

УДК 550.84: 549.905.

ПОТОКИ МЕТАНА И ГАЗОГИДРАТЫ В ОХОТСКОМ МОРЕ

**А.И. Обжиров, Ю.А. Телегин,
А.В. Болобан**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН¹

Интерес к изучению потоков метана и газогидратов связан как с изучением теории развития геологических процессов, так и с исследованиями закономерностей их формирования. Основной целью исследований является определение источника поступления метана и геологических условий формирования газогидратов. Поиск потоков пузырей метана из донных отложений в воду и газогидратов выполняется в международных и российских экспедициях, в которых используется комплекс геологических, геофизических, газогеохимических, гидроакустических, морфоструктурных исследований. Аномальные концентрации метана в донных осадках и в водной толще, газогидраты являются индикаторами поиска нефтегазовых залежей, картирования зон разломов, играют важную роль в оценке сейсмической активности при прогнозе землетрясений, в оценке экологического изменения окружающей среды, процесса глобального изменения (потепления) климата и проектировании добычи метана из газогидратов. Обнаружено, что потоки метана и газогидраты образуются в зонах разломов, по которым метан мигрирует к поверхности из нефтегазосодержащих пород и залежей. При этом газогидрат является хорошей покрывкой и способствует формированию месторождений нефти и газа.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение распределения метана в водной толще и колонках осадков Охотского моря проводится лабораторией газогеохимии с 1984 г. Первоначально основной целью исследований было использование метана и тяжелых углеводородов как критериев прогноза нефтегазовых месторождений. В этот период сейсмическими исследованиями на шельфе Охотского моря было обнаружено несколько сотен структур, имеющих перспективный облик на поиск в них нефти и газа. Но бурением залежи углеводородов были обнаружены не на всех структурах. Почти 50% структур не содержали залежей. Тогда компания «Сахалинморнефтегаз» (г. Южно-Сахалинск) предложила лаборатории газогеохимии ТОИ ДВО РАН провести газогеохимические исследования на перспективных структурах для проверки наличия

в них углеводородов. Нами были проведены эталонные газогеохимические измерения на уже открытых месторождениях. Отбирались пробы воды на различных горизонтах и в донных осадках. Из проб извлекался газ, который анализировался на газовом хроматографе. Определялись метан, тяжелые углеводороды (C_2-C_4), CO_2 , O_2 , N_2 , He, H_2 . В результате было обнаружено, что лучшим индикатором наличия углеводородов в структуре, выделенной сейсмической съемкой МОВ ОГТ, являются поля аномальных концентраций метана и тяжелых углеводородов в придонной воде над структурами [1, 2, 3]. В последующем буровые работы показали, что структуры, где отсутствуют аномальные поля углеводородов в придонной воде, не содержат залежей углеводородов. 85% структур, где аномальные концентрации углеводородов в придонном слое воды присутство-

вали, содержали залежи углеводородов с коммерческими запасами, а 15% структур имели проявления углеводородов на некоторых горизонтах, но без коммерческих объемов запасов. После совместного рассмотрения результатов бурения и характера геохимических аномалий была выработана некоторая корректировка интерпретации газогеохимических данных, что дало возможность повысить достоверность прогноза залежей углеводородов [4, 5].

■ Методика исследований

В экспедициях по российским и международным проектам в период с 1998 по 2014 г. выполнялся комплекс геологических, геофизических, гидроакустических, газогеохимических, литологических, морфоструктурных исследований.

¹ 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43.
E-mail: obzhirov@poi.dvo.ru

Одним из приоритетных направлений было изучение источников метана, его выходов на морском дне, взаимодействие с осадочными комплексами, геологическими структурами и разломной тектоникой и образованием газогидратов. Изучался морфоструктурный тип газогидратов и процент их насыщения в осадке, определялся геохимический состав, механизм образования-разложения газогидратов, взаимосвязь формирования их и нефтегазовых залежей. Исследовались литологические, гидрохимические, гидрологические, биологические, экологические и климатические характеристики в районе потоков метана и газогидратов и выполнялся поиск новых районов их распространения.

Этот комплекс исследований позволил установить важные закономерности распределения природных газов и их аномальных полей в морях, оценить масштаб формирования и разрушения газогидратов, определить источники природных газов, которые мигрируют из глубоких горизонтов к поверхности донных осадков и участвуют в формировании газогидратов и нефтегазовых залежей, установить сейсмотектоническую активность дальневосточных морей начиная с 1988 года.

Геологические условия формирования потоков метана и газогидратов в Охотском море

Охотское море расположено в окружении региональных тектонических плит – Амурской, Евразийской, Североамериканской, Беринговской, Тихоокеанской (рис. 1). Границы между Охотской и соседними плитами сейсмотектонически активны. По ним проходят региональные зоны глубинных разломов и оперяющие их локаль-

ные разломы. Между ними формируются горсты и грабены, впадины с накоплением в кайнозойское время мощной толщи осадков (7–9 км), в которых образовались нефтегазовые залежи (рис. 2) [9].

