

УДК 550.83(86)

## ГЕОЛОГО-АКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В РЕЙСЕ СУДНА “ВЛАДИМИР БУЙНИЦКИЙ”

© 2014 г. Н. Н. Дмитриевский, Р. А. Ананьев, А. А. Мелузов, А. Д. Мутовкин, А. Г. Росляков

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*

*e-mail: nnd2008@rambler.ru*

Поступила в редакцию 11.12.2012 г.

DOI: 10.7868/S003015741401002X

Осенью 2011 г. сотрудниками ИО РАН были начаты работы, направленные на комплексное изучение проблемы метановыделения со дна морей Восточной Арктики. Финансирование работ осуществляется Российским фондом фундаментальных исследований, Национальным научным фондом США и Национальным фондом США по океану и атмосфере. В работах кроме ИО РАН принимали участие сотрудники Тихоокеанского океанологического института РАН, а также научно-исследовательского центра Аляска-Фэрбанкс и университета Джорджии из США.

В рамках выполнения указанных работ в сентябре–октябре 2011 г. была проведена совместная российско-американская экспедиция на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” по маршруту Владивосток–море Лаптевых–Владивосток [2].

Сейсмоакустические и гидролокационные исследования, проведенные в экспедиции, в том числе на двух больших полигонах в море Лаптевых, показали обширное распространение донных газонасыщенных осадков, сопровождаемое высачиванием (сипингом) углеводородных газов (УВГ, вероятно метановых), проявляющимся в форме факелов и пузырьковых струй в водной толще, а также большое количество покмарков и кратеров в рельефе дна и структуре донных осадков [3].

Основной целью экспедиции на судне “Виктор Буйницкий”, проводившейся в сентябре–октябре 2012 г. по маршруту Мурманск–море Лаптевых–Мурманск, являлось продолжение картирования обнаруженных ранее зон аномального газовыделения в море Лаптевых и отработка методов количественной оценки выделяющихся объемов УВГ. Выбор судна и пункта начала и окончания экспедиции определялся в основном экономическими соображениями. Карта с изображением района работ приведена на рис. 1. Сейсмоакустический промер производился на пяти полигонах в море Лаптевых и проливе Дмитрия

Лаптева, а также на переходах между полигонами, представляющих интерес с точки зрения общих задач экспедиции. Размеры полигонов составляли 5, 4, 5, 3 и 2 кв. км соответственно. Полигонная съемка проводилась с частотой галсов через 100 м, что в целом составило около 200 погонных миль промера, межполигонный промер составил около 350 миль.

Для решения указанных выше задач на борту судна “Виктор Буйницкий” так же как и в предыдущей экспедиции использовались эхолот-профилограф [1] и гидролокатор бокового обзора, установленные на одной крепежной штанге [2]. Штанга крепилась на главной палубе в районе миделя судна и в рабочем положении опускалась вертикально вниз, обеспечивая заглубливание антенн приборов на глубину осадки судна, то есть около 3.7 м. Таким образом, в отличие от предыдущей экспедиции, обеспечивалась работа ГБО одновременно в оба борта. Кроме того, в экспедиции была использована донная вибрационная пробоотборная трубка и управляемый по кабелю погружаемый аппарат “Гном”, предназначенный для телевизионной съемки обнаруженных на дне объектов. Дополнительно был установлен аппаратурно-программный комплекс “Геонт–шельф”, представляющий собой законченную систему для проведения работ методом одноканального непрерывного сейсмического профилирования с использованием излучателя типа “спаркер” и приемной косы длиной 20 м. Одновременная работа всех указанных выше систем, расположенных в непосредственной близости друг от друга, позволила взаимно дополнить информативность каждого из используемых методов, а также расширить возможности интерпретации получаемых данных.

