

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РАЗРЕЗОВ (ПО МАТЕРИАЛАМ МОВ В ОХОТСКОМ МОРЕ)**

***В.Г. Прокудин***

*ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ул. Балтийская 43, г. Владивосток, 690041; e-mail: prokudin@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 10 мая 2011 г.

Представлены материалы сейсмических исследований МОВ в Охотском море с данными об акустических аномалиях. Выделено два типа таких аномалий – локальные (“газовый канал”) и площадные (“мутная толща”). Показано, что акустические аномалии на сейсмограммах непрерывного сейсмического профилирования (НСП) являются индикатором осадочных толщ с частичным газовым заполнением. Многочисленные локальные аномалии, зарегистрированные на склоне Сахалина, пространственно связаны с зонами дизъюнктивных дислокаций. Одновременное присутствие акустических аномалий и BSR в верхней части разреза является хорошим диагностическим признаком газогидратов. Дисперсия скоростей в волновом пакете, отвечающем акустической аномалии, связанной с нижней частью чехла Курильской котловины, указывает на значительную мощность газомещающих осадочных отложений этой структуры.

***Ключевые слова:*** метод отраженных волн, временной разрез, акустическая аномалия, газогидраты, Охотское море.

**ВВЕДЕНИЕ**

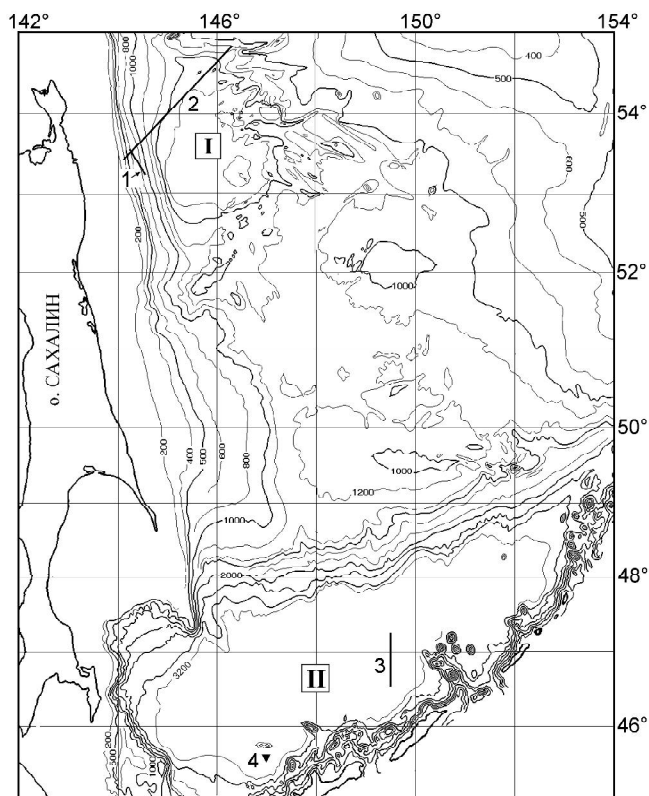
Временные разрезы получают при проведении сейсмических работ различными модификациями метода отраженных волн (МОВ). Одна из таких модификаций МОВ, известная под названием “метод непрерывного сейсмического профилирования (НСП)”, широко применяется в практике морских исследований при изучении структуры осадочного чехла. Материалы метода НСП используются обычно для сейсмостратиграфических и структурных построений, оценки мощности чехла (либо отдельных горизонтов осадочной толщи), выявления в разрезе дизъюнктивных дислокаций. Основным ограничением метода НСП является невозможность определения по его материалам скоростных параметров слоев разреза, поэтому надежная интерпретация материалов НСП может быть выполнена лишь в простых сейсмогеологических условиях при отсутствии (либо слабой изменчивости) параметров слоев по латерали. Однако реальные среды (или отдельные их фрагменты) могут быть гетерогенными. В этом случае на временных разрезах фиксируются участки с аномальными параметрами волнового поля: наблюдается резкое изменение амплитуд и частотных характе-

ристик волн, потеря корреляции волн и др. Такие участки записи на временных разрезах называются акустическими аномалиями и нередко пропускаются при обработке экспериментальных материалов.

Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН в Охотском море выполнен значительный объем работ МОВ. Исследования проводились в рамках международных научных программ KOMEX (Kuril Okhotsk Sea Marine Experiment) [14, 18] и SSGH (Sakhalin Slope Gas Hydrate Project) [8, 9], а также в процессе выполнения экспедиционных работ по госбюджетным и хоздоговорным тематикам. Часть полученных материалов НСП содержит акустические аномалии, интерпретации которых и посвящена данная статья.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