Нефтегазодержащие осадочные слои являются основными источниками метана, который по зонам разломов мигрирует к поверхности и участвует в образовании газогидратов в условиях его стабильности, при высоком давлении и низкой температуре. Эти условия в Охотском море соблюдаются с глубины моря 386 м при температуре придонной воды +2,4°C. Важно отметить, что формирование газогидратов и нефтегазовых залежей возможно взаимосвязано. При сейсмотектонических активизациях потоки метана и других углеводородов мигрируют вверх, формируются газогидраты, которые являются хорошей покрывкой, и под ними накапливаются углеводороды. Затем происходит осадконакопление и на глубоких горизонтах, где повышается температура, газогидрат переходит в газ. Последующие активизации снова способствуют потокам углеводородов, и процесс повторяется. Это способствует формированию нефтегазовых залежей.

Сделаем некоторые пояснения. В Охотском море потоки пузырей метана из донных отложений в

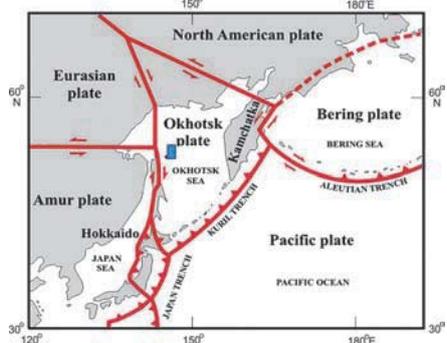


Рис. 1. Плиты вокруг Охотской плиты – Амурская, Евразийская, Североамериканская, Беринговская, Тихоокеанская

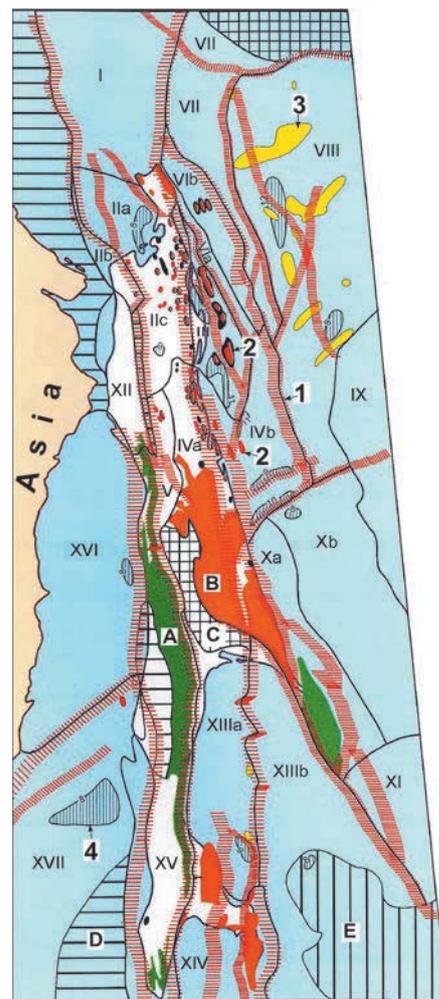


Рис. 2. Структурно-тектоническая схема Сахалина и присахалинских акваторий Охотского и Японского морей [9]. 1 – зоны разломов, 2 – месторождения нефти и газа, 3 – подводные очаги разгрузки газа, 4 – районы глубоких прогибов с возможной переработкой коры флюидо-динамическими потоками. А – позднемиоценовые комплексы, В – деформированные меловые и позднеюрские комплексы, С – блоки с малой мощностью осадочного чехла, D – малоперспективные на нефть и газ площади, E – Курильский бассейн. I-VII – нефтегазоносные (НГР) и возможно нефтегазоносные районы (ВНГР). НГР: II – Северный (а – Байкальский, б – Лангрийский, с – Охинский подрайоны); III – Одоптинско-Чайвинский; IV – Дагинский (а – Дагинско-Лунский, б – Киринский подрайоны); V – Нышкото-Тымовский; VI – Восточно-Шмидтовский (а – Восточно-Одоптинский, б – Кайгано-Васюганский подрайоны); XVII – Южно-Татарский. ВНГР: I – Северо-Шмидтовский; VII – Западно-Дерюгинский, VIII – Дерюгинский; IX – Восточно-Дерюгинский; X – Пограничный (а – Западно-Пограничный, б – Восточно-Пограничный подрайоны); XI – Южно-Пограничный; XII – Амур-Лиманский; XIII – залива Терпения (а – Стародубский, б – Владимировский подрайоны); XIV – Анивский; XV – Юго-Западный; XVI – Северо-Татарский

