ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2021, том 500, № 1, с. 70–76

ОКЕАНОЛОГИЯ

УДК 551.345+553.981

МЕРЗЛОТА, ГАЗОГИДРАТЫ И СИПЫ ГАЗА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

© 2021 г. Член-корреспондент РАН В. И. Богоявленский[1,*], А. В. Кишанков[1], А. Г. Казанин[2]

Поступило 21.05.2021 г.
После доработки 10.06.2021 г.
Принято к публикации 11.06.2021 г.

Целью исследований является анализ причин интенсивной эмиссии газа в центральной части моря Лаптевых. Исследованы волновые поля сейсморазведки АО "Морская арктическая геологоразведочная экспедиция" по 28 профилям суммарной протяженностью 5930 км. Выявлены зоны существования преломленных волн от высокоскоростных горизонтов, отождествляемых с мерзлым состоянием осадочных отложений и возможным наличием газовых гидратов. Впервые для региона построена картографическая схема изменения скоростей распространения преломленных волн и физического состояния придонных отложений (мерзлое или талое). Доказано отсутствие мерзлоты и газогидратов в районе интенсивной эмиссии газа и обоснованы его глубинный генезис и миграция по тектоническим разломам.

Ключевые слова: дегазация Земли, море Лаптевых, тектонические разломы, субаквальная мерзлота, сипы газа, газогидраты, сейсморазведка МОГТ, преломленные волны

DOI: 10.31857/S2686739721090048

ВВЕДЕНИЕ

В северной части мелководного шельфа моря Лаптевых в 2008–2011 гг. была обнаружена и закартирована крупная (80 × 200 км) Центрально-Лаптевская зона сипов газа (ЦЛЗСГ), ставшая одним из основных объектов исследований ряда экспедиций (рис. 1) [1, 5, 6, 9–11, 16, 17, 19]. ЦЛЗСГ отличается от большинства других зон интенсивных выходов газа (включая континентальный склон у побережья Шпицбергена) небольшими глубинами дна (50–120 м). В региональном плане восточная часть ЦЛЗСГ приурочена к зоне контакта Евразийской и Северо-Американской плит [8]. На локальном уровне ЦЛЗСГ находится в зоне сочленения Лаптевоморской рифтовой системы с Хатангско-Ломоносовской зоной разломов и юго-восточным окончанием хребта Гаккеля, представляющего собой протяженную (до 1800 км) зону медленного спрединга (до 12.8 мм в год) [8]. По данным сейсморазведки АО "Морская арктическая геологоразведочная экспедиция" (МАГЭ) район сипов газа обладает высоким нефтегазогенерационным потенциалом, что связано с мощной (до 14–16 км) осадочной толщей ([5, 10] и др.).

По мнению многих исследователей ([1, 4, 5, 9–17] и др.), в Арктике происходит эмиссия газа (преимущественно метана) вследствие деградации многолетнемерзлых пород (ММП) как на суше, так и на мелководном дне – бывшей суше, затопленной при потеплении климата в процессе постледниковой трансгрессии, начавшейся около 15 тыс. лет назад. При этом эмиссия газа происходит из залежей в свободном и/или гидратном состояниях. На мелководье шельфа значительная часть газа не успевает раствориться в водной толще из-за небольшой глубины дна, уходит в атмосферу и усиливает парниковый эффект. В частности, эти процессы были отнесены к ЦЛЗСГ [9, 16, 17].

В связи с большой значимостью процессов дегазации Земли [1, 3–7, 9–17, 19] авторы провели ряд исследований [3–5, 11, 12], включая анализ временных разрезов методом общей глубинной точки (МОГТ) МАГЭ в Центрально-Лаптевском районе в объеме 5930 км, расположенных на площади около 55 тыс. км^2 (см. рис. 1) [4, 5, 11]. В результате были доказаны высокое газонасыщение придонных отложений (обнаружено 519 аномальных объектов с шагом 11.4 км) и приуроченность сипов газа к зонам разломов [5]. В частности, на рис. 2 показано положение группы сипов (CDP 1000 и 1650–1830) относительно сейсмопрофиля