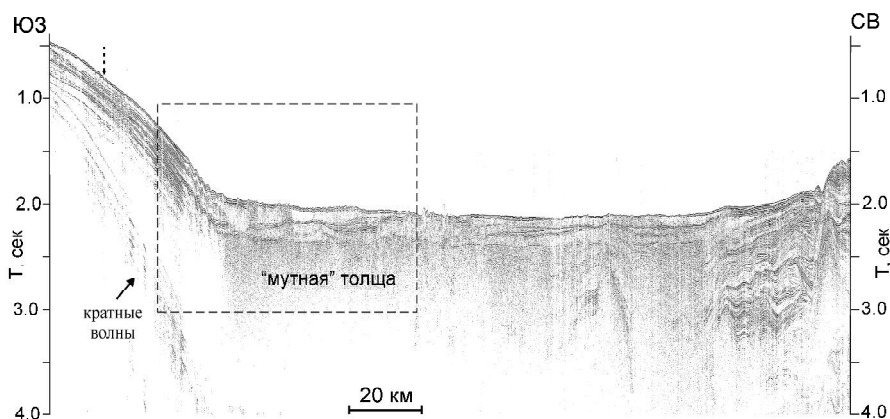
Экспериментальные данные получены на островном склоне северного Сахалина, во впадине Дерюгина и в Курильской котловине Охотского моря. Положение приведенных в статье профилей показано на рис. 1. Использовались электроискровой (в программе SSGH; профиль 1) или пневматический (остальные профили) источники упругой энергии.



**Рис. 1.** Положение профилей МОВ, иллюстрирующих текст.

(1, 2 и 3 – профили НСП, 4 – профиль МОВ РБ). I – впадина Дерюгина, II – Курильская котловина. Батиметрическая карта составлена А.С. Сваричевским.

Осуществлялась цифровая широкополосная регистрация сейсмических сигналов: 200–1500 Гц при работе с электроискровым источником (для изучения тонкой структуры верхней части разреза) и 20–400 Гц при работе с пневмоисточником. В качестве пневмоисточника применялись одиночные и групповые пневмоизлучатели объемом 3–6 л, позволившие изучить отложения чехла мощностью до 2.5–3.0 км.



**Рис. 2.** Временной разрез НСП по профилю 2 (впадина Дерюгина).

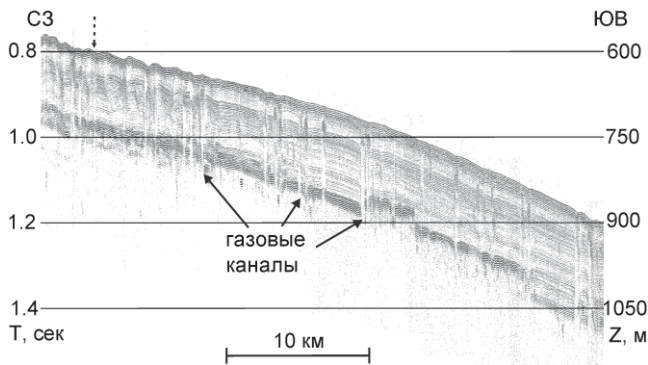
Пунктирной стрелкой отмечено место пересечения с профилем 1. Выделен фрагмент разреза, представленный на рис. 4.

На рисунках 2 и 5 представлены временные разрезы НСП, содержащие характерные акустические аномалии, обусловленные свойствами различных горизонтов чехла. Большая часть регистрируемых акустических аномалий связана с верхней частью разреза (рис. 3, 4, 6), однако аномальные объекты могут содержаться и в нижних литифицированных слоях (рис. 5, 7).

Временной и глубинный разрезы, представленные на рис. 8, построены по оригинальным экспериментальным данным МОВ с радиобуем (МОВ РБ) и теоретическим разработкам [4, 5]. Экспериментальные данные МОВ по методу общей глубинной точки (ОГТ), использованные нами для построения скоростных колонок на профиле 3 (рис. 6), получены сотрудниками ФГУНПП “Севморгео” [10].

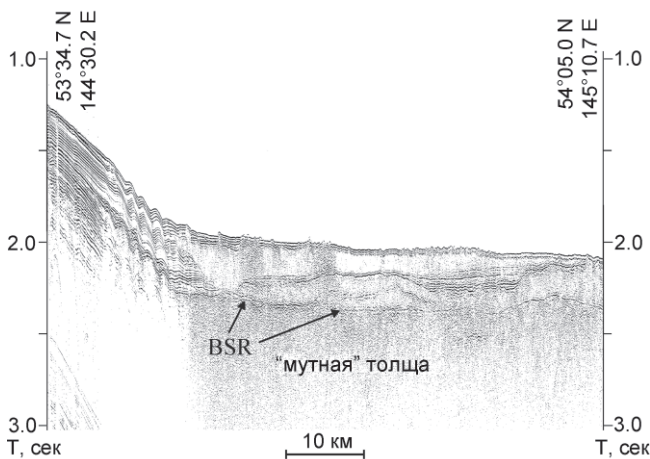
#### ТИПИЗАЦИЯ АКУСТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Акустические аномалии маркируют участки гетерогенных сред. Наиболее устойчивыми признаками таких сред являются сильное затухание упругих волн и разрушение осей синфазности отражений вплоть до их исчезновения. Вследствие этого ниже лежащие горизонты как бы экранируются, глубина освещенной части разреза уменьшается. Разрушение осей синфазности приводит к своеобразному рисунку записи волновых полей в неоднородных средах – “мутности” [6]. Мутность осадочных отложений обуславливается, главным образом, наличием в пористых слоях разреза жидкости и газов. Известно [1, 12], что динамические характеристики водонасыщенных сред с частичным газовым заполнением сильно зависят от степени насыщения пор водой и газом. При этом: 1) коэффициент поглощения (и, следовательно, затухание) и величины скоростей упругих волн в существенной степени определяются водо- и газонасыщенностью пор; 2) имеет место дисперсия скоростей распространения волн, вследствие чего скорость в низкочастотной области спектра (ме-



