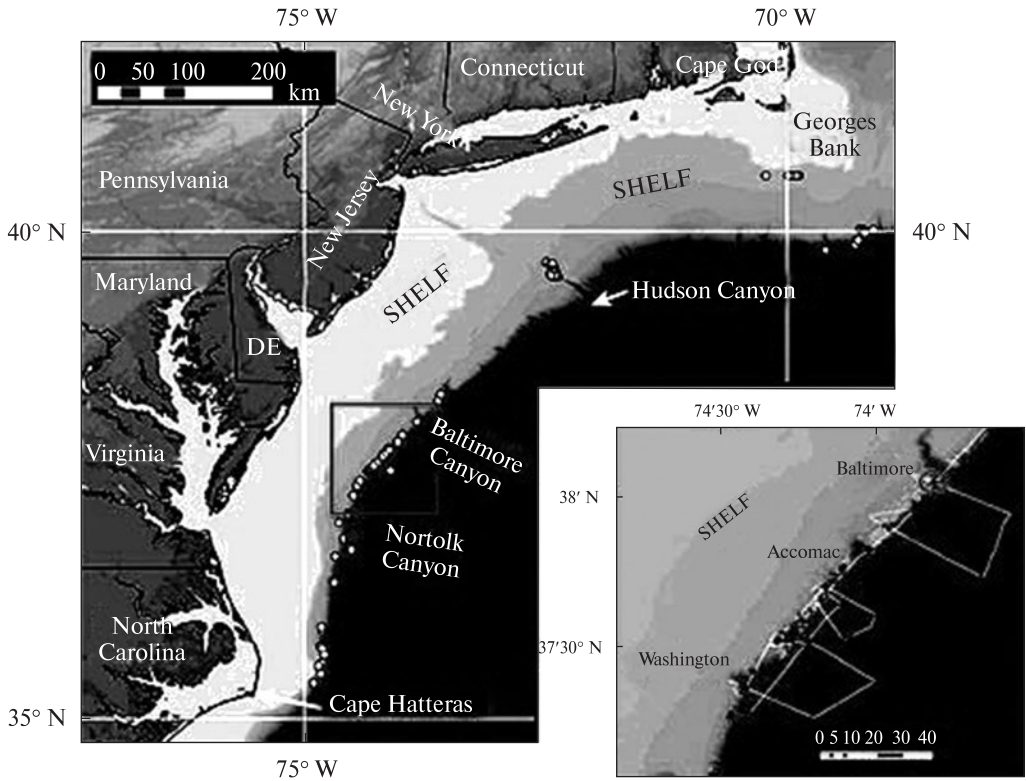


Рис. 2. Недавно открытые подводные холодные сипы на атлантическом побережье США (по [23])

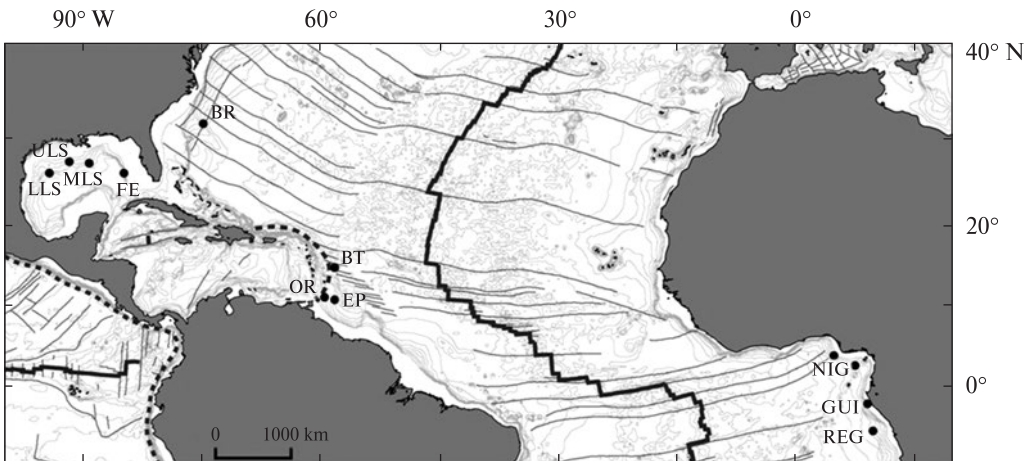


Рис. 3. Расположение холодных сипов в экваториальном поясе Атлантического океана (по [21])

ки возле Нигерии и Гвинеи. Южнее Гвинеи у берегов Африки прослеживается поле покмарков (рис. 3).