воду встречены на глубинах шельфа и склона, от 40 м до 2200 м и более. Они приурочены к зонам разломов, причем их количество растет в периоды сейсмотектонических активизаций. На Сахалинском восточном шельфе и склоне Охотского моря первый выход пузырей метана был открыт нами в 1988 году [1]. Затем их количество с каждым годом в этом регионе росло и к 1995 г. достигло более 80. В мае 1995 г. произошло землетрясение в Нефтегорске магнитудой около 7 баллов по шкале Рихтера. Схожие землетрясения зафиксированы в Углегорске (2001), на Хоккайдо (2003), в Невельске (2007), в Китае, на Суматре и других районах западной части Тихого океана. К 2009 году в восточной части шельфа и склона Охотского моря число выходов пузырей метана достигло 500 благодаря сейсмотектонической активизации этого региона.

То есть в морях и прибрежной зоне западного сектора Тихого океана начиная с 1988 г. и по настоящее время происходит сейсмическая активизация, что приводит к возникновению новых разломов и обновлению и активизации уже имеющихся. По ним из глубоких горизонтов нефтегазосодержащих пород к поверхности мигрируют газы (в Охотском море преимущественно метан), которые в виде пузырей выходят из донных отложений в воду и частично из воды в атмосферу. В условиях стабильности газогидратов, то есть при низкой температуре и высоком давлении, в районе потока метана в донных осадках образуются слои, прослойки, фрагменты газогидратов. Важно то, что при этом они частично перекрывают дальнейший поток метана к поверхности и под ними на границе стабильности газогидратов (подшве газогидратов) формируется газовая залежь. Обычно подошва газогидратосодержащих пород находится на глубине 200–300 м от поверхности дна в связи с ростом температуры осадков, что зависит от геотермического градиента Земли.

но метан), которые в виде пузырей выходят из донных отложений в воду и частично из воды в атмосферу. В условиях стабильности газогидратов, то есть при низкой температуре и высоком давлении, в районе потока метана в донных осадках образуются слои, прослойки, фрагменты газогидратов. Важно то, что при этом они частично перекрывают дальнейший поток метана к поверхности и под ними на границе стабильности газогидратов (подшве газогидратов) формируется газовая залежь. Обычно подошва газогидратосодержащих пород находится на глубине 200–300 м от поверхности дна в связи с ростом температуры осадков, что зависит от геотермического градиента Земли.

Закономерности формирования потоков метана и газогидратов в Охотском море

В период с 1984 по 1988 г. в придонной воде северо-восточного присахалинского шельфа и склона Охотского моря были зафиксированы фоновые концентрации метана 20–30 нл/л. Концентрации метана в придонной воде возрастали до 300–400 нл/л над месторождениями нефти и газа (рис. 3). В даль-

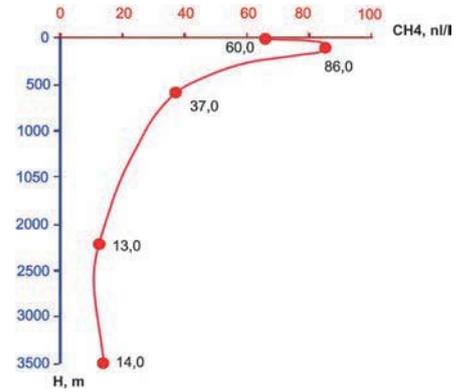


Рис. 3. Распределение фоновых концентраций метана в воде Охотского моря

нейшем изучение концентраций метана в воде и осадках, газогидратов выполнялось в российских и международных экспедициях.

В 1988 г. в процессе гидроакустических исследований на сахалинском северо-восточном склоне нами был обнаружен впервые в этом регионе выход пузырей метана из донных осадков в воду [1], который представлял собой вертикальное конусообразное тело на глубине 700 м. Высота потока составляла 300–600 м, диаметр в придонном слое 50–100 м (рис. 4). Эту информацию узнал профессор Эрвин Зюсс, директор института ГЕОМАР (геология морей) в г. Киль, Германия. Он приехал в институт ТОИ ДВО РАН, и был подписан договор о сотрудничестве между институтами в области исследований потоков пузырей метана из донных отложений в воду и газогидратов в Охотском море. С 1998 по 2004 г. проводились исследования по международному Российско-Германскому проекту КОМЕКС, благодаря которому каждый год выполнялись экспедиции в Охотском море на российском судне «Академик М.А. Лаврентьев» и в 2004 году на германском судне «ZONNE» (Солнце). После завершения этого проекта исследования потоков метана и газогидратов в Охотском и Японском морях были продолжены по российско-

