

УДК 550.834 (571.66)

НОВОЕ В СТРОЕНИИ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА СРЕДИННО-КУРИЛЬСКОГО ПРОГИБА (ПО ДАННЫМ НСП)

© 2012 В.Л. Ломтев, В.Н. Патрикеев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 693022; e-mail: lomtev@imgg.ru

По результатам повторной интерпретации данных непрерывного сейсмопрофилирования рассматриваются новые черты строения северной части Срединно-Курильского междугового прогиба (Курильская островная дуга). Среди них: несогласия в позднекайнозойском чехле и обстановки осадконакопления; многочисленные газопроявления (окна и столбы) как зоны перерыва или заметного ослабления интенсивности отражающих границ в осадочном чехле и возможный источник газа *in situ*; аномалии типа «залежь» и газогидраты; небольшие, вероятно вулканические, конусы на подводном хребте Северного Витязя, особенности строения долинной сети. С учетом результатов переинтерпретации обсуждаются некоторые проблемные аспекты геологии и истории формирования междугового прогиба и смежных островодужных морфоструктур и Курильского глубоководного желоба.

Ключевые слова: прогиб, чехол, несогласие, газопроявление, газогидрат, аномалия типа «залежь».

В статье по результатам переинтерпретации данных непрерывного сейсмопрофилирования (НСП), полученных в рейсах НИС «Пегас»-1977 и «Морской геофизик»-1982, рассматриваются новые черты строения севера Срединно-Курильского прогиба, включая признаки газоносности позднекайнозойского чехла (рис. 1-5). Первая интерпретация этих результатов, кроме профиля 4/82, сделана С.С. Снеговским (Геолого-геофизический..., 1987).

Одноканальное сейсмопрофилирование проводилось, в основном, на 6-7-узловом ходу с использованием электроискровых источников с запасенной энергией 100-150 и 25 Кдж, которые обеспечивали регистрацию сейсмических сигналов в частотных диапазонах 40-120 (1977 г.) и 80-200 (1982 г.) Гц. Большая часть представленных в работе фрагментов временных разрезов НСП получена при низкочастотной регистрации отраженных волн в процессе изучения структуры Курило-Камчатского желоба и подводной части Курило-Камчатской дуги. Для большей глубинности исследований и, следовательно, увеличения соотношения сигнал-шум, приемное устройство транспортировалось на удалении от кормы судна на расстоянии не менее 300 м. Поэтому на многих временных разрезах, полученных вблизи островов, где глубины составляют

первые десятки метров и на дно выходят высокоскоростные породы (лавовые потоки), в первых вступлениях регистрируются преломленные волны (Тектоника..., 1980). Глубинность НСП в кайнозойском чехле обычно не превышала 1-2 км при разрешающей способности 10-15 м, а при геологической интерпретации представленных материалов возникали некоторые ограничения и помехи (рекогносцировочный масштаб съемки; отсутствие связующих профилей в междуговом прогибе; зоны избыточного газонасыщения и кратные отражения (до 1-7); усиление контрастности сейсмозаписи, связанное с желанием геологов получить отражения от кровли акустического фундамента).

Со времени Международного геофизического года (1957 г.) и начала работ ГСЗ в Охотско-Курильском регионе Срединно-Курильский прогиб оставался «в тени» смежных морфоструктур (Тектоника..., 1980, 2004). Интерес к нему возобновился недавно и связан с перспективами нефтегазоносности его юга (Геолого-геофизическая..., 2009; Кровушкина и др., 2005), газогидратами и грязевулканами в прикурильской части Охотского моря (Бондаренко, Рашидов, 2011; Веселов и др., 2000; Матвеева, Соловьев, 2003), а также залежами углеводородов (далее УВ) на Западной Камчатке

и о-ве Хоккайдо (Геолого-геофизическая..., 2009; Мотовилов и др., 1987).