[1]*Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия*
[2]*АО "Морская арктическая геологоразведочная экспедиция", Мурманск, Россия*
*****E-mail: vib@pgc.su*

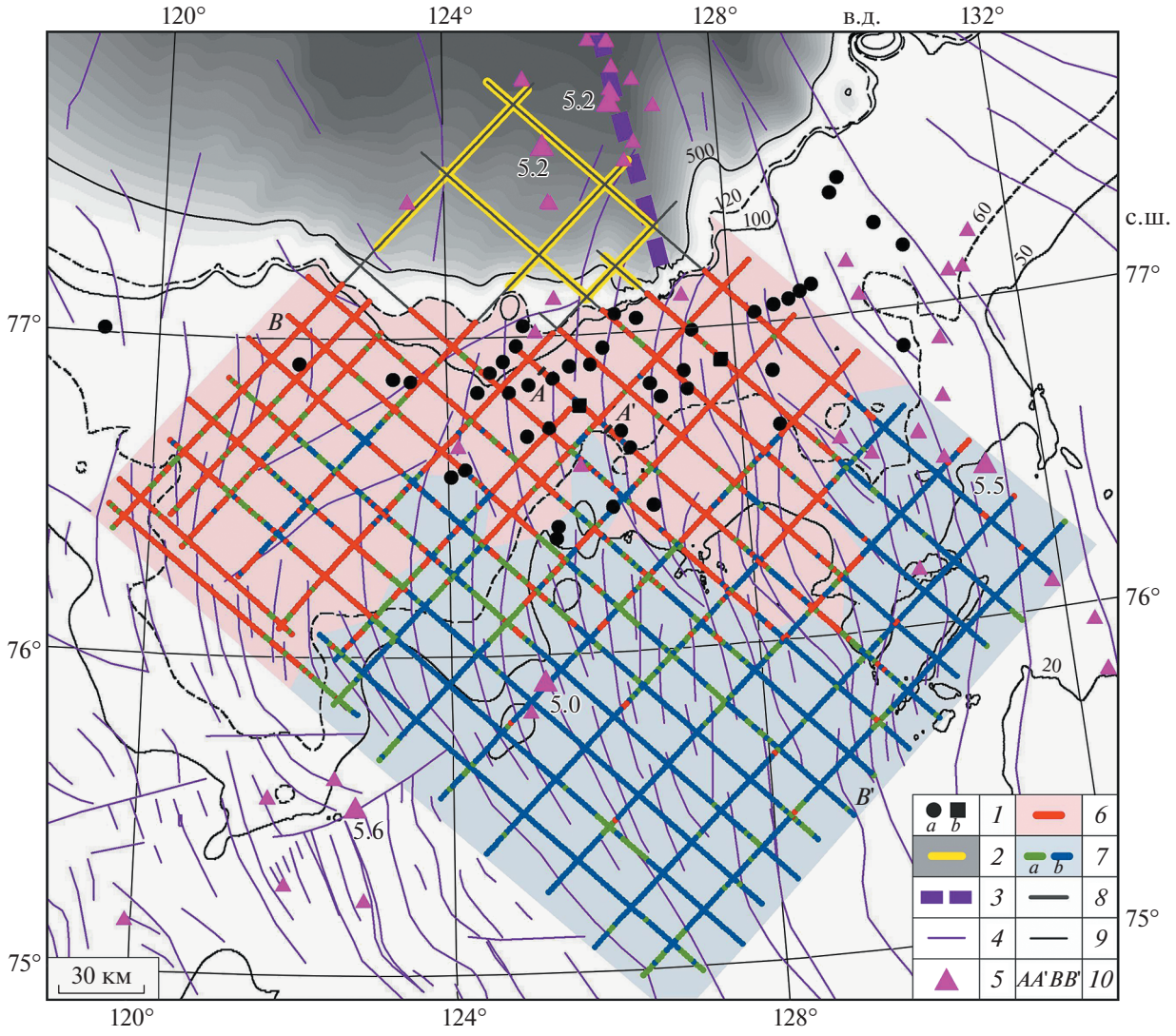

Рис. 1. Расположение сипов газа и результаты анализа состояния придонных отложений в Центрально-Лаптевском районе. Обозначения: *1a*, *1b* – сипы газа (*b* – участки с высокой концентрацией сипов); *2* – признаки наличия газогидратов на континентальном склоне (горизонт BSR); *3* – ось хребта Гаккеля; *4* – глубинные разломы; *5* – землетрясения (в том числе с указанной магнитудой более 5.0); *6* – отсутствие преломленных волн или их скорости менее 2.3 км/с; *7* – преломленные волны с кажущимися скоростями 2.3–2.8 км/с (*a*) и 2.8–4.0 км/с (*b*); *8* – участки сейсмопрофилей на глубинах свыше 120 м; *9* – изобаты; *10* – положение разрезов АА' (рис. 2) и ВВ' (рис. 3).

LS0910. При этом отметим, что сипы снесены от линии профиля на 0.4–2.3 км [5]. Временно́й разрез рис. 2 характеризуется сильной дислоцированностью и низким спектром регистрируемых колебаний на участке около 12 км (CDP 1300–1750), что, вероятно, связано с сильной газонасыщенностью разреза.