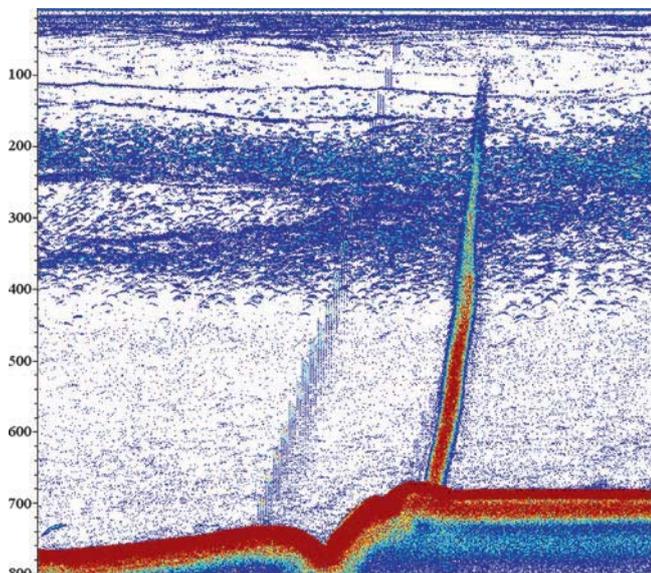


Рис. 4. Субвертикальное тело, записанное гидроакустической эхолокацией в рейсе № 56, 2011 г., на глубине моря 700 м в районе открытия первого потока пузырей метана из донных отложений в воду на сахалинском северо-восточном склоне Охотского моря, который был назван «Факел Обжирова». Высота потока пузырей метана составляет 600 м (запись сделана А.С. Саломатиным)

японско-корейским международным проектам ХАОС (2003–2006) и САХАЛИН (2007–2012–2017).

В районе обнаруженного потока метана донные осадки были насыщены метаном, и керн распадался на кусочки. В 1991 году в другой экспедиции в районе этого потока метана в донных осадках были обнаружены газогидраты. Они находились в керне и во время экспедиции 1988 г., но керн осадка содержался долго в геологической трубке и газогидрат при атмосферном давлении и температуре в лаборатории разложился и превратился снова в метан, разрушив при этом керн. Газогидрат образуется при наличии достаточного количества метана, который в воде при высоком давлении и низкой температуре внедряется между молекулами воды и образует твердое тело, похожее на лед, насыщенный снегом. В 1 см³ газогидрата содержится около 160 см³ метана. При повышении температуры и (или) уменьшении давления газогидрат разрушается с выделением большого количества метана. В Охотском море газогидрат образуется в донных осадках на минимальной глубине моря около 400 м, так как температура придонной воды составляет +2,4°C. При температуре 0°C газогидрат образуется в донных осадках при давлении 30 атм., то есть при минимальной глубине моря 300 м.

После 1988 г. на восточном шельфе Сахалина в придонной воде концентрации метана резко увеличились: фоновые его концентрации повысились до 70–80 нл/л, а аномальные возросли до 10000 нл/л (рис. 5). Эти резкие изменения концентраций метана в водных колонках связаны с сейсмотектонической активизацией присахалинской зоны Охотского моря, раскрытием зон разломов и потоками метана по ним из нефтегазодержащих слоев глубо-

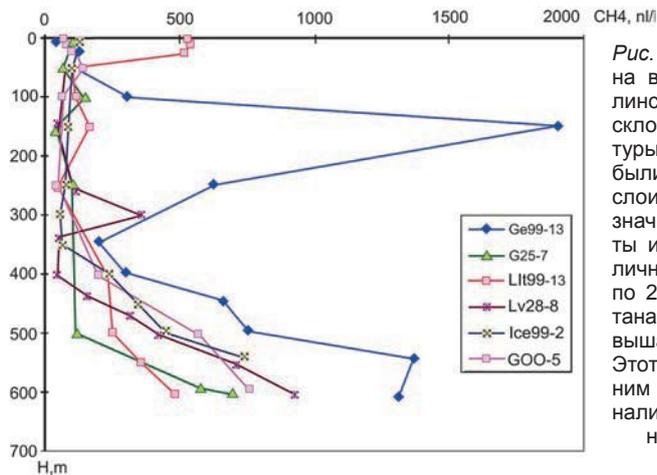


Рис. 5. Распределение метана в водных колонках сахалинского северо-восточного склона в районе одной структуры (Факел Обжирова), где были обнаружены первые слои газогидратов. Разными значками показаны результаты измерений метана в различных экспедициях с 1998 по 2005 г. Концентрации метана в придонной воде превышают фон в 10–100 раз. Этот параметр является одним из поисковых признаков наличия полей газогидратов и нефтегазовых залежей

ких горизонтов осадочных пород. На графике отражена аномалия метана в промежуточном слое на горизонте 150 м. Этот показатель характеризует наличие выхода метана на шельфе из нефтегазовой залежи. Слой более холодной воды с высоким содержанием метана с шельфа внедряется в колонку воды на склоне. Изменения концентраций метана в колонках воды в разрезе от шельфа к склону в этом районе сахалинского северо-восточного шельфа и склона Охотского моря представлены на рис. 6.