Использовавшийся гидроакустический комплекс позволял уверенно фиксировать выходы газа в воду и положение газового фронта под дном. Наиболее информативным с точки зрения

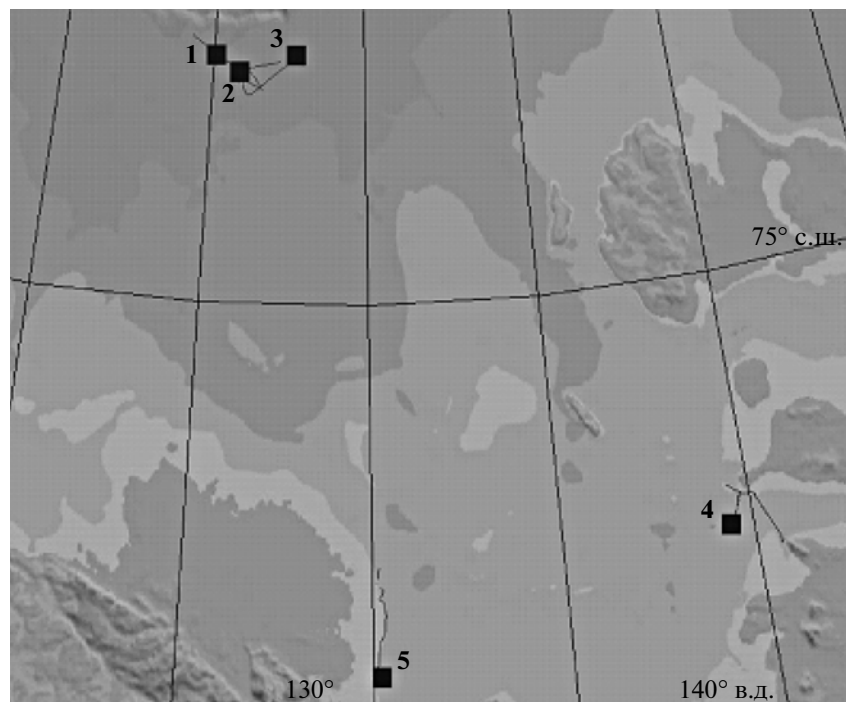


Рис. 1. Карта района работ и исследовательских полигонов. Показаны полигоны, их номера и межполигонные галсы.

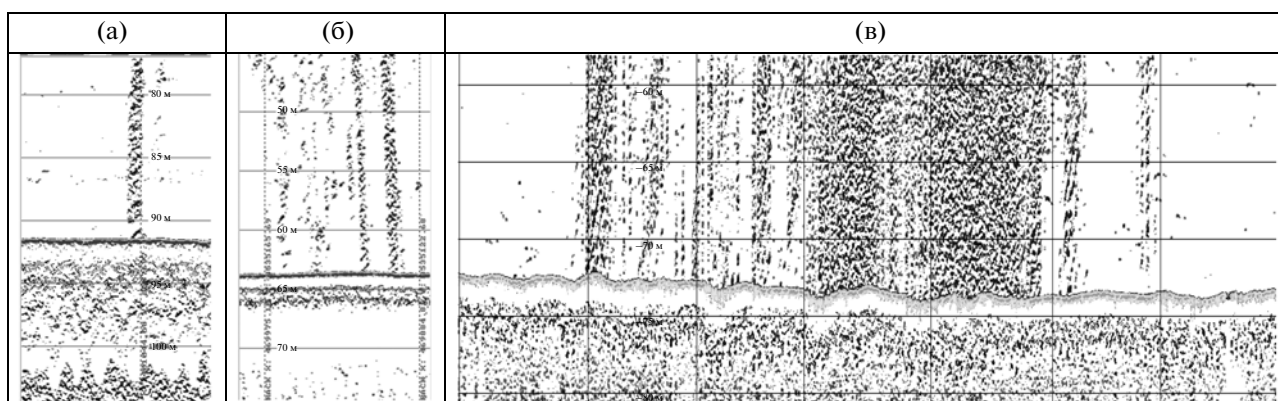


Рис. 2. Регистрация высокочастотным каналом SES газовых выходов различного вида: (а) — одиночный газовый источник, (б) — последовательность газовых источников, (в) — сплошной газовый факел.

прямой регистрации выходящих в воду газовых потоков являлся высокочастотный канал эхолота-профилографа SES-2000. Высокая помехоустойчивость системы, стабилизация при волнении и узкая диаграмма направленности излучаемого сигнала позволяли идентифицировать практически все формы газовой выделению: от одиночных мелких источников до сплошных газовых факелов, протяженностью до 1 км.

На рис. 2 приведены примеры регистрации газопоявлений различного вида.

Как и в экспедиции 2011 г., на дне акватории были обнаружены многочисленные глубокие борозды и сопряженные с ними валы, формирующиеся в результате ледовой экзарации морского дна [3].