В южной части Атлантического океана факелы наблюдались лишь у берегов Бразилии и к востоку от пролива Дрейка. Их проявления довольно многочисленны в Бискайском заливе, у берегов Англии и Скандинавии. Несколько полей газовых сипов отмечено в Средиземном море (рис. 4).



Рис. 4. Участки нахождения холодных сипов Средиземного моря по соответствующей фауне (по [24])

Газовые сипы обнаружены и в Мраморном море [26]. По материалам нескольких экспедиций установлена локализация сипов над тектоническими нарушениями. Сипы образуют своего рода султаны газовых пузырьков над «дымоходами» из карбонатных новообразований. Наряду с газовыми факелами наблюдались и водяные фонтаны (Текирдаг, Центральный бассейн). Глубинный источник метана не исключается. Мы наблюдали газовые факелы в проливе Босфор. В Черном море обнаружены тысячи газовых факелов. Они сосредоточены на северо-западе, северо-востоке Черного моря, у берегов Болгарии, Румынии, Грузии, вероятно, Турции [14].

В Балтийском море газовые факелы и покмарки найдены и изучены в пределах Готландской, Арконской, Гданьской впадин.

Арктика — регион самого широкого распространения газовых сипов. По данным И.Ю. Ошкина [11], ссылающегося на W. Anthony et al. [15], на Аляске и в Гренландии обнаружено более 150000 метановых сипов! Они подразделяются на поверхностные и подледные. Поверхностные сипы встречаются в неглубоких озерах и болотах, в зонах протаивания термокарстовых озер. Подледные сипы вызываются таянием льдов мощностью 0,2—2,0 м на больших площадях до 300 м², образуя кратеры до 3,0 м в диаметре. По изотопному составу газов поверхностные сипы относят к биохимическим образованиям, а подледные — к термогенным.

В литературе отмечается, что многие округлые озера на суше в условиях Арктики, например, на п-ове Ямал, вероятно являются заполненными водой покмарками.

Во многих работах указывается на широкое распространение газовых сипов в морях Арктики. Так, зафиксирована повышенная концентрация метана в океане под морским дном с резким снижением выше термоклина в районе к западу от Шпицбергена в проливе Фрама. Научно-исследовательское судно «Helmer Hansen» нашло многочисленные газовые факелы. Ряд выходов газовых факелов

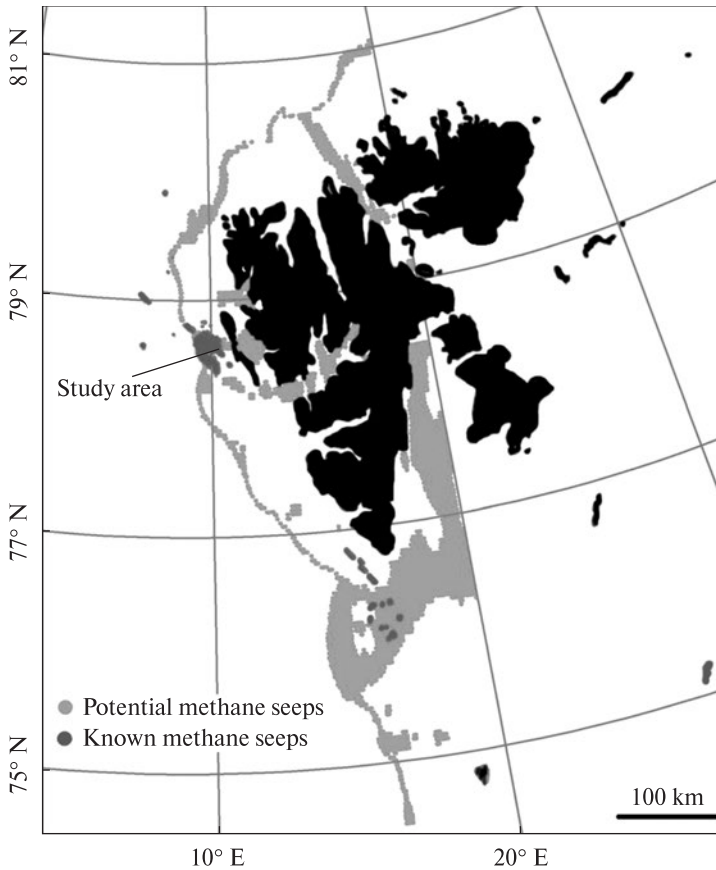


Рис. 5. Идентифицированные (темно-серые) и потенциальные (светло-серые) сипы вокруг Свалбарда, Шпицберген (по [20])

обнаружен с самолета. Значительный выброс метана в атмосферу не установлен. Роль препятствия для выхода газов в атмосферу играет термоклин [20] (рис. 5).