Благодаря сейсмотектонической активизации восточного сахалинского шельфа и склона Охотского моря с 1988 г. по настоящее время [3] здесь обнаружено более 500 потоков метана и 17 площадей, где отобраны газогидраты. В результате исследований была

установлена важная закономерность – прослежена взаимосвязь между нефтегазовыми залежами и газогидратами. Газогидраты консервируют углеводородный поток в верхних слоях донных осадков и препятствуют миграции углеводородов в воду и атмосферу, являясь хорошей покрывкой. В фоновых полях концентрация метана в донных осадках Охотского моря обычно не превышает 0,001–0,002 мл/л в верхнем горизонте 0–200 см ниже поверхности дна. С увеличением глубины, начиная с 200 см и глубже (300–400 см), концентрация метана постепенно увеличивается в 10 раз. Этот процесс образования метана связан с деятельностью метанобразующих бактерий. Но если существует подток метана из нижних метаносодержащих горизонтов в районе залежей углеводородов,

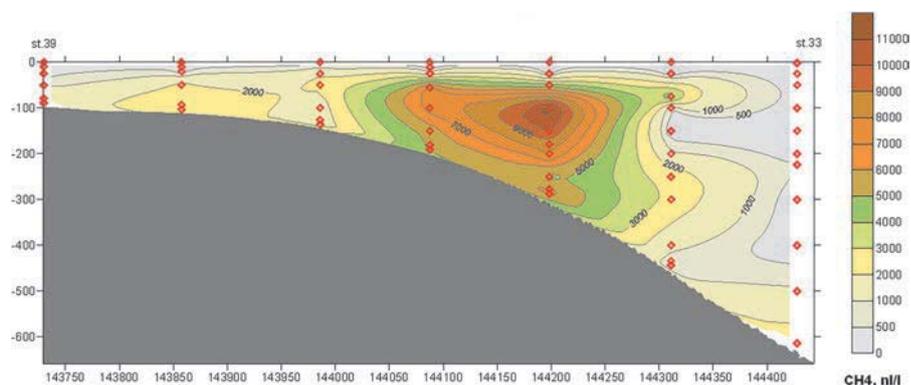


Рис. 6. Распределение метана в водных колонках по профилю станций 33–39 в районе сахалинского северо-восточного шельфа и склона Охотского моря. Рейс № 56, 2011. (Разрез составлен О.Ф. Верещагиной)



Рис. 7. На столе карбонатные конкреции. Бентос и газогидраты обнаружены в районе выходов пузырей метана и газогидратов. (Конкреции собраны А.Н. Деркачевым)



Рис. 8. Раковины бентоса (калпиптогены)

то эта закономерность нарушается. Независимо от интервала поддонной глубины донного осадка концентрация метана может достигать 100–500 мл/л, и в осадке образуется газогидрат в зоне его стабильности, то есть при высоком давлении и низкой температуре.

За время исследований с 1988 по 2014 г. на восточном сахалинском шельфе и склоне Охотского моря было обнаружено более 500 потоков пузырей метана из донных осадков в воду, достигающих иногда атмосферы, и 17 площадей с газогидратами в верхних слоях донных осадков. В донных осадках, где были подняты газогидраты, присутствовали карбонатные конкреции (рис. 7) и ракушки (рис. 8). На эхограммах в районе

потоков пузырьков газа (метана) и газогидратов зафиксированы морфоструктуры, образованные нарушением поверхности дна потоками газа и внедрением в осадочные слои газогидратов (рис. 9).

На рисунке в центре расположена структура, образованная потоком метана, в которой поток в настоящее время перекрыт, возможно, карбонатной коркой и газогидратом. Поток переместился вправо, в зону разлома. Газогидраты представлены слоями 1–10 см толщиной и фрагментами около 5–10 см в диаметре (рис. 10). Но впервые в этом районе обнаружен слой сплошного газогидрата толщиной 34 см (рис. 11). Кроме видимых слоев или фрагментов газогидрата на южной структуре

сахалинского восточного склона в керне донных осадков на станции LV56-31 были обнаружены микрокристаллы газогидратов, которые нами были названы нанокристаллами (рис. 12). В этом районе наблюдался загазованный участок



Рис. 10. Слои газогидрата (белые) в донных осадках (серые)