Сопоставление картин экзарационных борозд, полученных в экспедициях 2011 и 2012 гг. на одних и тех же галсах, показало, что наряду с вполне естественным появлением новых борозд, образовавшихся за сезон осень–зима–весна 2011–2012 гг., имеет место сильное, иногда почти полное, замыкание старых борозд течениями и волновыми про-

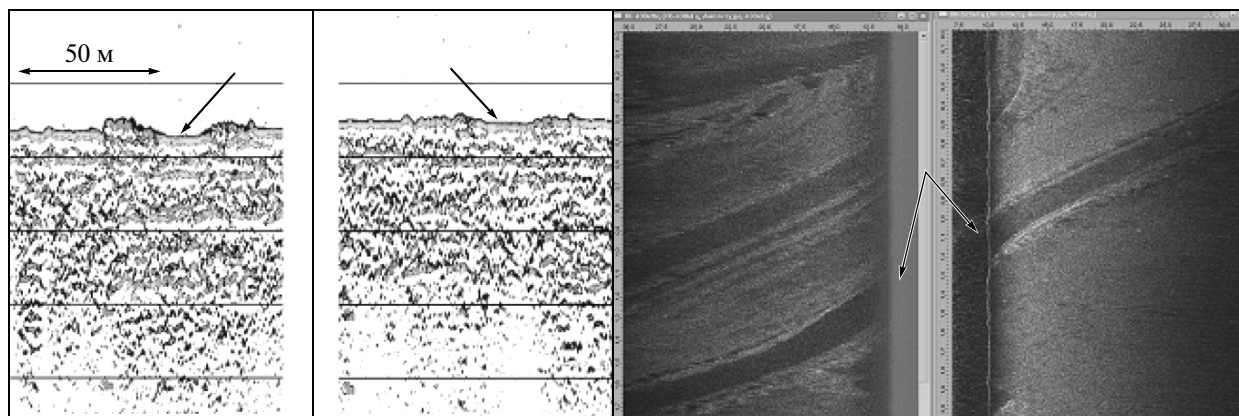


Рис. 3. Фрагменты записи гидролокатора бокового обзора ДГБО “Гидра” 250/500 (справа) и эхолота-профилографа “SES-2000 standard” в 2011 г. (слева) и 2012 г. (в центре) на одной и той же борозде.

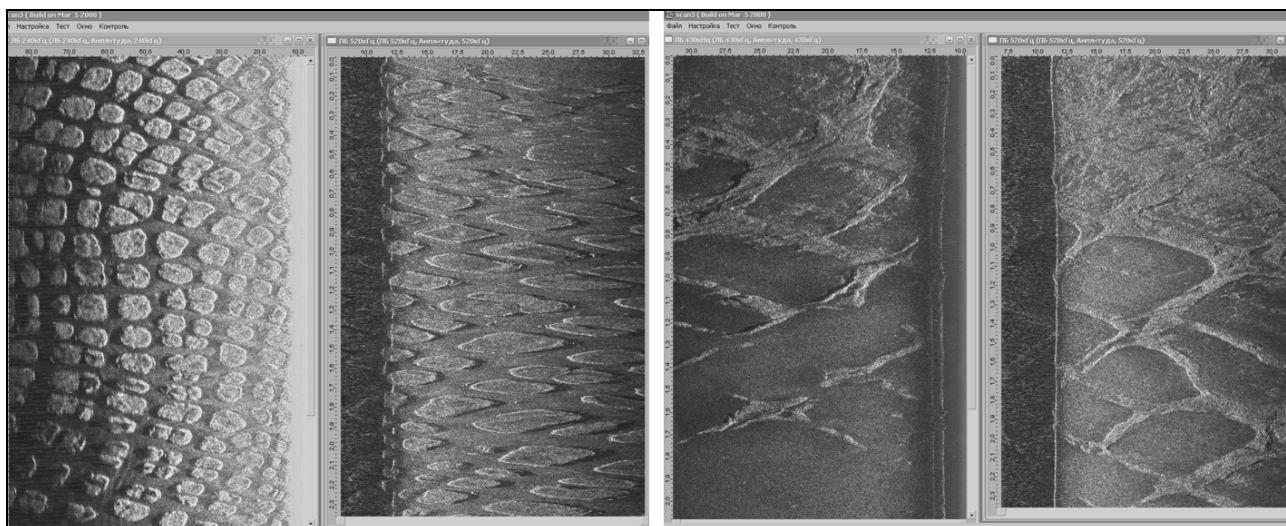


Рис. 4. Примеры записей полигональных структур по данным ДГБО. “Гидра”.