В настоящей работе акцент сделан на новых для междугловых прогибов углеводородных аспектах интерпретации (газопроявления, газогидраты, аномалии типа «залежь» и VAMP-структуры (VAMP's – velocity-amplitude anomalies (Scholl, Cooper, 1978)), основанный на возможности применения НСП в нефтегазопроисловых исследованиях в океане (Жильцов, 2000; Ломтев и др., 2004). Известно, что газонасыщение отложений приводит к изменению их физических свойств, которое должно отображаться в волновом сейсмическом поле и в том числе на аналоговых, отличающихся малым динамическим диапазоном, временных разрезах. При этом на разрезах можно наблюдать множество локальных аномалий (Жильцов, 2000; Медовский,

Мустафаев, 1959; Мирчинк и др., 1961). К ним относятся: 1) положительные («яркое пятно») или отрицательные аномалии интенсивности отраженных волн в зависимости от акустических свойств отложений на границах газонасыщенного коллектора; 2) локальные ложные прогибы отражающих границ из-за уменьшения интервальных скоростей в газонасыщенном коллекторе; 3) обращение полярности сигнала и дифракции на границах пласта-коллектора; 4) аномальное затухание высоких частот, в основном, ниже коллектора из-за повышенного поглощения сейсмических волн в газонасыщенных отложениях. Если совокупностью такого рода локальных аномалий сформированы значительные участки аналоговых временных разрезов, на которых выделяются такие специфические структуры как газовые окна, столбы, ложные провалы отражающих границ в своде антиклиналей и другие, то предположение о газонасыщенности этих участков является вполне реальным. Дополнительным аргументом в пользу данного предположения является наличие признаков полей придонных газогидратов на временных разрезах НСП, которые проявляются в секущих основную слоистость осях синфазности, а также в высокой интенсивности волн, отраженных от их подошвы.

Для такой качественной оценки газонасыщенности отложений не требуется чрезвычайно высокого качества сейсмических разрезов с непременно цифровой регистрацией сейсмических сигналов. Вполне достаточно разрезов с аналоговой регистрацией, полученных при высоком соотношении сигнал-шум с применением широкополосного, согласованного источника. При этих условиях будет обеспечена необходимая информация о морфологии отражающих границ и достаточная для приблизительной оценки амплитуд отраженных волн, что позволит обнаруживать на временных разрезах перечисленные ранее локальные аномалии и специфические структуры. Однако данные аномалии и структуры не всегда обусловлены газонасыщением отложений и могут определяться другими особенностями строения среды, например, ослабление интенсивности отраженных волн в районе так называемых газовых окон и столбов может быть связано с дефокусировкой волн при отражении от выпуклых границ. Кроме того, не всегда удается, даже по материалам с цифровой регистрацией, однозначно определить природу той или иной аномалии или специфической структуры. Поэтому для интерпретатора важно из всей совокупности признаков газонасыщенности отложений выделить те из них, которые в меньшей степени определяются другими особенностями строения среды или качеством исходных разрезов. В нашем случае это все локальные