Газовые факелы найдены во многих арктических морях — в море Лаптевых, Восточносибирском море, в Чукотском море. Наблюдаются как факелы, так и последствия их деятельности — поля покмарков (рис. 6).

Российская экспедиция на НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2018 году зафиксировала на шельфе морей Восточной Арктики обширные поля сипов и покмарков, ранее (в 2014 г.) не наблюдавшиеся в этих районах. Специалисты связывают это явление с деградацией вечной мерзлоты в связи с потеплением климата. Выбрасываются в основном метан и CO_2 [3].

В Тихом океане газовые сипы встречаются достаточно часто, особенно вдоль континентальных окраин Евразийского и Североамериканского континентов. На севере океана они наблюдались у берегов Аляски и в Охотском море.

Охотское море — регион развития газовых сипов. Несколько международных экспедиций обнаружили в Охотском море более 500 сипов метана и 17 районов скопления газогидратов [10]. Часты факелы в районе о-ва Парамушир. Глубины газовых проявлений — от 150 до 1440 м.

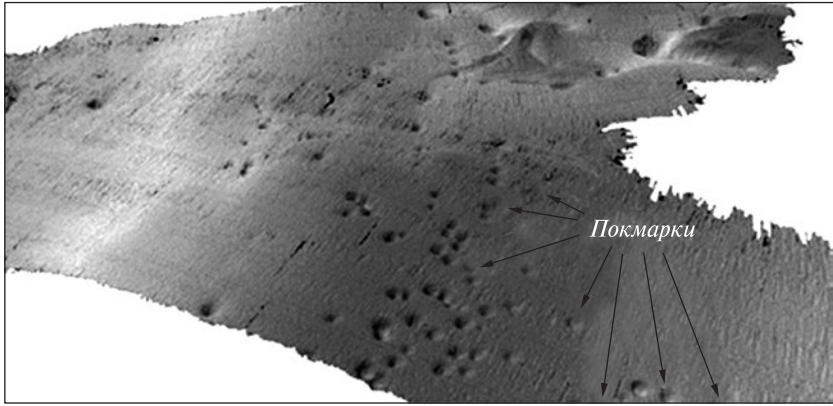


Рис. 6. Поля покмарков в северной части Чукотского моря по данным съемки многолучевых эхолотов (по [2])

Особенно часто сипы проявлены на восточной материковой окраине Сахалина.

Как отмечают А.Н. Деркачев, Н.А. Николаева, Б.В. Баранов и др. [4], значительно реже обнаруживаются газовофлюидные потоки, несущие наряду с метаном химические элементы, например, барий. Этот процесс вызывает на морском дне образование не только карбонатов кальция, но и барита. Наиболее крупные проявления такого рода баритовой минерализации были обнаружены в 1987 г. в Охотском море во впадине Дерюгина [1]. По итогам многолетних работ российских и иностранных специалистов во впадине Дерюгина установлен уникальный, долгоживущий (более 80 тыс. лет) центр газовофлюидных эманаций, содержащих метан и растворенный барий.

В 2013 г. на западном склоне Курильской глубоководной котловины были подняты карбонатно-баритовые осадки, порожденные газовыми факелами на вершине одного из поднятий в интервале глубин 2280—225 м. Высота одного из газовых факелов достигала 2000 м.

Авторы открытия отмечают, что образование карбонатно-баритовой минерализации на западном склоне Курильской котловины Охотского моря обусловлено миграцией метановых и барийсодержащих холодных газово-флюидных потоков, источником которых являются не только близповерхностные резервуары, но и более глубокие источники (рис. 7). Сходная минерализация выявлена и в Калифорнийском бордерленде.