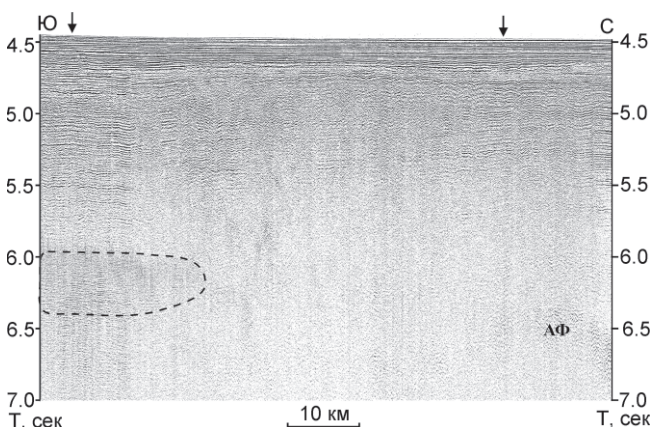
**Рис. 3.** Временной разрез НСП по профилю 1 (западный борт впадины Дерюгина).

Пунктирной стрелкой отмечено место пересечения с профилем 2.



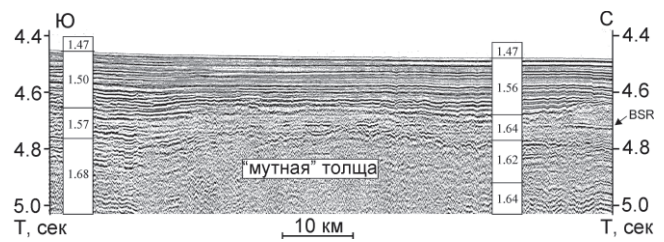
**Рис. 4.** Фрагмент временного разреза НСП на профиле 2.

BSR – граница, маркирующая подошву слоя газогидратов.



**Рис. 5.** Временной разрез НСП по профилю 3.

Пунктирная линия оконтуривает область акустической аномалии; стрелками помечены участки профиля, для которых получены скоростные колонки по материалам ОГТ. АФ – акустический фундамент.



**Рис. 6.** Верхняя часть разреза по профилю 3.

Цифры на колонках – скорости продольных волн (в км/с), определенные по материалам ОГТ.

нее 50 Гц) меньше, чем в высокочастотной. В работе [12] исследовались параметры газонасыщенных слоистых сред в диапазоне частот упругих волн 1–1000 Гц; показано, что дисперсия скоростей для рыхлых отложений (песков) имеет значимые величины (около 10 %) уже при газонасыщенности в 1 %. Наибольшая дисперсия (более 25 %) наблюдается при газонасыщенности 10 %, кроме того, имеет место существенное затухание продольных волн в полосе частот 30–70 Гц. Дальнейшее увеличение газонасыщенности сопровождается уменьшением дисперсии скоростей вплоть до ее исчезновения. Такие же особенности установлены и для литифицированных пород, однако величина дисперсии скоростей в них ниже (в песчаниках до 10–13 %).

Таким образом, даже весьма малые концентрации газов (например, метана) в пористых осадочных отложениях и изменение газонасыщенности по латерали приводят к значительным вариациям упругих параметров среды и, как следствие, к появлению на сейсмограммах акустических аномалий. Такие аномалии нередко регистрируются при сейсмоакустических работах на мелководье с использованием высокочастотных (первые кГц) излучателей. В работе [19] представлены примеры аномалий и дана их классификация, основанная на предположении о пространственном совпадении акустических аномалий с газомещающими объектами.

Акустические аномалии часто регистрируются при сейсмических исследованиях осадочных толщ, содержащих газогидраты. Эти исследования актуальны, поскольку метановые гидраты рассматриваются в качестве возможного в будущем источника углеводородного сырья, а также в рамках работ по изучению парникового эффекта. Характерной особенностью разрезов, содержащих газогидраты, является наличие в них конформной дну границы – BSR (bottom simulating reflector). Известно, что в таких разрезах BSR связана с подошвой стабильных газогидратов, положение которой определяется P-T условиями