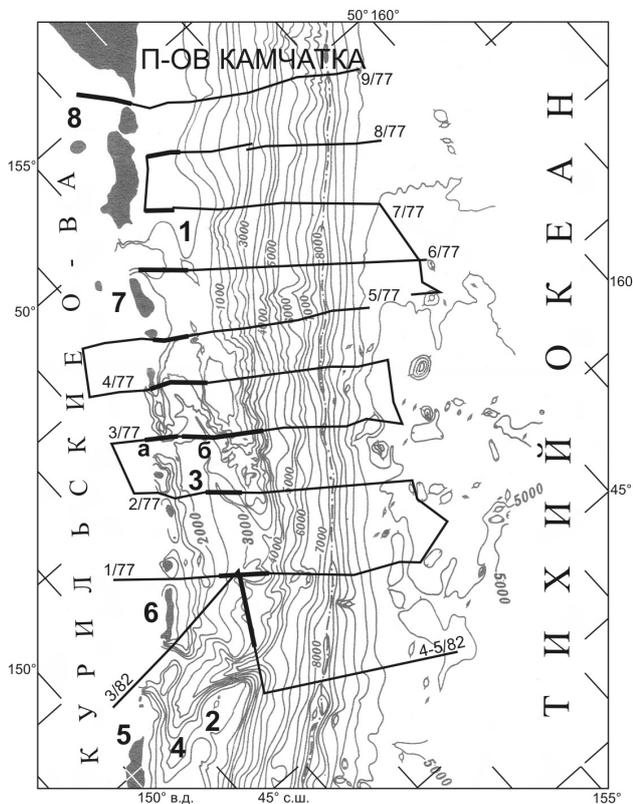


Рис. 1. Батиметрическая карта региона с сечением изобат 500 м и схемой профилей НСП 1977 и 1982 годов (Тектоника..., 1980): 1, 2 – Северный и Южный хребты Витязя соответственно; 3, 4 – северная и южная части Срединно-Курильского прогиба и их главные каньоны Крузенштерна и Буссоля соответственно; 5 – о. Уруп; 6 – о. Симушир и прогиб Атласова; 7 – о. Онекотан и Онекотанское поперечное поднятие; 8 – Голыгинский прогиб (Тектоника..., 2004). В последней работе предполагается, что единый тыловой прогиб Атласова (Гнибиденко, 1979) разделен наложенным вулканическим поднятием в районе о. Онекотан. Выделены фрагменты профилей, представленных на рис. 2-5, включая два фрагмента а и б профиля 3/77 на рис. 3.