По данным Р. Вонга и Чун Фенг Ли [25], широко распространены холодные сипы на севере Южно-Китайского моря. Сипы локализованы преимущественно на континентальном склоне. Фиксируется осаждение карбонатов из холодных сипов, что истолковывается авторами как показатель наличия газовых жерл и проявлений неглубокозалегающих газогидратов метана. Часты карбонатные трубки разного характера, агрегаты, подобные кратерам, обособленные плиты. Снаружи карбонатные образования ожелезнены и омарганцованы (рис. 8).

Сипы обнаружены и в Восточно-Китайском море и в морях Юго-Восточной Азии.

На тихоокеанской окраине Северной Америки зафиксированы многочисленные газовые сипы вблизи Аляски, Канады, США, Центральной Америки.

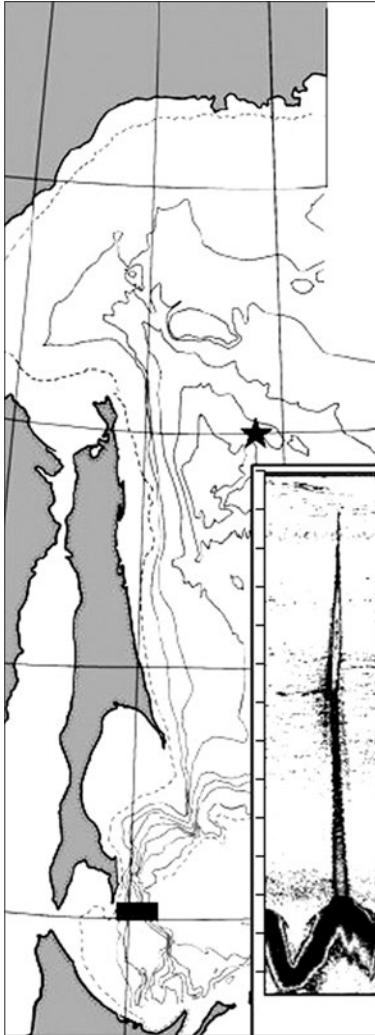


Рис. 7. Местоположение участков карбонатно-баритовой минерализации в Охотском море (звездочкой показан район Баритовых холмов во впадине Дерюгина) (по [4])

Исследования, опирающиеся на более ранние данные канадских авторов и материалы новых экспедиций, позволяют говорить о существовании более тысячи сипов [22] (рис. 9). Одна из недавних экспедиций обнаружила на окраине Каскадии к югу от пролива Хуан-де-Фука и к северу от мыса Мендосино (штат Калифорния) (Bell et al., 2017) сотни участков с пузырьковыми факелами. Факелы, как одиночные, так и групповые, концентрируются в верховьях каньонов. Большинство факелов расположены на глубинах до 250 м, но отдельные самые глубокие находятся на глубинах до 2000 м. Были изучены каньоны Беркли, район разлома Нутка, пролив Хекате, континентальный склон у п-ова Брукс. Высказывается мнение, что возможно открытие еще десятков очагов факелов только в канадской части Тихого океана. Очень часто многие факелы локализованы около глубин 500–600 м.

Многочисленные газовые факелы развиты в других районах у берегов США и в тропической зоне Центральной Америки.

Известны факелы метана и в водах близ некоторых других тихоокеанских берегов Южной Америки.

В литературе упоминаются метановые сипы у берегов Новой Зеландии и Антарктиды.

Интересные данные по дегазации дна получены в последние годы на Байкале. Публикаций на эту тему много, в частности, по газогидратам. Обобщающие данные по газовым факелам приводит М.М. Макаров [9]. По его данным, на Байкале выявлено 120 мелководных и 22 глубоководных пузырьковых выходов газа. Последние располагаются на глубинах 510–1425 м (рис. 10). Считается, что в наше время имеет место повышенная газовая активность озера. Активность некоторых крупных глубоководных сипов нерегулярна. Вероятны новые находки сипов.

Газовые сипы Каспия пока еще недостаточно изучены. Они представляют собой биом, поддерживающий несколько биологических видов.

Наиболее полно сообщество организмов, связанное с холодными сипами, изучено в Мексиканском заливе. Это результат многолетней работы многих научных коллективов. По результатам обобщения всех этих материалов [19] приводится их описание.