На рис. 1 показано потенциальное распространение газогидратов (ГГ) на континентальном склоне по выделенному на 6 временных разрезах горизонту BSR (Bottom simulating reflector) [4, 5]. Данный район характеризуется благоприятными современными термобарическими условиями для образования и существования ГГ [12].

В итоге исследований [5] авторы пришли к высоковероятному прогнозу, что в ЦЛЗСГ ММП и ГГ отсутствуют. Для подтверждения данного прогноза поставлена задача проанализировать волновые поля исходных сейсмограмм ОПВ (общий пункт взрыва) по всей сети сейсмопрофилей (см. рис. 1).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Основным методом исследований является анализ волновых полей сейсмограмм ОПВ. Физическая суть анализа заключается в выявлении в

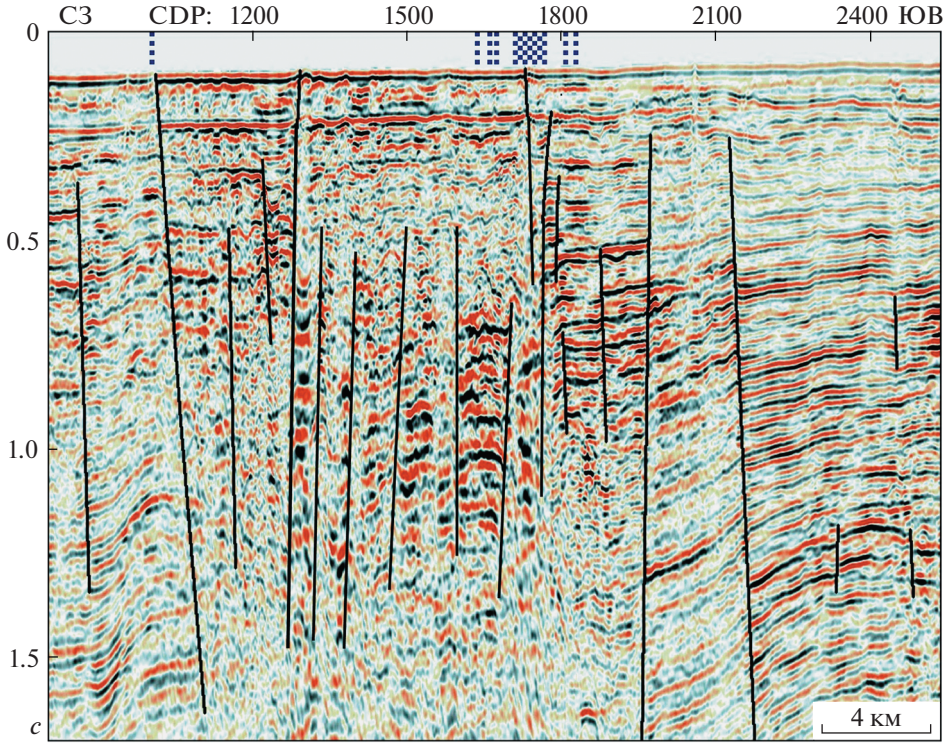

Рис. 2. Фрагмент временно́го разреза по сейсмопрофилю LS0910 с сипами газа (AA' на рис. 1).