[17]. Установлено [15, 23, 24], что скорость в содержащем газогидраты слое всегда больше, чем при их отсутствии, и увеличивается пропорционально их концентрации. Ниже зоны стабильных газогидратов газ находится в свободном состоянии, скорость распространения упругих волн скачкообразно уменьшается – возникает физическая граница (BSR), которая нередко сечет литологические границы разреза.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 2 представлен временной разрез НСП, полученный на склоне Сахалина и во впадине Дерюгина в процессе выполнения работ по программе КОМЕХ [14]. Применялся пневмоисточник, собранный из двух излучателей с подавлением пульсаций (GI-gun), суммарным объемом 4.59 литра. Профиль расположен в Дерюгинском осадочном бассейне, в пределах которого пробурено три скважины [13], проведены площадные работы ОГТ по плотной сети профилей [3]. Верхняя часть кайнозойского осадочного чехла представлена здесь плиоцен-четвертичными песчано-глинистыми породами морских фаций и диатомитами дерюгинского горизонта ( $N_2dr+Q$ ), перекрывающего с несогласием плиоценовые отложения помырского горизонта ( $N_2pm$ ). Мощность дерюгинского горизонта на склоне составляет, по материалам бурения, 300–400 м; во впадине она местами достигает 2.5 км [13]. На временном разрезе эти мощности соответствуют значениям 0.35–0.5 сек и около 2.4 сек. По характеру записи временной разрез вдоль профиля 2 можно разделить на три участка: северо-восточный, центральный (в котловине) и юго-западный (на склоне).

Северо-восточный участок профиля 2 характеризуется хорошей освещенностью чехла, мощность которого варьирует здесь, из-за сильной расчлененности кровли докайнозойского фундамента, в диапазоне 1–2 сек. Корреляция сейсмических границ трудностей не представляет; акустические аномалии в разрезе отсутствуют.

Разрез юго-западного участка профиля 2 освещен на меньшую глубину – 0.6–0.8 сек; слабые отражения от более глубоких горизонтов следятся фрагментарно. Характерно наличие в чехле пликативных (вследствие гравитационного сползания) и дизъюнктивных дислокаций. Характер регистрируемых на склоне дизъюнктивных дислокаций иллюстрирует временной разрез по профилю 1 (рис. 3), отработанному с электроискровым источником мощностью 4 кДж в рамках программы SSGH [21]. Материалы на профиле 1 получены в высокочастотной (200–1500 Гц) области спектра полезных волн, которые испытывают очень сильное затухание ниже резкой

сейсмической границы, расположенной на временах 0.2–0.25 сек. С этой границей, по всей видимости, связана также газогидратная BSR. Дизъюнктивные нарушения (трещины) являются зонами транзита, по которым свободный газ выводится из поддонных отложений и создает в водной толще газовые “факелы” [7, 11]. На временном разрезе (рис. 3) фиксируются многочисленные локальные акустические аномалии, имеющие форму каналов. В волновом поле эти каналы проявляются в виде зон резкого (вплоть до уровня шумов) затухания полезных сигналов. Ширина отдельного канала составляет 100–250 м. Пространственная связь этих каналов с выпуклыми элементами рельефа дна отсутствует, что исключает их интерпретацию в качестве зон расфокусировки волн. Подобные акустические аномалии выявлены также в других районах (в частности, в Японском море [16, 20]). Авторы работы [16] называют такие аномалии “сейсмическими каналами”. Однако в отечественной специальной литературе термин “сейсмический канал” используется для обозначения совокупности функционально связанных элементов регистрирующей сейсмической аппаратуры, поэтому будем применять для обозначения аномалий данного типа термин “газовые каналы” [21], поскольку надежно установлена их прямая связь с газонасыщенными субвертикальными трещинами.

Рис. 4 иллюстрирует характер волнового поля в центральной части профиля 2. В верхней части разреза мощностью около 0.4 сек уверенно выделяется несколько сейсмокомплексов, общим ограничением которых снизу служит BSR. Подстилающая толща является акустически мутной. Наибольшая мутность среды фиксируется на участке профиля, примыкающем к подножию склона, – какие-либо регулярные отражения ниже BSR здесь отсутствуют. По мере удаления от склона мутность уменьшается и в волновом поле удается проследить отдельные фрагменты регулярных волн. Подобный характер записи фиксируется на значительной части впадины Дерюгина, примыкающей к островному склону северного Сахалина, на основании чего был сделан вывод о наличии здесь обширного осадочного оползневого тела [22]. Однако совокупность динамических и кинематических параметров зарегистрированного волнового поля свидетельствует, что причиной появления площадных акустических аномалий в центральной части профиля 2 (рис. 2, 4), является гетерогенность среды, обусловленная ее газонасыщением. Участки таких сред, создающие характерные площадные акустические аномалии, будем обозначать термином “мутная” толща.