Холодным сипом прежде всего воспользуются бактерии. Агрегируя бактериальные маты, они метаболизируют метан и сероводород (очень частая составля-

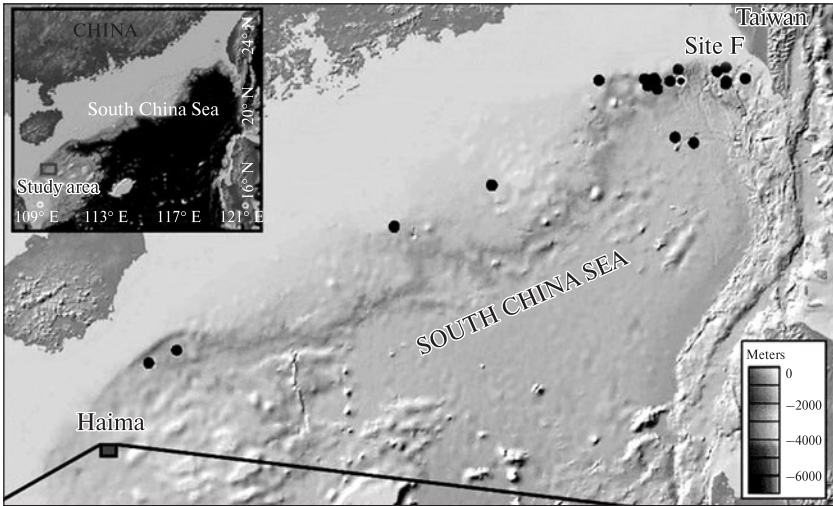


Рис. 8. Холодные сипы Южно-Китайского моря (по [18])

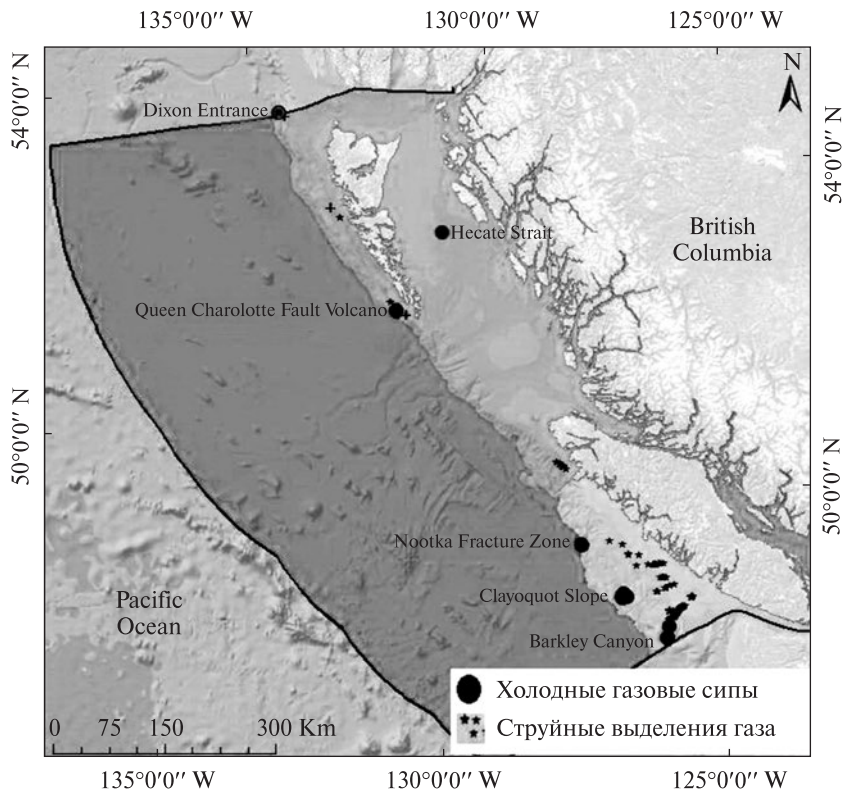


Рис. 9. Холодные сипы и струйные выделения газа на шельфе Канады (по DFO Can., 2018)

ющая газовых сипов). Процесс является обычным хемосинтезом. На этом этапе активной работы сипа, когда метана много, образуются плотные слои мидий, в основном *Bathymodiolus*. Они питаются симбиотическими бактериями. Мидии образуют своего рода циновки. Хемосинтетические двустворчатые моллюски —