придонных отложениях (глубины до 400–500 м) неоднородностей с повышенными скоростями распространения упругих колебаний, характерных для пород в мерзлом состоянии, а также содержащих залежи ГГ (свыше 2.3 км/с [13]).

Наиболее надежно пласты с повышенными скоростями могут быть обнаружены и исследованы по записям преломленных волн, обычно регистрируемым в первых вступлениях сейсмограмм ОПВ [2]. При аппроксимации среды горизонтально-слоистой моделью кажущиеся скорости, определяемые по годографам (осям синфазности) преломленных волн, равны граничной (пластовой) скорости в преломляющем горизонте. Это также справедливо и при небольших углах наклона границы раздела (до 1–1.5°) [13]. Данный подход был реализован ранее специалистами Геологической службы США (USGS) для северного шельфа Аляски в море Бофорта при анализе архивных сейсмопрофилей МОГТ 1977–1992 гг. в объеме около 5000 км [13].

Авторы проанализировали исходные материалы сейсморазведки 2009 г. в центральной части моря Лаптевых по всей сети из 28 сейсмопрофилей МАГЭ (см. рис. 1) [5]. Сейсмосъемка характеризуется параметрами: расстояния между профилями от 15 до 25 км; длина сейсмокосы Sercel SEAL Sentinel Solid – 8100 м; количество каналов регистрации – 648; шаг между каналами – 12.5 м; удаление первого регистрирующего канала (вынос) – 120 и 130 м; шаг между пунктами взрыва – 37.5 м; кратность наблюдений – 120. Расчеты скоростей выполнены с применением программного обеспечения (ПО) RadExPro (компании “Деко-геофизика”), а картографические построения – в ПО ArcGIS (“ESRI”).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе по полевым материалам анализировался характер волновых полей. При этом делались выборки из всей совокупности сейсмограмм ОПВ заданных каналов (30, 50, 70 и т.д.) и строились их монтажи с фрагментами сейсмограмм ОПВ. На рис. 3А приведен пример монтажа записей 50-го канала по сейсмопрофилю LS0907 длиной 265 км (см. рис. 1 BB') с частями двух крайних сейсмограмм ОПВ (каналы 1–50, база 612.5 м), приведенными на рис. 3В и 3С.

На рис. 3В в первых вступлениях зарегистрированы прямые волны (DW), распространяющиеся в водной толще (скорость около 1.5 км/с), а преломленные волны отсутствуют. На рис. 3С видны две интерферирующие преломленные волны RW_1 и RW_2 с кажущимися скоростями 2.4 и 3.2 км/с. Наиболее вероятно, они образовались от поверхностей двух слоев в ММП, между которыми возможны криопэги [3], при этом нижний слой имеет акустическую жесткость выше, чем верхний. При расчетах скоростей отдавалось