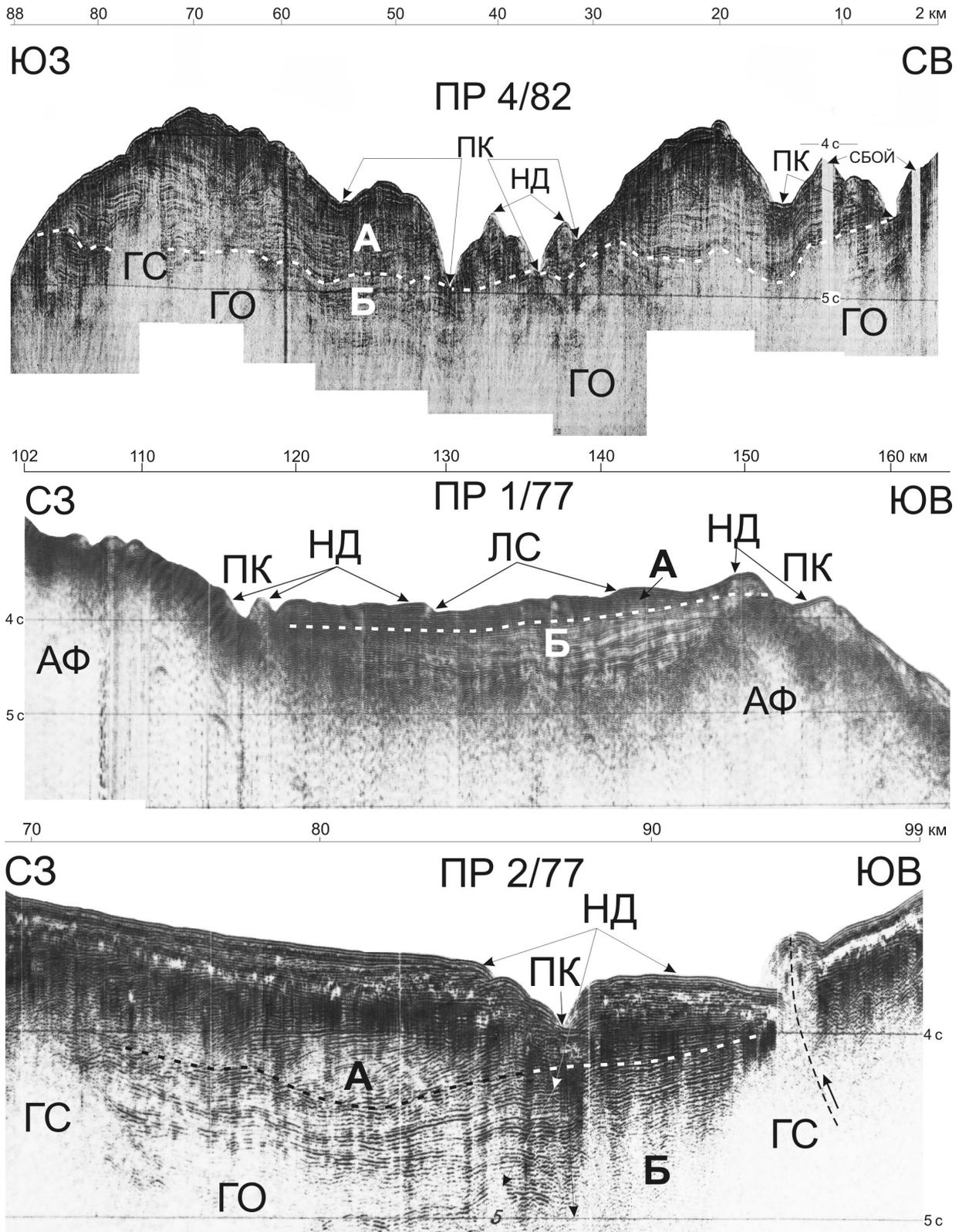


Рис. 2. Фрагменты профилей НСП ПР 4/82, ПР 1/77 и ПР 2/77. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега, горизонтальный масштаб – в км здесь и на рис. 3-5 (Геолого-геофизический..., 1987): АФ – «акустический» фундамент; А, Б – сеймокомплексы позднекайнозойского чехла, пунктир – несогласия здесь и на рис. 3-5, выделенные разным цветом по условиям визуализации в контрастном (светлый) или полупрозрачном (черный) разрезе; ПК, НД – подводный каньон и его намывные дамбы здесь и на рис. 3, 4; ЛС – ложбина стока здесь и на рис. 3; ГО, ГС – газовые окна и столбы (газопроявления) здесь и на рис. 3-5; пунктир со стрелкой – сместитель взброса с предполагаемым смещением висячего крыла здесь и на рис. 4. Положение профилей представлено на рис. 1.