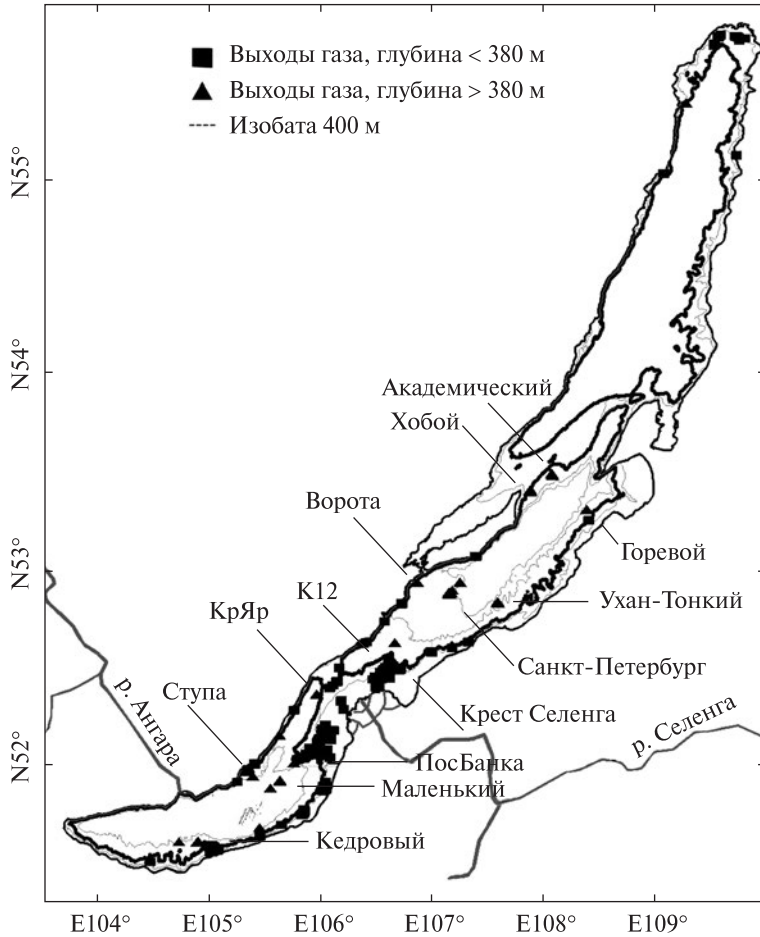


Рис. 10. Участки подводных выходов газа на о. Байкал, Россия (по [9])

важный элемент сообщества фауны холодных сипов. В Мексиканском заливе они представлены пятью семействами Soleyidae, Lucinidae, Vesicomidae, Thyasiridae, Mytilidae.

Микробы активно производят карбонат кальция, который откладывается на морском дне, цементируя разнородный материал. В течение десятилетий эти породы привлекают сообщество беспозвоночных морских организмов, которые оседают и растут вместе с моллюсками. Как и мидии, трубчатые черви выживают за счет хемосинтетических бактерий, которые потребляют сероводород вместо метана. Сульфид не только поступает из воды, но и добывается из субстрата через обширную «корневую» систему, которую «куст» трубчатых червей устанавливает в субстрат. Пока в отложениях присутствуют сульфиды, трубчатые черви сохраняются. Особи одного вида трубчатых червей живут в таких условиях более 250 лет. Попадаются в этих постройках раковины улиток и некоторых других моллюсков. Глубины обитания таких сообществ — континентальный склон до 550 м.

Карбонатные образования сложены водным карбонатом кальция — глендонитом. У нас это название минерала не принято, возможно аналог этого минерала именуется просто гидрокальцитом.

Наиболее плотные скопления хемосинтетических моллюсков и червей обнаружены в Мексиканском заливе на глубине 500 м в месте высачивания газов в блоке Грин Каньон и названы Буш-Хил. Это небольшой холм высотой 4 м над дном.

В общем, аналогичные сообщества с теми или иными региональными различиями установлены во многих других районах развития холодных сипов. Они зафиксированы в матах развития сипов в Атлантике, в Тихом океане близ Японии, в Южно-Китайском море, вокруг Новой Зеландии и т.д.

Черное море — водоем с сероводородным заражением водной массы глубже 200 м. Поэтому варианты этой схемы развития биологических сообществ вокруг факелов возможны лишь в мелководном море — в пределах шельфа. В глубоководных районах Черного моря фиксируется только деятельность бактерий.

Особой ветвью газовых сипов являются, очевидно, сипы Охотского моря, выбрасывающие барий и образующие скопления барита. Биологический механизм их образования специально не изучался.