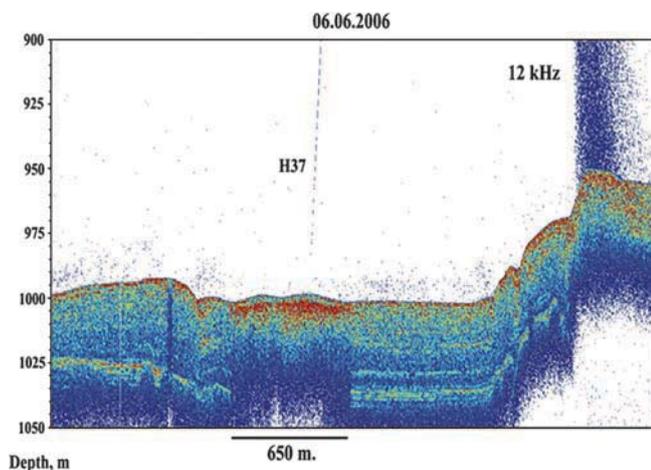


Рис. 9. Гидроакустическая запись структуры в донных осадках на сахалинском северо-восточном склоне Охотского моря в районе выходов пузырей метана из донных осадков в воду и газогидратов. (Запись сделана А.С. Саломатиным)



Рис. 11. Слой газогидрата (белый цвет) мощностью 34 см. Сахалинский северо-восточный склон Охотского моря (рейс LV36, станция LV39Н, 2005 г.). Отбором осадков и газогидратов руководил А.Н. Деркачев



Рис. 12. Хитоши Соджи – координатор экспедиции с японской стороны – слушает, как трескаются разрушающиеся микрокристаллы газогидратов в донных осадках в керне станции LV56-31. Им дано название нанокристаллы. А.Н. Деркачев, Н.А. Николаева, Б.В. Баранов наблюдают за Хитоши. Охотское море, рейс № 56, 2011 г.

донных осадков. Микрокристаллы газогидратов в лабораторных условиях с треском разрушались, превращаясь в микропузыри метана и воду.

При подъеме геологических трубок с керном донных осадков, в которых присутствовали газогидраты, и достижения ими глубины около 200 м от поверхности на эхограмме появилась запись выделения пузырей газа из трубок. Особенно интенсивно газ выделяется из геологической трубки при приближении к поверхности воды (рис. 13).

Поверхность дна в районе обнаружения газогидратов согласно записи комплексов „Sonic-3“ и „Sonic-4“ [8] представлена окру-

жными структурами диаметром 300–700 м, в которых распространены многочисленные мелкие ямки и бугры. Они образованы, вероятно, газофлюидными потоками, поднимающимися из глубоких слоев осадочного чехла и, возможно, фундамента. Эти процессы схожи с процессами грязевулканической деятельности как на морском дне, так и на суше (рис. 14).

Основное количество потоков метана и газогидратсодержащих структур было обнаружено на северном и южном участках сахалинского склона впадины Дерюгина Охотского моря. На этих участках было обнаружено 15 площадей с газогидратами и более 400 потоков метана и метановых аномалий (рис. 15).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате извлечения газа из керна осадков и из воды и его анализа на хроматографе получены следующие результаты.

Обнаружена аномальная концентрация метана в керне донных осадков, которые были отобраны в районе потока пузырей метана. Концентрация метана в них достигала 166 мл/л. Эта концентрация превышает фон в 10000 раз. Кроме метана в газе в небольших



Рис. 13. Выделение метана из геологической трубки, содержащий керн донных осадков с газогидратами. При подъеме трубки с керном, содержащим газогидрат, и при достижении глубины около 200 м в связи с уменьшением давления газогидрат разрушается, и при подъеме к поверхности из трубки высвобождается метан в виде потока пузырей

количества присутствовали этан, пропан и углекислый газ.

На станции LV56-03 в донных осадках на глубине около 2 м от дна были обнаружены слои газогидратов. Мощность газогидратсодержащей толщи составляла почти 1 м. Мощность слоев газогидратов была от 0,5 до 2,0 см. Общее количество газогидратов в толще не превышало 20%. Состав газа газогидратов (по данным экспедиции 2010 г., рейс LV-50) следующий: $\text{CH}_4 = 94,9\%$, $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,0046\%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,00015\%$ и $\text{CO}_2 = 0,145\%$.