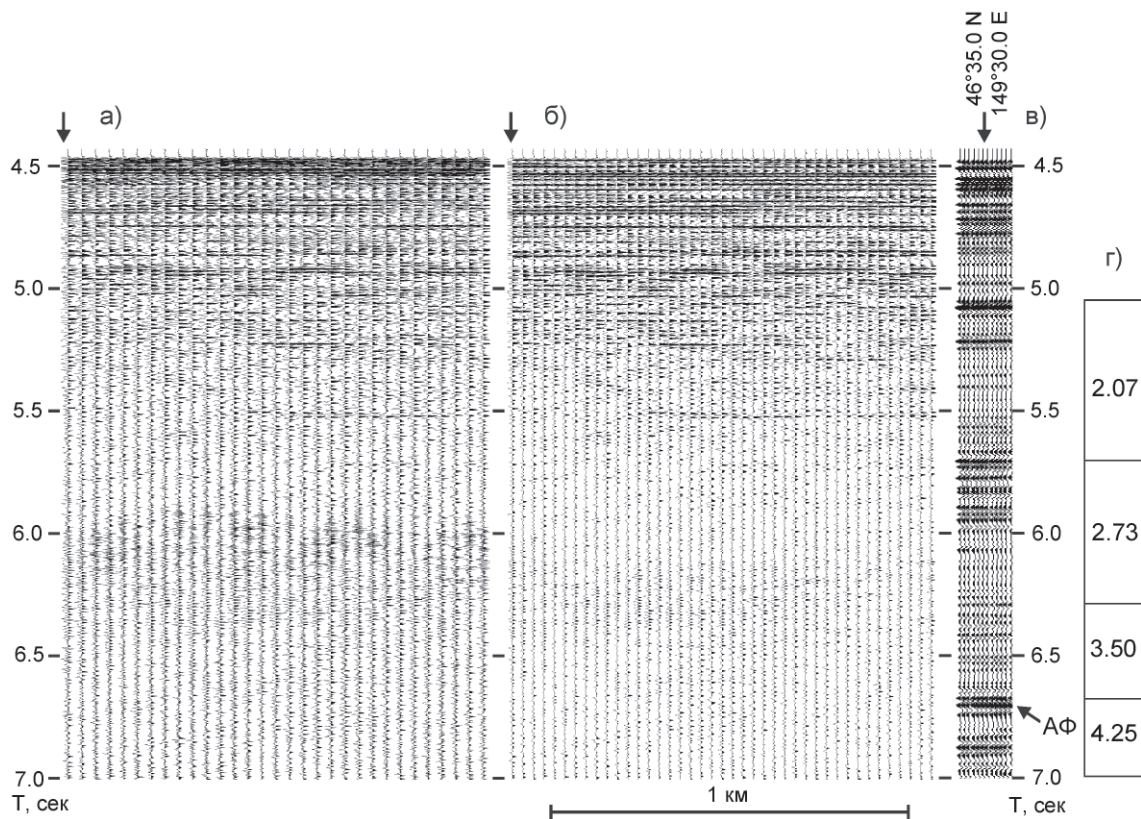


Рис. 7. Фрагмент временного разреза НСП для участка акустической аномалии на профиле 3.

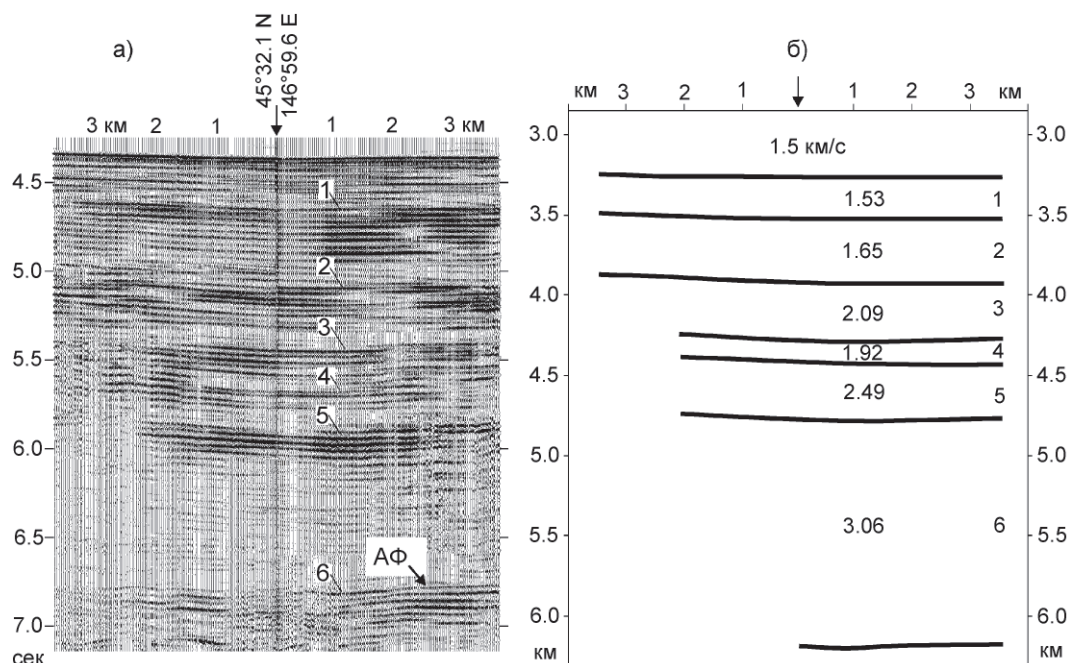
а – частотный диапазон 20–400 Гц; б – частотный диапазон 20–100 Гц, соответствующие суммотрассы ОГТ (в) и скоростная колонка (г). Цифры на колонке – пластовые скорости продольных волн (в км/с), определенные по материалам ОГТ. Стрелкой показано положение сейсмограммы общей глубинной точки.