В литературе очень часто обсуждается вопрос о связи газогидратов метана и холодных сипов. Считается, что глобальное потепление либо незакономерное изменение климата приводят к разложению газогидратов и возникновению газовых факелов. Применительно к Черному морю нам представляется несколько иная картина. По периферии Черного моря газовые факелы довольно многочисленны, в центральной части моря отсутствуют. Скорее всего, наблюдается своего рода зональность в развитии факелов. Связь с разложением газогидратов можно допускать только для той части сипов, которая развивается на границе устойчивости газогидратов, где-то на глубинах 600—650 м.

Обобщение материалов по холодным сипам позволяет сделать некоторые выводы:

- Холодные сипы широко распространены в Мировом океане.
- На дне океана сипы чаще всего локализованы на внешнем шельфе и верхах континентального склона. Выходы газов на больших глубинах обычно обусловлены крупными тектоническими нарушениями.
- Холодные сипы очень часто связаны с разложением газогидратов метана.
- По своему составу сипы преимущественно метановые, иногда метаново-углекислосероводородные. В Охотском море описаны метановые сипы, обогащенные барием. Они создают скопления барита.
- Холодные сипы порождают своеобразные сообщества организмов. В хорошо изученном Мексиканском заливе определены бактерии, моллюски, трубчатые черви. Бактерии выделяют карбонат кальция, цементирующий все органические осадки.
- Результатом усвоения бактериями метана являются карбонатные новообразования, в большинстве случаев обрамляющие выходы газов и создающие своего рода причудливые жерла.
- По своему происхождению метан сипов является как биохимическим, так и термогенным образованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахова Н.В., Липкина М.И., Мельниченко Ю.И. Гидротермальная баритовая минерализация во впадине Дерюгина Охотского моря. *Докл. АН СССР*. 1987. Т. 295. № 1. С. 212—215.

2. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В., Воробьев В.Е., Замшин В.В. Выявление газопроявлений на шельфе России по данным космической съемки. *Георесурсы, геоэнергетика, геополитика*. 2014. Вып. 1 (9). С. 1—23.
3. Опасная разгрузка. «Поиск». Москва, 2018. № 44 (1534). С. 11.
4. Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Баранов Б.В., Баринов Н.Н., Можеровский А.В., Минами Х., Хачикубо А., Соджи Х. Проявление карбонатно-баритовой минерализации в районе метановых сипов в Охотском море на западном склоне Курильской котловины. *Океанология*. 2015. Т. 55. № 3. С. 432—443.
5. Дмитриевский Ф.Р., Валяев Б.М. Углеводородная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: развитие идей П.Н. Кропоткина. Материалы конф. «Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений». Москва: ГЕОС, 2010. С. 7—10.
6. Кропоткин П.М., Валяев Б.М. Глубинные разломы и дегазация Земли. Тектоническое развитие земной коры и разломы. Москва: Наука, 1979. С. 257—267.
7. Летников Ф.А., Заечковский Н.А., Летникова А.Ф. К вопросу о геохимической специализации глубинных высокоуглеродных систем. *ДАН России*. 2010. Т. 433. № 3. С. 374—377.
8. Лукин А.Е. Флюидный литогенез — важнейшие направления литологических исследований в XXI столетии. *Геофиз. журн.* 2014. № 4. С. 27—46.
9. Макаров М.М. Пузырьковые выходы метана из донных отложений озера Байкал. Автореф. дисс... канд. геогр. наук. Иркутск, 2016. 24 с.
10. Обжиров А.И. История открытия газогидратов в Охотском море. *Подводные исследования и робототехника*. 2006. № 2. С. 72—82.
11. Ошкин И.Ю. Микробные агенты окисления метана в холодных сипах осадков северных рек. Автореф. дисс... канд. биол. наук. М., 2017. 24 с.
12. Пиковский Ю.И. Флюидные плюмы литосферы как модель нефтеобразования и нефтегазонакопления. Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений. Москва: ГЕОС, 2002. С. 254—269.
13. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згонник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли. Киев: БАДАТА-Интек сервис, 2018. 632 с.
14. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев: Логос, 2013. 383 с.
15. Antony J. Investigation Seafloors and Oceans from Mud Volcanoes to Giant Squid. Charter 6. 2017. P. 307—375.
16. Assessment of Canadian Pacific cold seeps against criteria for determining ecologically and biologically significant areas. Nanaimo, B.C.: Centre for Science Advice, Pacific Region, Fisheries and Oceans Canada. 2018. 35 p.
17. Ceramicola S., Dupre' S., Somoza L., Woodside J. Cold seep systems. In: Submarine Geomorphology. Springer, 2018. P. 367—387.
18. Guan H., Birgel D., Peckmann J., Liang Q., Feng D., Yan S., Liang J., Tao J., Wu N., Chen D. Lipid biomarker patterns of authigenic carbonates reveal fluid composition and seepage intensity at Haima cold seeps, South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2018. Vol. 168. P. 163—172.
19. Le Bris N., Arnaud-Haond S., Beaulieu S., Cordes E.E., Hilario A., Rogers A.D., van de Gaever S., Watanabe H. Hydrothermal events and cold seeps. First global integrated marine assessment. United Nations. 2016. Chapter 45. P. 1—18.
20. Myhre C.L. et al. Extensive release of methane from Arctic seabed west of Svalbard during summer 2014 does not influence the atmosphere. *Geophys. Res. Lett.* 2016. P. 43. doi:10.1002/2016GL068999.
21. Olu K., Cordes E.E., Fisher C.R., Brooks J.M., Sibuet M. & Desbruyeres D. Biogeography and Potential Exchanges Among the Atlantic Equatorial Belt Cold-Seep Faunas. PLoS ONE. 2010. 5(8): e11967.
22. Riedel M., Scherwath M., Roemer M., Paull C.K., Spence G.D., and Veloso M. Natural Gas Venting on the Northern Cascadia Margin. Abstract OS44A-09 presented at 2016 Fall Meeting, AGU, San Fran. Cal. 12—16 Dec 2016. (Accessed 28 November 2017).
23. Ruppel C., Kluesner J., Danforth W. Imaging Methane Seeps and Plumes on the U.S. Atlantic Margin. USGS, 2015. URL: <https://soundwaves.usgs.gov/2015/06/fieldwork3.html>