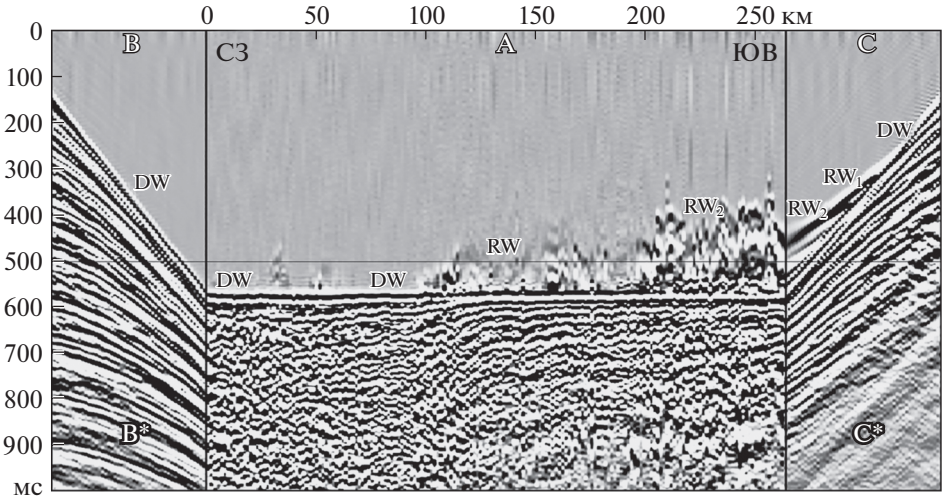

Рис. 3. Монтаж записей 50-го канала (А) сейсмопрофиля LS0907 (ВВ' на рис. 1) с двумя крайними сейсмограммами ОПВ (В и С).

предпочтение более высокоскоростным волнам. С учетом выноса первого канала преломленные волны прослеживались на разных удалениях каналов регистрации: минимально – до 30–50 каналов (до 505–755 м), а максимально – до 100–150 каналов (до 1380–2005 м). На больших удалениях они не наблюдались из-за поглощающего воздействия среды.

На втором этапе по осям синфазности преломленных волн осуществлялся анализ кажущихся скоростей в ПО RadExPro с шагом по профилю 1500 м (каждая 40-я сейсмограмма ОПВ). Всего в ходе работы проанализировано 3950 сейсмограмм, при этом всем значениям скоростей были присвоены координаты середин интервалов регистрации записей преломленных волн для использования в единой геоинформационной системе "Арктика и Мировой океан" (ГИС "АМО" [3, 4, 12 и др.]).

Минимальным значением скорости распространения преломленных волн в ММП было принято 2.3 км/с, а для разделения ММП на более и менее стабильные принято второе ограничивающее значение скорости 2.8 км/с. Данные значения достаточно обоснованы в предыдущих исследованиях по морю Бофорта [13]. Отметим, что эти скорости справедливы для песчаных пластов–коллекторов, а в глинистых породах они несколько ниже. Картографическая схема распределения скоростей с цветовой кодировкой для всего полигона исследований построена в ПО ArcGIS и приведена на рис. 1.

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа волновых полей сейсмограмм ОПВ обнаружены две кардинально различающиеся зоны. Северная зона (до изобаты 120 м – примерной береговой линии во время последнего оледенения [17]) характеризуется практически полным отсутствием преломленных волн от неглубоких (до 400–500 м) горизонтов за исключением двух небольших (около 25 × 25 км) площадей в западной части (возможно, островная мерзлота). Отсутствие преломленных волн объясняется отсутствием ММП и/или ГГ.

В южной зоне на сейсмограммах ОПВ выделяются преломленные волны от высокоскоростных горизонтов (2.3–4.0 км/с), акустические характеристики которых соответствуют породам с наличием ММП и/или ГГ, имеющим подобные физические характеристики [13]. Пониженные скорости (2.3–2.8 км/с), видимо, соответствуют участкам большей деградации ММП (возможно, это палеотермокарстовые озера). Здесь же имеются небольшие участки (до 2–9 км), отождествляемые нами со сквозными таликами, на которых преломленные волны отсутствуют.

Граница между двумя зонами проходит примерно по изобате 60 м, с отклонениями до изобат 85 и 45 м (удаления от берега в районе дельты Лены 250–330 км). Эти отклонения объяснимы литологическими неоднородностями придонных отложений и различиями в тепловых потоках. В частности, граница доходит до изобаты 45 м по направлению грабен-рифтов, продолжающих хребет Гаккеля в сторону материка. Переход из южной зоны в северную практически повсеместно сопровождается постепенным снижением скоростей, что, видимо, обусловлено увеличением уровня деградации ММП в северном направлении, связанным с ранней трансгрессией моря.

В целом результаты анализа волновых полей подобны полученным ранее для моря Бофорта

[13, 20]. Отличие заключается в положении границ северной и южной зон: на шельфе Аляски она находится вблизи изобаты 20 м [13], а на шельфе Канады – более 70 м [20]. Установленная в море Лаптевых граница между двумя зонами хорошо корреспондируется с результатами математического моделирования [14, 15], согласно которым ММП характеризуются сплошным распространением от берега до изобат 60 м [15] и 50/100 м [14] в зависимости от принимаемых условий по температурам и временным рамкам образования и оттаивания ММП.