Акустические аномалии, зарегистрированные на профилях НСП 1 и 2, связаны с рыхлыми отложениями. На профиле НСП 3 фиксируется также аномалия, обусловленная свойствами литифицированной части разреза чехла (рис. 5). Работы на профиле 3 проведены с применением группового пневмоисточника, собранного из двух излучателей, суммарным объемом 6 л; регистрация велась в полосе частот 20–400 Гц. Данный профиль совпадает с фрагментом меридионального опорного профиля ГСЗ 2-ДВ-М (по номенклатуре ФГУНПП “Севморгео”), вдоль которого выполнены также исследования ОГТ [10]. Временной разрез НСП по профилю 3 содержит акустические аномалии как в верхней части (рис. 6), так и в низах чехла на временах 6.0–6.3 сек (рис. 5, оконтуренный фрагмент).

Верхняя часть разреза профиля 3 содержит BSR (рис. 6). Эта граница отчетливо фиксируется на севере профиля и фрагментарно следует до его центрального участка. Ниже BSR в центральной части профиля располагается мутная толща (интервал 4.7–5.0 сек). На южном участке профиля BSR и мутная

толща отсутствуют. Наложенные на временной разрез (рис. 6) скоростные колонки получены нами при интерпретации сейсмограмм ОГТ. Южному участку профиля 3, не содержащему в данном временном интервале акустических аномалий, соответствует типичный скоростной разрез гемипелагических осадков. Северный участок профиля, содержащий BSR и мутную толщу, характеризуется повышением пластовых скоростей выше BSR и уменьшением их в подстилающих отложениях, что типично для вмещающих газогидраты осадков [15, 16].

Очень интересна акустическая аномалия типа “мутной” толщи, фиксируемая на южном участке профиля 3 (рис. 5) в интервале времен 6.0–6.3 сек. На рис. 7 приведен фрагмент временного разреза НСП с этой аномалией в сопоставлении с суммотрассами ОГТ. Визуализация сейсмограммы НСП выполнена без фильтрации исходных данных (рис. 7 а) и в низкочастотном диапазоне (рис. 7 б). При сравнении обеих сейсмограмм НСП видно, что волновые поля верхней части разреза (интервал времен 4.5–5.5 сек) подобны, ниже они сильно различаются: на исходной



**Рис. 8.** Временной (а) и глубинный (б) разрезы чехла на профиле МОВ РБ.

Стрелкой показано положение радиобуя. Цифрами на временном разрезе помечены номера отражающих границ; на глубинном разрезе цифры обозначают номер слоя и значения пластовых (в км/с) скоростей продольных волн.

сейсмограмме область аномалии обусловлена волновой пачкой с высокочастотными фазами в ее головной части и низкочастотными в хвостовой; в низкочастотном диапазоне головная часть волновой пачки не фиксируется – это свидетельствует об отсутствии в данном временном диапазоне сейсмических границ. Таким образом, имеет место дисперсия скоростей упругих волн: высокочастотные колебания распространяются в среде быстрее, чем низкочастотные. Сравнение сейсмограмм НСП с суммотрассами ОГТ (рис. 7 в) показывает их хорошее совпадение на временах 4.5–5.0 сек и существенные различия на больших временах. Если принять отметку 5.0 сек за кровлю газовмещающей толщи, а отметку 6.1 сек за ее подошву, получим (с учетом разницы времен регистрации высокочастотных и низкочастотных волн, равной 0.1 сек) оценку дисперсии скоростей около 10 %.

На рис. 7 г представлена скоростная колонка нижней части разреза чехла, полученная для южного участка профиля 3 при интерпретации сейсмограммы ОГТ. Колонка содержит три слоя с пластовыми скоростями (сверху вниз), равными 2.07 км/с, 2.73 км/с и 3.5 км/с; все сейсмические границы одинаково контрастны, но граница в подошве среднего слоя (соответствующее время 6.3 сек) в волновом поле выражена весьма слабо – это, вероятно, обусловлено аномально высоким затуханием упругих волн, что приводит (на сейсмо-

грамме НСП) к экранированию более глубоких сейсмических горизонтов.

Рис. 8 иллюстрирует временной и глубинный разрезы чехла южной части Курильской котловины на профиле МОВ РБ. Материалы получены с использованием пневмоисточника объемом 3 л в полосе частот 20–100 Гц. В разрезе выделено 6 слоев, скоростные параметры верхних трех из них практически совпадают с таковыми для других районов Курильской котловины (рис. 6, 7; [18]). Скорости в нижней части чехла здесь меньше, чем на профиле 3; кроме того, в средней части разреза (слой 4, рис. 8) расположен волновод. Вариации скоростных параметров в слоях нижней части чехла различных участков Курильской котловины могут быть обусловлены как особенностями эпигенеза, так и, в некоторой степени, латеральной изменчивостью в их газонасыщенности. В частности, газогеохимическими исследованиями установлено повышенное содержание метана в придонной воде района профиля МОВ РБ [2, 7]; этот факт, а также присутствие в разрезе чехла отмеченного выше волновода, может свидетельствовать о высокой газонасыщенности пористых осадочных отложений.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Мы рассмотрели типичные акустические аномалии, выявленные в различных районах Охотского моря в результате сейсмических исследований МОВ.