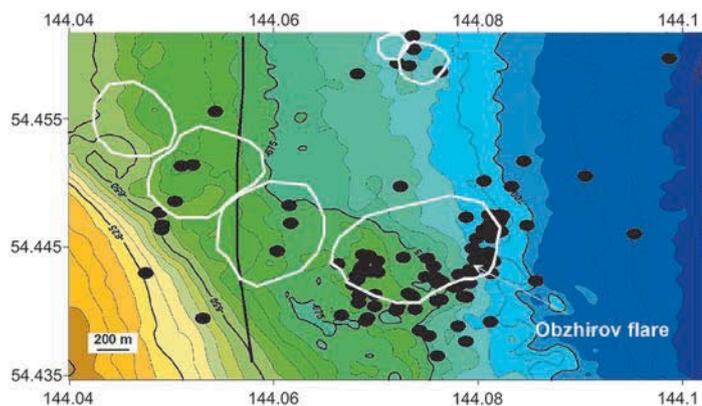


Рис. 14. Выходы потоков метана из донных отложений в воду на сахалинском северо-восточном склоне (слева, черные точки) и нарушение донных осадков в районе выходов пузырей метана из донных отложений в воду (справа, светлые округлые фигуры). Зафиксировано в результате сонарной съемки

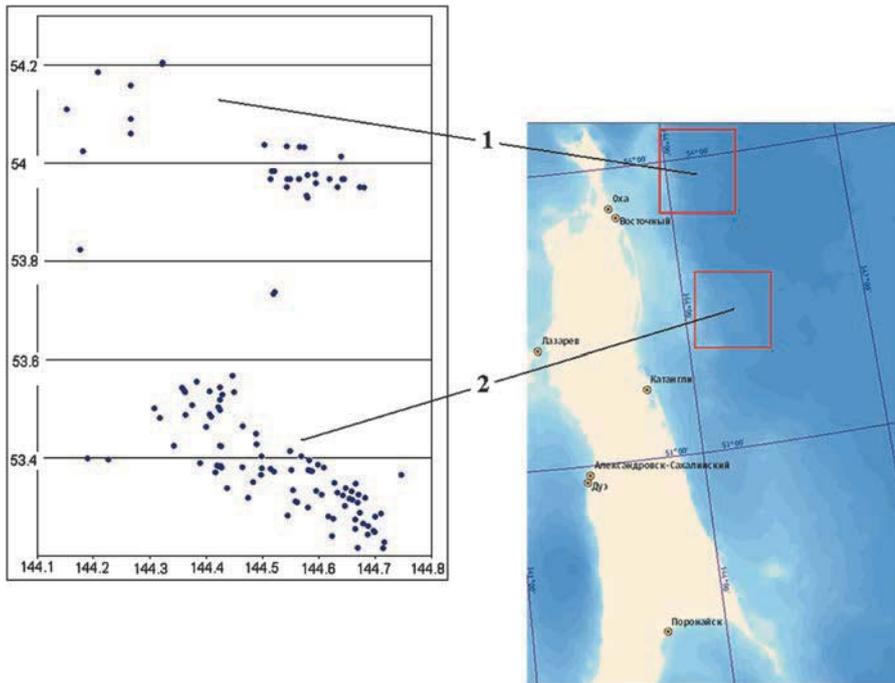


Рис. 15. Схема распределения обнаруженных потоков пузырей метана из донных отложений в воду и частично в атмосферу. Слева: синие точки – потоки метана, справа – квадрат вверх– северная, квадрат ниже – южная площади с газогидратами и потоками метана на сахалинском склоне Охотского моря

В придонном слое воды в районе потоков пузырей метана концентрация метана достигала 1600–5000 нл/л, что превышает фон в 100 раз и более. При приближении к поверхности концентрация метана в воде снижалась почти до фоновой (60 нл/л) и на поверхности она увеличивалась до 120–150 нл/л. В районе исследований на южной структуре был обнаружен гидрологический феномен. На глубине 150–300 м присутствовал промежуточный слой

воды с очень низкой температурой – 0.5°C– -1.8°C и очень высокой аномалией метана. Концентрация метана в этом слое достигала 10000 нл/л, что выше фона в 1000 раз.

Природные газогидраты приобрели широкую известность в настоящее время в связи с их некоторыми особенностями:

- 1) они являются мощными аккумуляторами газа (метана);
- 2) слои газогидратов играют роль хорошего экрана (покрыш-

ки), который задерживает миграцию метана к поверхности;

3) при разрушении газогидрата выделяется большое количество метана;

4) в районе газогидрата нарушается поверхность морского дна;

5) в районе распространения газогидратов в донных осадках морей формируются оазисы биологической жизни с ростом бентоса, появлением крабов и рыбы;

6) процессы формирования и разрушения газогидрата, возможно, участвуют в циклах глобального потепления и похолодания климата;

7) обнаружена важная закономерность: формирование газогидратов и нефтегазовых залежей взаимосвязано. То есть газогидраты участвуют в накоплении углеводородов и за определенное геологическое время создают условия образования залежей нефти и газа;

8) метан газогидрата можно использовать как энергетическое или химическое сырье.

В заключение авторы благодарят всех участников экспедиций – экипажи и научных сотрудников. Представленный материал – это результат исследований коллектива (рис. 16). На рис. 17 представлено горение метана, выделяющегося из газогидрата при его разложении в лаборатории.