24. Taviani M. The Deep-sea Chemoautotroph Microbial World as Experienced by the Mediterranean Metazoans Through Time. *Lecture Notes in Earth Sciences*. 2011. 131. P. 277—295.
25. Wang P., Li Q., Li Ch.-F. *Geology of the China Seas*. Elsevier. 2014. Vol. 6. 702 p.
26. Zitter T.A.C., Henry P., Aloisi G., Delaygue G., Cagatay M.N., Mercier de Lepinay B., Al-Samir M., Fornacciari F., Tesmer M., Pekdeger A., Wallmann K., Lericolais G. Cold seeps along the main Marmara Fault in the Sea of Marmara (Turkey). *Deep Sea Research Part 1. Oceanographic Research Papers*. 2008. Vol. 55, Iss. 4. P. 552—570.

Статья поступила 12.02.2019.

Ye.F. Shnyukov, I.V. Topachevsky

WORLD OCEAN GAS SEEPS

According to the literature data, the development of gas seeps in the World Ocean is analyzed. They were found and studied in the Atlantic, Pacific and Indian oceans, in the Arctic seas and on the Baikal. The characteristics of cold seeps and their genesis are given, sources and ways of substance inflow are indicated. All of them are mainly methane, and in the Sea of Okhotsk and near California contain barium. Cold syrgups give rise to peculiar communities of organisms — bacteria, molluscs, tube worms. As a result of methane assimilation by bacteria, carbonate neoplasms are created, framing the outflows of gases.

Keywords: degassing of Earth, seeps, World Ocean.

Є.Ф. Шнюков, І.В. Топачевський

ГАЗОВІ СИПИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

За літературними даними проаналізовано розвиток газових сипів в Світовому океані. Вони знайдені і вивчені в Атлантичному, Тихому, Індійському океанах, в арктичних морях, на Байкалі. Надано характеристику холодних сипів та їх генезу, вказані джерела і шляхи надходження речовини. Всі вони переважно метанові, в Охотському морі і біля Каліфорнії містять барій. Холодні сипи породжують своєрідні співтовариства організмів — бактерій, молюсків, трубчатих черв'яків. В результаті засвоєння метану сипів бактеріями створюються карбонатні новоутворення, що оточують виходи газів.

Ключові слова: дегазація Землі, сипи, Світовий океан.