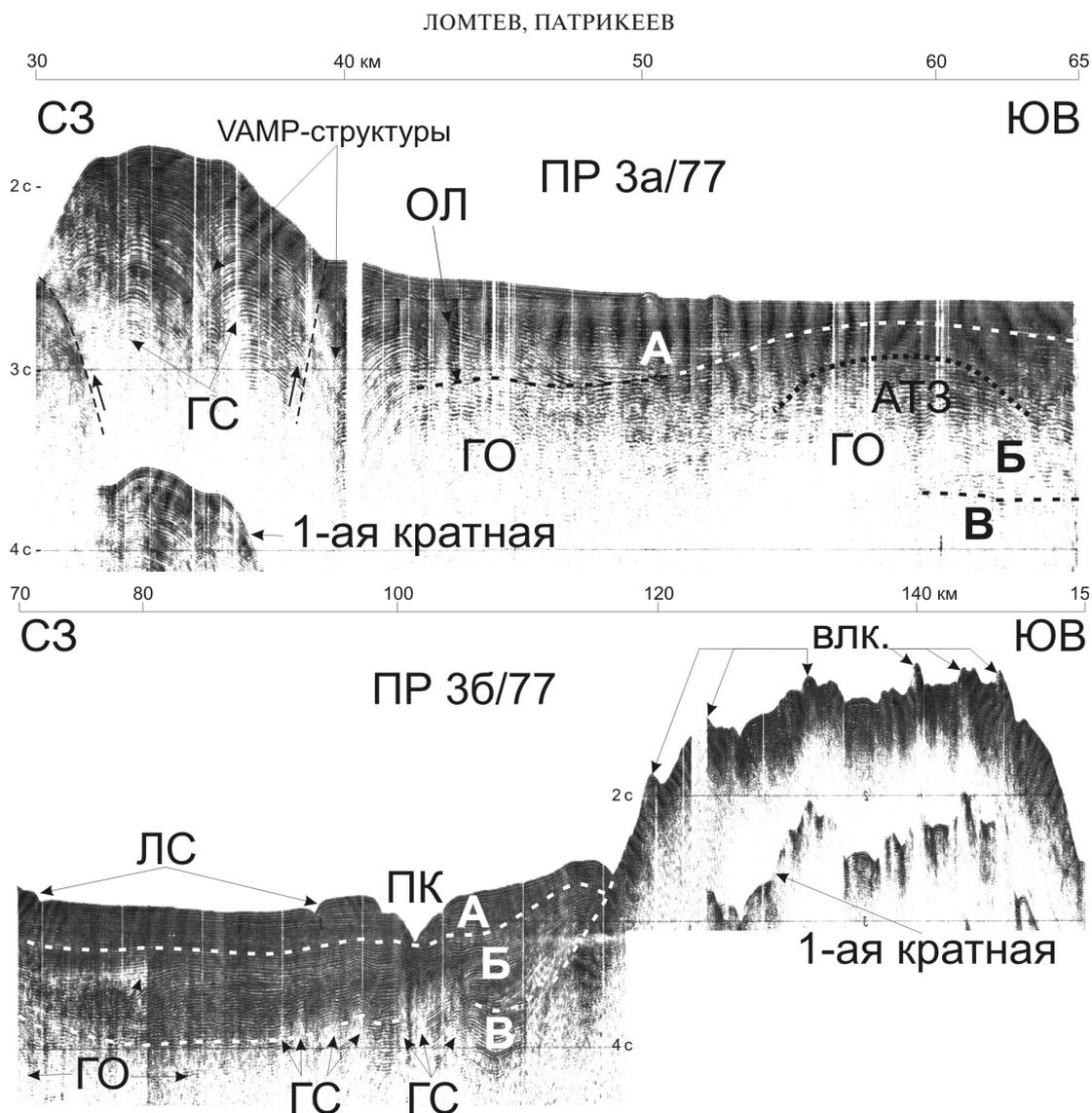


Рис. 3. Фрагменты профилей ПР 3а/77 и ПР 3б/77: В – древний сейсмокомплекс чехла здесь и на рис. 4, 5; ОЛ – осадочная лопасть; АТЗ – аномалия типа «залезь» с кровлей, выделенной точками, здесь и на рис. 4; влк. – вероятно вулканические постройки на вершине хребта Северного Витязя; VAMP-структуры. Выделены кратные отражения здесь и на рис. 4, 5. Остальные обозначения см. на рис. 2. Положение профилей представлено на рис. 1.

аномалии и специфические структуры, характер которых определяется морфологией осей синфазности на временных разрезах. Например, это ложные провалы осей синфазности в своде антиклиналей, ослабление интенсивности отраженных волн при горизонтальной расслоенности или даже вогнутом характере границ.

При переинтерпретации были обнаружены и другие особенности строения (замыкание прогиба, несогласия, сейсмокомплексы А-В, деформации долиной сети, небольшие, вероятно вулканические, конусы на хребте Витязя или Северного Витязя по (Сваричевский и др., 1979).