Отметим, что анализ придонных температур в ЦЛЗСГ показал, что за последний век они стабильны (–1.5°С) и не проявляют тенденцию к увеличению [5]. Таким образом, современное потепление климата не влияет на тепловой режим придонных отложений в ЦЛЗСГ, но может сказываться на континентальном склоне [5].

Анализируя динамические характеристики волновых полей в целом, отметим различное качество прослеживания осей синфазности отраженных волн в нижних частях сейсмограмм ОПВ. Например, на рис. 3В–В* отраженные волны видны лучше, чем на рис. 3 С–С*. Снижение качества в части С*, вероятно, вызвано сильным поглощающим воздействием залежи свободного газа, экранированной толщей ММП и/или ГГ. Такая ситуация наблюдается на многих участках существования ММП и/или ГГ, но не на всех, что вполне понятно, так как газонасыщенность разреза может меняться от высокой до практически полного отсутствия.

Анализ положения 46 участков интенсивных сипов газа в ЦЛЗСГ (на каждом из них от одного до множества газовых факелов) [1, 5, 9, 10, 16] позволяет сделать вывод, что 94% этих участков находится в северной зоне отсутствия ММП и и/или ГГ (см. рис. 1). При этом в работе [5] и на рис. 2 показана приуроченность сипов газа к глубинным разломам. Кроме того, известные результаты анализа изотопного состава углерода метана проб газа из сипов свидетельствуют о его глубинном термогенном (категенетическом) генезисе ($\delta^{13}C$ (CH_4) от –55‰ до –42.6‰) [19]. Высокий термогенный потенциал образования газа подтверждается большой мощностью осадочного чехла в ЦЛЗСГ [5, 10].

Особо важно отметить, что район исследований ЦЛЗСГ расположен в зоне активных сейсмотектонических событий, приуроченных к зоне сочленения Лаптевоморской рифтовой системы с Хатангско-Ломоносовской зоной разломов и хребтом Гаккеля и обусловленных превалирующим региональным напряжением растяжения [5, 8, 9]. Вблизи ЦЛЗСГ (и даже прямо в ней) постоянно происходят землетрясения с магнитудой до 3–6 и даже 6.7 в 1964 г. в 110 км к северу от сипов (78.04° с.ш., 126.56° в.д.), способствующие увеличению проницаемости зон разломов и увеличению конвективного теплового потока. Также в зоне спрединга хребта Гаккеля имеются периодически извергающиеся стратовулканы [8], к которым также приурочены сильные землетрясения. В 470 км к северу от ЦЛЗСГ на хребте Гаккеля существует гигантская впадина (координаты центра – 81.517° с.ш., 120.0° в.д.), основное объяснение генезиса которой – кальдера супервулкана, образовавшаяся при извержении около 1.1 млн лет назад [8]. Очевидно, что гигантское извержение подводного супервулкана наряду с землетрясением и напряжением растяжения способствовало формированию сети хорошо проницаемых разломов.

Отсутствие современных термобарических условий существования гидратов метана в ЦЛЗСГ дополнительно подтверждается кривыми стабильности ГГ, рассчитанными в ПО CSMHYD (Hydoff) [18]. При этом существование гидратов метана теоретически возможно только при низких значениях геотермического градиента до 2.2°С на 100 м, которые практически невозможны при большом тепловом потоке. Согласно Глобальной базе данных теплового потока GHFD Международной комиссии по тепловому потоку IHFC (http://ihfc-iugg.org/products/global-heat-flow-database), в 80 км к северо-востоку от ЦЛЗСГ, на континентальном склоне тепловой поток достигает 70–100 мВт/м^2 (глубины дна около 500 и 1500 м). Для рифтовых зон шельфа моря Лаптевых прогнозируется тепловой поток более 100 мВт/м^2 [14].