Характерными признаками таких аномалий являются сильное затухание упругих волн (в результате чего на временных сейсмических разрезах наблюдается уменьшение амплитуд) и разрушение осей синфазности отражений вплоть до их исчезновения. Выделено два типа акустических аномалий – локальные (“газовый канал”) и площадные (“мутная” толща).

Многочисленные локальные аномалии зарегистрированы на северо-восточном склоне Сахалина (рис. 3), где они приурочены к песчано-глинистым отложениям дерюгинского горизонта. Эти аномалии пространственно связаны с зонами дизъюнктивных дислокаций и часто сопровождаются выходами в водный слой природного газа (метана, углекислого газа и др.).

Площадные аномалии выявлены во впадине Дерюгина и в Курильской котловине Охотского моря; сопутствующим элементом разреза верхней части чехла на участках их регистрации является BSR. Наличие “мутной” толщи в ассоциации с BSR свидетельствует о газогидратной природе этой границы. Следует отметить, что в работе [3] приведены примеры регистрации BSR на нескольких профилях ОГТ во впадине Дерюгина, где эта граница интерпретирована в качестве диагенетического раздела опал А-СТ. В данном случае такая интерпретация правомерна, так как BSR регистрируется на больших временах (0.5–0.8 сек ниже дна) и отсутствуют акустические аномалии, сопутствующие этой границе.

Акустическая аномалия, связанная с нижней частью чехла Курильской котловины, имеет признаки дисперсии скоростей, что указывает на значительную мощность газомещающих осадочных отложений этой структуры.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы сейсмических исследований МОВ позволяют, как правило, изучить строение и параметры осадочных отложений чехла на акваториях. Однако регистрируемые волновые поля могут быть сильно искажены из-за гетерогенности осадочных толщ, обусловленной существенными латеральными вариациями их газового заполнения. Такие искажения волновых полей часто фиксируются при изучении разрезов, содержащих газогидраты. Одновременное присутствие акустических аномалий и BSR в верхней части разреза является хорошим диагностическим признаком газогидратов. Для большей надежности интерпретации весьма желательно выполнять определение скоростных параметров разреза: в случае “гидратной” BSR скорость под границей меньше, чем над ней, для диагенетической границы опал А-СТ ситуация обратная.

Наличие дисперсии скоростей распространения волн, проявляющейся для отражений от глубоких горизонтов в виде волновой пачки с высокочастотными фазами в ее головной части и низкочастотными в хвостовой, также является диагностическим признаком гетерогенных газомещающих толщ.

В целом представленные материалы позволяют утверждать, что акустические аномалии на временных разрезах МОВ являются индикатором осадочных толщ с частичным газовым заполнением.

Автор выражает благодарность сотрудникам ФГУНП “Севморгео” Ю.В. Рослову и Т.С. Сакулиной за предоставление экспериментальных данных ОГТ. Особенно признателен к.ф.-м.н. С.Н. Медведеву за ценные консультации и помощь при интерпретации материалов МОВ РБ и ОГТ в Курильской котловине Охотского моря.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В.Г., Воробьев Ф.А. Распространение сейсмоакустического импульса в пористой водонасыщенной среде с частичным газовым заполнением // Физика Земли. 1987. № 9. С. 75–79.
2. Коровицкая Е.В., Верещагина О.Ф., Шакиров Р.Б. Применение усовершенствованного метода хроматографического анализа для изучения газов донных отложений Охотского моря // Тез. докл. 4-й конф. молодых ученых, 18–22 мая 2009 г., г. Владивосток. Владивосток, 2009. С. 35–36.
3. Литвинова А.В. Основные особенности сейсмокомплексов кайнозойского чехла впадины Дерюгина (Охотское море) // Сб. материалов IV Сахалинской молодежной научной школы, 2–5 июня 2009 г., г. Южно-Сахалинск. Южно-Сахалинск, 2009. С. 143–149.
4. Медведев С.Н. Определение лучевых скоростей в трансверсально-изотропной среде по сейсмограмме общего пункта приема // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 1. С. 100–117.
5. Медведев С.Н. Глубинное сейсмическое зондирование анизотропной среды // Докл. РАН. 2010. Т. 431, № 6. С. 1–5.
6. Николаев А.В. Сейсмика неоднородных и мутных сред. М.: Наука, 1972. 175 с.
7. Обжиров А.И. Газогеохимические исследования в Охотском море // Дальневосточные моря России. Кн. 3. Геологические и геофизические исследования. М.: Наука, 2007. С. 268–278.
8. Обжиров А.И. Экспедиция ТОИ ДВО РАН в Охотское море на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (рейс № 50) с 5 по 28 июня 2010 г. // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 123–126.
9. Обжиров А.И. Международная научная экспедиция в Охотское море на НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (рейс № 56) с 9 по 28 августа 2011 г. // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 2. С. 101–102.
10. Сакулина Т.С., Каленич А.П., Атаков А.И. и др. Геологическая модель Охотоморского региона по данным опорных профилей 1-ОМ и 2-ДВ-М // Разведка и охрана недр. 2011. № 10. С. 11–17.