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИИ

В структуре Курильской дуги Срединно-Курильский прогиб разделяет ее внутреннюю,

вулканическую (Большая Курильская гряда) и внешнюю, невулканическую (Малая Курильская гряда и подводный хребет Витязя) дуги (междугровой прогиб). Грабен Буссоль делит его на южную и северную части (Геолого-геофизическая..., 2009; Тектоника..., 2004). Протяженность и ширина последней достигают 600 и 50-70 км соответственно (Геолого-геофизический..., 1987). Но в действительности протяженность северной части прогиба несколько меньше из-за его замыкания между профилями 8 и 9/77 (рис. 5). Отметим также структурные пережимы прогиба мористее о. Онекотан и вблизи профиля 1/77 (рис. 1). Последний фиксирует малая (~ 0.9 км) мощность осадочной линзы (сейсмокомплексы А и Б), слабая газонасыщенность осадков и уверенное прослеживание акустического фундамента, сложенного вулканитами неогена

НОВОЕ В СТРОЕНИИ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА

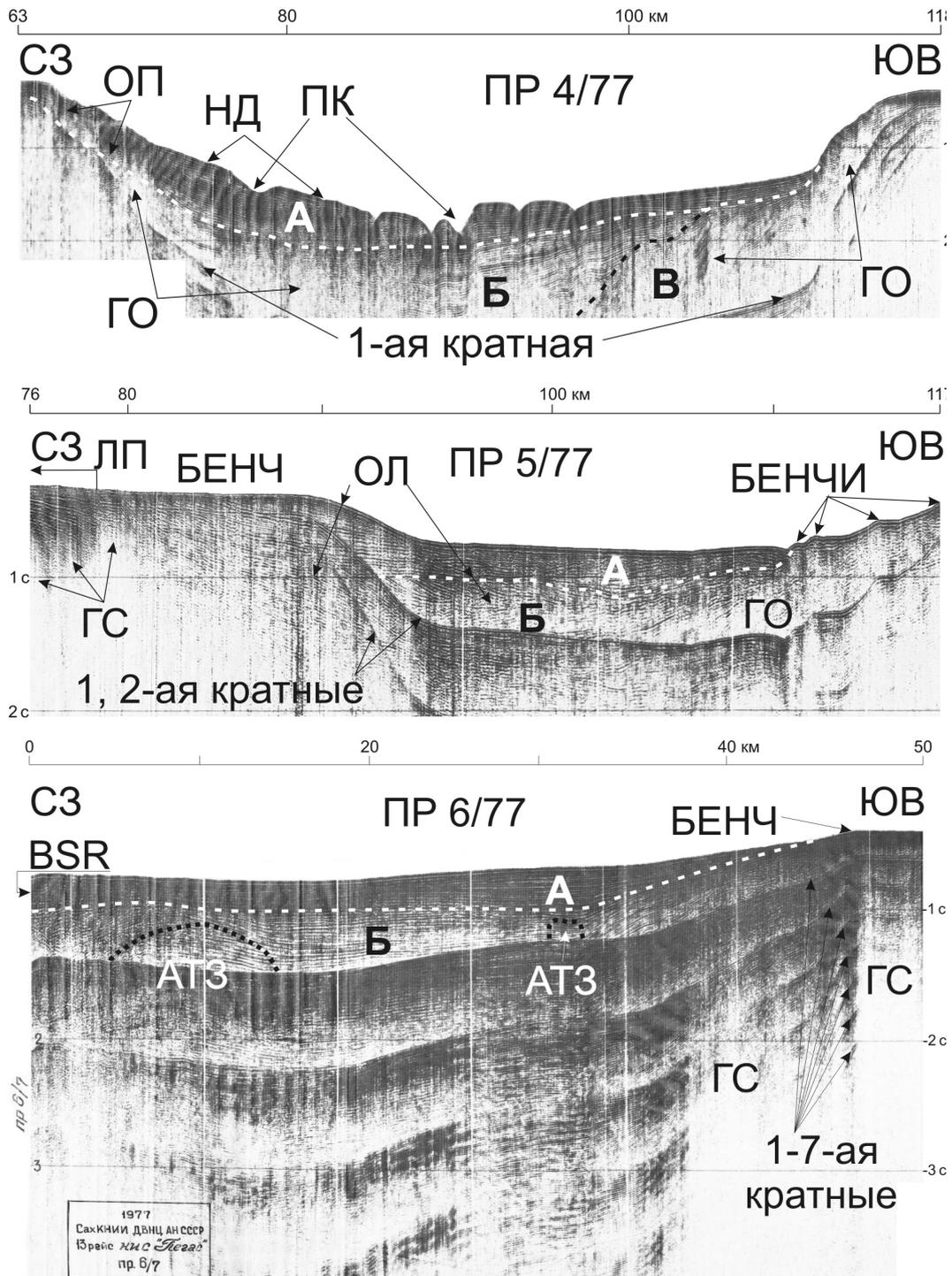


Рис. 4. Фрагменты профилей ПР 4/77 ПР 5/77и ПР 6/77: ОП – оползень; ЛП – край лавового потока на дне. Остальные обозначения см. на рис. 2. Положение профилей представлено на рис. 1.

и/или палеогена (Леликов, Емельянова, 2011). В этих границах прогиб представляет собой продольную батиальную депрессию, открытую к югу в сторону батияцентра с глубинами 2-3 км (рис. 1).

Депоцентр прогиба по редким профилям метода общей глубинной точки (МОГТ) намечен близ 48-й параллели ~ в 200 км к югу от края камчатского шельфа, где подошва кайнозойского чехла залегает на глубинах 3-5 км (Тектоника...,

2004). Его повышенная (≤ 4 км) мощность установлена и севернее на профилях МОГТ 1639 и 1632, следующих через Первый и Четвертый Курильские проливы. На этих профилях и отчасти профиле НСП 9/77 (рис. 6) кайнозойские толщи (комплекс **В**) выходят на склоны Курильской дуги (Геолого-геофизический..., 1987; Тектоника..., 1980, 2004). Это означает, что они принадлежат инверсированному Курило-