пессами. Пример указанного явления приведен на рис. 3, где изображена одна и та же борозда, зафиксированная в 2011 и 2012 гг.

В целом следует отметить, что количество “свежих” экзарационных борозд, зафиксированных в настоящей экспедиции, существенно меньше их числа в 2011 г., а их глубина редко превышает 1 м. Это является косвенным свидетельством значительно более мягкой ледовой обстановки в исследовавшемся районе в 2012 г. по сравнению с предыдущим периодом.

Как и ранее, в ходе экспедиции было выявлено большое количество неоднородностей структуры дна, механизм образования которых в настоящее время не вполне ясен. К ним относятся так называемые тундровые полигональные структуры (следы древнего оттаивания вечной мерзлоты, расположенные в настоящее время на дне). Не-

сколько фрагментов с записью подобного рода структур представлены на рис. 4.

Одной из важных задач экспедиции было комплексирование различных модификаций сейсмоакустических методов, позволяющее изучать как самую верхнюю часть разреза, так и более глубокие области (до 100 м под дном). Целью такого комплексирования является определение глубокозалегающих “корней” газовых проявлений, фиксирующихся на поверхности (в придонных слоях и в воде). На рис. 5 показано проявление газовых сипов и газонасыщенности отложений по данным сейсмоакустики с источником “спаркер” и данным профилографа SES.

На профиле со “спаркером” хорошо видны вертикальные зоны нарушения корреляции и зоны тени, вызванные повышенным поглощением сейсмоакустической энергии в придонных слоях.