Совокупность отмеченных выше геолого-геофизических и криологических особенностей, включая разбитую активными разломами мощную толщу осадочных отложений, делает район ЦЛЗСГ одной из самых уникальных зон мелководного шельфа Арктики. По мнению авторов здесь образовалось крупное (возможно, более чем 80 × 200 км) окно длительной интенсивной дегазации Земли с прямой миграцией глубинного термогенного газа по системам разломов и субвертикальных трещин. При этом биогенный газ приповерхностных отложений, продуцированный метаногенными бактериями *in situ,* в зонах разломов, вероятно, мигрировал в гидросферу на ранних стадиях деградации ММП и диссоциации ГГ (или еще раньше), чему способствовали сильные потоки термогенного газа. А доля биогенного газа, продуцируемого *in situ* в настоящее время, мала по сравнению с мощными потоками глубинного газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованный Центрально-Лаптевский район мелководного шельфа моря Лаптевых площадью около 55 тыс. км^2 включает две зоны, кардинально отличающиеся акустической жесткостью приповерхностных отложений. В южной зоне в первых вступлениях сейсмограмм ОПВ регистрируются преломленные волны от акустически жестких сейсмических горизонтов (скорости 2.3–4.0 км/с), отождествляемых с распространением ММП, возможно, также содержащих ГГ. В северной зоне преломленные волны в основном не наблюдаются из-за отсутствия акустически жестких горизонтов, что свидетельствует о завершившихся процессах деградации ММП и диссоциации возможных залежей ГГ.