Работа поддержана грантами РФФИ № 15-05-06638А и программы «Дальний Восток» № 15-1-1-017.



Рис. 16. Участники 67-го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев», 17 июня – 3 июля 2014 г.



Рис. 17. Горит метан, который выделяется из газогидратов в атмосферных условиях. Газогидраты являются альтернативным энергетическим и (или) химическим сырьем

ЛИТЕРАТУРА

1. Обжиров А.И. Казанский Б.А., Мельниченко Ю.И. Эффект звуко рассеивания придонной воды в краевых частях Охотского моря // Тихоокеанская геология. 1989. №2. С. 119–121
2. Обжиров А.И. Газогеохимические поля придонного слоя морей и океанов. М.: Наука, 1993. 139 с.
3. Обжиров А.И., Соснин В.А., Салюк А.Н. и др. Мониторинг метана в Охотском море. Владивосток: Дальнаука, 2002. 250 с.
4. Obzhirov A., Shakirov R., Salyuk A., Suess E., Biebow N., Salomatin A. Relations between methane venting, geological structure and seismo-tectonics in the Okhotsk Sea // Geo-Marine Letters. 2004. Vol. 24, N. 3. P. 135–139.
5. Газогидроакустический комплекс для оценки сейсмотектонической активизации: Пат. 78333 С1 Российская Федерация / А.И. Обжиров, А.С. Саломатин, В.И. Юсупов. № 3.2008126617; заявл. 30.06.2008; опубл. 2008.11.20, Бюл. № 32.
6. Технологический комплекс для разработки газогидратных залежей в открытом море: Пат.2386015 С1 Российская Федерация / А.И. Обжиров, А.А. Тагильцев. № 3.2008149316; заявл. 15.12.2008; опубл. 2010.04.10, Бюл. № 10.
7. Способ прогноза залежей углеводородов: Пат.2359290 С1 Российская Федерация / А.И. Обжиров. № 3.2007143249; заявл. 15.11.2007; опубл. 2009.06.20, Бюл. № 17.
8. Operation Report of Sakhalin Slope Gas Hydrate Project 2009. R/V "Akademik M.A. Lavrentyev". Cruise 47 / Shoji H., Jin Y.K., Obzhirov A., Varanov B. 2010. 123 ps.
9. Харакинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М: Научный мир, 2010. 276 с.
10. Газогеофизический комплекс для обнаружения подводных выходов газогидратов: Пат. № 70377 У1 Российская Федерация / В.И. Юсупов, А.С. Саломатин, А.И. Обжиров. № 2007135497; заявл. 24.09.2007; опубл. 20.01.2008, Бюл. № 2.

УДК 629.127.4

ОЦЕНКА ФОКУСИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СПЕЦИФИЧЕСКОГО РЕЛЬЕФА ДНА МЕЛКОГО МОРЯ ПУТЕМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

**Н.Л. Халаев,
П.А. Стародубцев,
А.П. Шевченко**

Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова¹

Актуальность темы научной статьи определяется необходимостью теоретического и экспериментального обоснования наиболее рационального размещения стационарных средств акустического мониторинга водной среды в местах добычи морепродуктов, разработок шельфовой зоны, базирования кораблей и судов Министерства обороны и Министерства транспорта РФ.

Цель работы заключалась в анализе возможностей применения метода Кирхгофа–Гельмгольца для оценки фокусирующих свойств отдельных районов шельфовой зоны мелкого моря путем проведения измерений величины сигнала в ближней зоне. Материал статьи составлен по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в лабораторных и натуральных условиях профессорско-преподавательским составом кафедры физики и общетехнических дисциплин ТОВВМУ им. С.О. Макарова в северо-восточной части залива Петра Великого (Японское море) в 2013 г.

Полученные результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования метода Кирхгофа–Гельмгольца для оценки фокусирующих свойств рельефа дна мелкого моря со специфическим рельефом и выбора мест установки стационарных средств гидроакустического мониторинга.

ВВЕДЕНИЕ

Существенное изменение геополитических и военных интересов иностранных государств к экономической зоне Российской Федерации требует от ее силовых структур наращивания системы освещения подводной обстановки, и в первую очередь – в шельфовой зоне.

Как показывает проведенный анализ, система контроля

подводной обстановки должна предусматривать развитие стационарных средств не просто наблюдения, а непрерывного измерения параметров среды, сравнения их с имеющимися базами данных и выработки решений по ее изменению или совершенствованию.

Постоянно действующая система мониторинга предполагает

¹ 690062, Владивосток, Камский пер., 6. Тел.: (423) 236-09-47. E-mail: vunc-vmf-tovmi@mil.ru