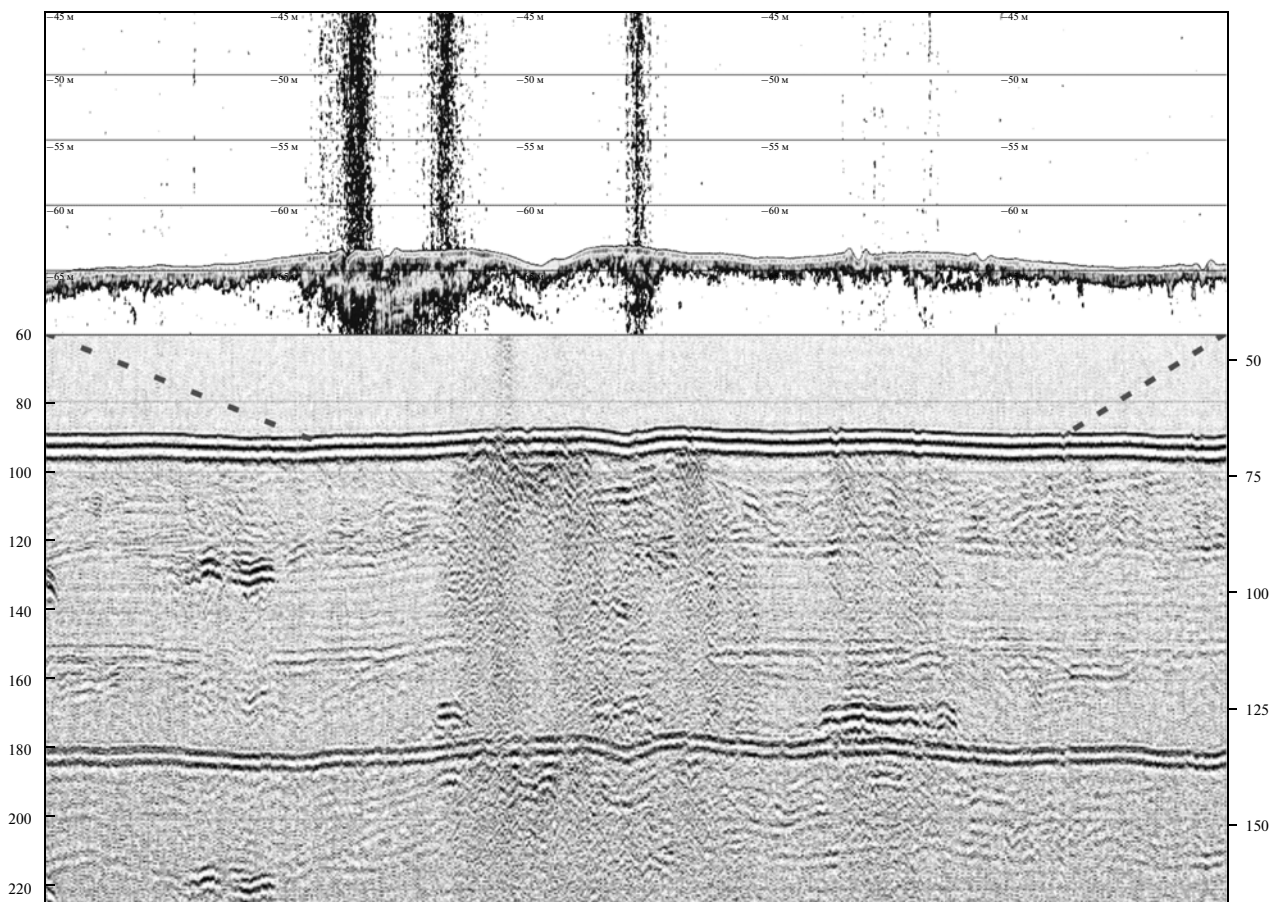


Рис. 5. Фрагмент регионального профиля на переходе к полигону 2, иллюстрирующий выходы газа по данным SES (сверху) и спаркера (снизу). м

Кроме того, отчетливо проявлены отдельные участки резкого возрастания амплитуд отражений (яркие пятна) на уровнях 25 и 65 м под дном, интерпретируемые как газонасыщенные слои. Таким образом, по данным НСП можно утверждать, что газ поднимается к поверхности с уровня как минимум 65 м ниже дна. Несмотря на низкочастотный спектр “спаркера”, на приведенном профиле виден выход газа в воду, что может указывать на очень мощный и концентрированный поток пузырьков. На высокочастотной записи SES более детально проявлены особенности распространения газонасыщенных осадков в придонных горизонтах и в водной толще.

Таким образом, наиболее важными результатами сейсмоакустических исследований являются следующие:

— в пределах глубоководных северных полигонов на глубинах до 100 м под дном многолетнемерзлые породы отсутствуют;

— газонасыщенные слои на северных полигонах обнаружены на глубинах 65–70 м под дном, а возможно и глубже;

— наблюдается вертикальная миграция газа с указанных глубин к поверхности дна, совпадающая в плане с выходами газа в водную толщу,

В целом, подтвердилась правильность интерпретации сейсмоакустических данных, предложенной в ходе прошлогодней экспедиции и заключающейся в том, что преобладающее влияние на структуру акустической картины оказывает фактор, связанный с газонасыщенностью разреза, а не присутствием многолетнемерзлых пород. Безусловно, при этом нельзя исключать существования многолетнемерзлых пород в исследуемом районе на больших глубинах.

Авторы благодарят руководство и команду судна “Владимир Буйницкий” за большую помощь в организации морских работ, а также руководителей настоящего проекта — члена-корреспондента РАН Лобковского Леопольда Исаевича (ИО РАН) и начальника экспедиции, доктора

географических наук Семилетова Игоря Петровича (ТОИ ДВО РАН).

Экспедиционные работы сотрудников Института океанологии им. П.П. Ширшова в рейсе финансировались грантом РФФИ № 11-05-12021-офо-м-2011.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мерклин Л.Р., Левченко О.В. Сейсмоакустические исследования с параметрическим профилографом (1988–2001 гг.) // *Акустические океанологические исследования*. Ростов н/Д.: Ростиздат, 2002, С. 396–413.
2. Дмитриевский Н.Н., Ананьев Р.А., Либина Н.В., Росляков А.Г. Сейсмоакустические исследования верхней осадочной толщи и рельефа морского дна в морях восточной Арктики в 57-м рейсе НИС “Академик Лаврентьев” // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 4. С. 617–620.
3. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике береговой зоны Арктических морей // *Водные ресурсы*. 2003. Т. 30. № 5. С. 555–564.