11. Соломатин А.С., Юсупов В.И., Черных Д.В. Акустические исследования газовых факелов Охотского моря // Материалы докл. 6-го Всерос. симпоз., 7–11 сентября 2009 г., г. Владивосток. Владивосток, 2009. С. 126–131.
12. Уайт Д.Е., Михайлова Н.Г., Ляховицкий Ф.М. Распространение сейсмических волн в слоистых средах, насыщенных жидкостью и газом // Физика Земли. 1975. № 10. С. 44–52.
13. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М.: Науч. мир, 2010. 276 с.
14. Cruise report: КОМЕХ. RV Professor Gagarinsky cruise 32. Seismo-stratigraphic research of northern Sakhalin and in the Derugin Basin / Ed. T. Lüdmann, B. Baranov, and B. Karp // GEOMAR report. Kiel, 2002. V. 105. 42 p.
15. Guerin G., Goldberg D., Meltser A. Characterization of in situ elastic properties of gas hydrate-bearing sediments on the Blake Ridge // Jour. Geophys. Res. 1999. V. 104, N B8. P. 17.781–17.795.
16. Horozal S., Lee G.H., Yi B.Y. et al. Seismic indicators of gas hydrate and associated gas in the Ulleung Basin, East Sea (Japan Sea) and implications of heat flows derived from depths of the bottom-simulating reflector // Marine Geology. 2009. V. 258. P. 126–138.
17. Hyndman R.D., Foucher J.P., Yamano M. et al. Deep sea bottom-simulating-reflectors: calibration of the base of the hydrate stability field as used for heat flow estimates // Earth and Planet. Sci. Lett. 1992. V. 109. P. 289–301.
18. Karp B., Prokudin V. Compressional wave velocities of the sedimentary cover of the deep Kuril Basin // GEOMAR report. Kiel, 2000. V. 88. P. 38–41.
19. Kim D.C., Lee G.S., Lee G.H., Park S.C. Sediment echo types and acoustic characteristics of gas-related acoustic anomalies in Jinhae Bay, southern Korea // Geosci. Jour. 2008. V. 12, N 1. P. 47–61.
20. Nagakubo S., Kobayashi T., Saeki T. et al. The relations between methane hydrate-bearing formations and seafloor manifestations accompanied by methane discharges in the Eastern Nankai Trough // Journ. Geography. 2009. V. 118, N 5. P. 835–853.
21. Operation report of Sakhalin Slope Gas Hydrate Project 2009, RV Akademik M. A. Lavrentyev cruise 47 / Eds. H. Shoji, Y. K. Jin, A. Obzhairov, B. Baranov. New Energy Resources Research Center, Kitami Inst. of Technology, 2010. 136 p.
22. Wong H.K., Lüdmann T., Baranov B.V. et al. Bottom current-controlled sedimentation and mass wasting in the north-western Sea of Okhotsk // Marine Geology. 2003. V. 201. P. 287–305.
23. Yuan T., Hyndman R.D., Spence G.D., Desmons B. Seismic velocity increase and deep-sea gas hydrate concentration above a bottom-simulating reflector on the northern Cascadia continental slope // Jour. Geophys. Res. 1996. V. 101, N B6. P. 13.655–13.671.
24. Zillmer M., Flueh E.R., Petersen J. Seismic investigation of a bottom simulating reflector and quantification of gas hydrate in the Black Sea // Geophys. J. Int., 2005. V. 161. P. 662–678.

*Рекомендована к печати П.Г. Кулиничем*

### ***V.G. Prokudin***

#### **Some aspects of the time cross-section interpretation from the reflection seismic data in the Okhotsk Sea**

The study of the reflection seismic profiles in the Okhotsk Sea has revealed the presence of acoustic anomalies of two types – local (“gas chimney”) and areal (“turbid” substance). It was shown that acoustic anomalies on the continuous seismic profiles are a good indicator of gas-bearing sediments with a partial gas filling. Numerous local anomalies recorded on the continental slope of Sakhalin are spatially related to zones of disjunctive dislocations. Simultaneous presence of both acoustic anomalies and bottom simulating reflector (BSR) in the upper part of the cross-section is a good diagnostic marker of gas hydrates. The seismic wavelet velocity dispersion is due to the acoustic anomaly generated in the lower part of the Kuril basin sediments. The velocity dispersion indicates the presence of thick gas-bearing sedimentary deposits of the structure.

***Key words:* reflection method, time cross-section, acoustic anomaly, gas hydrates.**