Привлекающий внимание мирового научного сообщества район интенсивной эмиссии газа ЦЛЗСГ расположен в северной зоне исследованной части шельфа моря Лаптевых. В связи с этим можно считать доказанным отсутствие ММП и ГГ в данном районе и глубинный генезис газа, мигрирующего по тектоническим разломам. Это подтверждается установленным ранее термогенным происхождением метана. Можно ожидать дополнительной активизации сипов газа новыми сейсмическими событиями.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена по госзаданию ИПНГ РАН по теме “Рациональное природопользование и эффективное освоение нефтегазовых ресурсов арктической и субарктической зон Земли” (№ АААА-А19-119021590079-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранов Б.В., Лобковский Л.И., Дозорова К.А., Щуканов Н.В.* Система разломов, контролирующих метановые сипы на шельфе моря Лаптевых // ДАН. 2019. Т. 486. № 3. С. 354–358.
2. *Богоявленский В.И.* Обработка данных МПВ на ЭВМ. В кн. Сейсморазведка. Справочник геофизика. Книга вторая, гл.2. М.: Недра, 1990. С. 90–115.
3. *Богоявленский В.И.* Природные и техногенные угрозы при освоении месторождений горючих ископаемых в криолитосфере Земли // Горная промышленность. 2020. № 1 (149). С. 97–118.
4. *Богоявленский В.И., Казанин Г.С., Кишанков А.В.* Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана: море Лаптевых // Бурение и нефть. 2018. № 5. С. 20–28.
5. *Богоявленский В.И., Казанин А.Г., Кишанков А.В., Казанин Г.А.* Дегазация Земли в Арктике: комплексный анализ факторов мощной эмиссии газа в море Лаптевых. // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11. № 2. С. 178–194.
6. *Бондур В.Г., Кузнецова Т.В.* Выявление газовых сипов в акваториях арктических морей с использованием данных дистанционного зондирования // Иссл. Земли из космоса. 2015. № 4. С. 30–43.
7. *Мельников В.П., Спесивцев В.И., Куликов В.Н.* О струйной дегазации углеводородов как источнике новообразований льда на шельфе Печорского моря. // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск. Наука, 1997. С. 259–269.
8. *Пискарев А.Л., Поселов В.А., Аветисов Г.П. и др.* Арктический бассейн (геология и морфология). СПб.: ВНИИОкеангеология, 2016. 291 с.
9. *Сергиенко В.И., Лобковский Л.И., Шахова Н.Е. и др.* Деградация подводной мерзлоты и разрушение гидратов шельфа морей Восточной Арктики как возможная причина “метановой катастрофы”: некоторые результаты комплексных исследований 2011 г. // ДАН. 2012. Т. 446. № 3. С. 330–335.
10. *Baranov B., Galkin S., Vedenin A. et al.* Methane Seeps on the Outer Shelf of the Laptev Sea: Characteristic Features, Structural Control, and Benthic Fauna // Geo-Marine Letters. 2020. V. 40. P. 541–557.
11. *Bogoyavlensky V.I., Kishankov A.V.* Features of Potential Free Gas Accumulations Distribution in the Upper Part of Sedimentary Cover of the Arctic and Subarctic Seas. 9th Conference “Saint Petersburg 2020 – Converting Knowledge into Resources”. EAGE. 2020. P. 1–6.
12. *Bogoyavlensky V., Kishankov A., Yanchevskaya A., Bogoyavlensky I.* Forecast of Gas Hydrates Distribution Zones in the Arctic Ocean and Adjacent Offshore Areas // Geosciences. 2018. № 8. 453. P. 1–17.
13. *Brothers L.L., Hart P.E., Ruppel C.D.* Minimum Distribution of Subsea Ice-bearing Permafrost on the US Beaufort Sea Continental Shelf // Geoph. Res. Let. 2012. V. 39. № 15. P. 1–6.
14. *Matveeva T.V., Kaminsky V.D., Semenova A.A., Shchur N.A.* Factors Affecting the Formation and Evolution of Permafrost and Stability Zone of Gas Hydrates: Case Study of the Laptev Sea // Geosciences. 2020. V. 10. 504.
15. *Romanovskii N.N., Hubberten H.-W., Gavrilov A.V., et al.* Offshore Permafrost and Gas Hydrate Stability Zone on the Shelf of East Siberian Seas // Geo-marine Let. 2005. V. 25. № 2–3. P. 167–182.
16. *Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V., Lobkovsky L., et al.* The East Siberian Arctic Shelf: towards Further Assessment of Permafrost-related Methane Fluxes and Role of Sea Ice // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2015. V. 373. 20140451.
17. *Shakhova N., Semiletov I., Chuvilin E.* Understanding the Permafrost-hydrate System and Associated Methane Releases in the East Siberian Arctic Shelf // Geosciences. 2019. V. 9. № 6. 251. 23 p.
18. *Sloan E.D.* Offshore Hydrate Engineering Handbook; Center for Hydrate Research, Colorado School of Mines: Golden, CO, USA, 1998. 255 p.
19. *Steinbach J., Holmstrand H., Shcherbakova K., et al.* Source Apportionment of Methane Escaping the Subsea Permafrost System in the Outer Eurasian Arctic Shelf // PNAS. 2021, V. 118. № 10. e2019672118. P. 1–9.
20. *Weaver J.S., Stewart J.M.* In situ Hydrates under the Beaufort Sea Shelf / Proceedings, fourth Canadian permafrost conference. Ottawa, Ont., Natl. Res. Counc. of Canada. 1982, P. 312–319.

PERMAFROST, GAS HYDRATES AND GAS SEEPS IN THE CENTRAL PART OF THE LAPTEV SEA

Corresponding Member of the RAS V. I. Bogoyavlensky[a,#], A. V. Kishankov[a], and A. G. Kazanin[b]

[a] *Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[b] *Marine Arctic Geological Expedition (MAGE), Murmansk, Russian Federation*

[#] *E-mail: vib@pgc.su*

The objective of the research is the analysis of the causes of intensive gas emission in the central part of the Laptev Sea. Wave fields from seismic survey by JSC "MAGE" for 28 lines with total length of 5930 km are analyzed. Zones of occurrence of refraction waves from high-velocity layers, associated with frozen sediments and possible existence of gas hydrates, are revealed. For the first time for the region, a cartographic scheme of change in velocity of refraction waves propagation is created and a forecast of physical state of near-bottom sediments (frozen or thawed) is given. Absence of permafrost and gas hydrates in the area of active gas emission is proved and its deep genesis and migration through tectonic faults are justified.

Keywords: Earth degassing, Laptev Sea, tectonic faults, subaqual permafrost, gas seeps, gas hydrates, CDP seismic, refraction waves