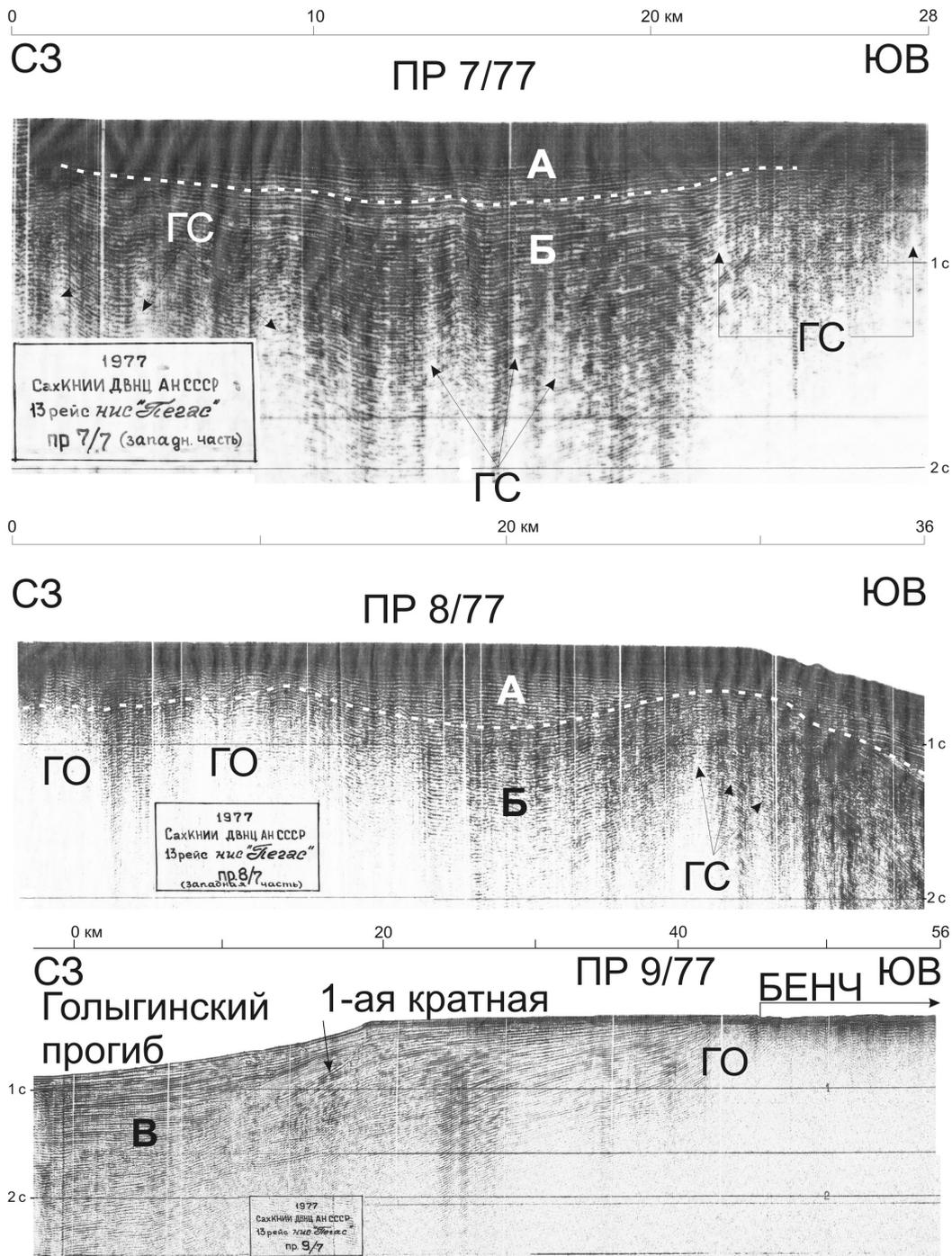


Рис. 5. Фрагменты профилей ПР 7/77, ПР 8/77 и ПР 9/77: BSR – bottom simulating reflector (отражающая граница в подошве газогидратов). Остальные обозначения см. на рис. 2. Положение профилей представлено на рис. 1.

Охотскому осадочному бассейну (Ломтев, 2008). К батичесентру прогиба мощность чехла сокращается до 1 км (Тектоника..., 1980, 2004), кроме района профиля 4/82 (рис. 2) с увеличенной (до ~1.7 км при скорости распространения продольных волн 1800 м/с) мощностью осадков.

Несогласия. На севере междугового прогиба несогласия на профилях НСП распространены почти везде (рис. 2-5). Они разделяют сейсмокомплексы А, Б и В (профили 3б и 4/77) и связаны в

основном с поднятием хребта Северного Витязя, о-вов Большой Курильской гряды и их абразией. Воздымание хребта на профилях 2–8/77 видно по налеганию и последующему подъему осадков с максимумом (1.5 км) на профиле 3б/77, взбросам восточного падения на профилях 2/77 (рис. 3) и, возможно, 5/77 (разновысотные бенчи на рис. 4), намечающих вероятно выход фокальной зоны Тараканова того же падения. Последняя представляет собой глубокий (до 100 км) сейсмоактивный разлом восточного падения, выходящий

на дно в районе внешней дуги (Кропоткин, 1978; Тектоника..., 1980).

На вулканических островах Большой Курильской гряды и ее охотской окраине воздымания дна обусловлены внедрением крупных объемов магмы в кайнозойский чехол (Геолого-геофизический..., 1987; Ломтев, 2010; Тектоника..., 2004), которое на профилях 3б и 4/77 достигает 1.2 км (рис. 3, 4). На последнем, проходящем вблизи о. Шиашкотан, оно заметно по подъему комплекса А, асимметрии каньона и его намывных дамб у пикета 80 км, вызванной смещением русла из-за растущего перекоса дна, и сползанию осадков с шероховатыми сейсμοфациями (микроскладки) у бровки островного склона.

Есть несогласия, связанные с палеоглубинами седиментационного бассейна. Последние согласно (Сейсмическая..., 1982) близки высоте клиноформ с угловым несогласием в подошве. Так, на профиле 5/77 между пикетами 90 и 102 км в кровле комплекса Б обнаружена косослоистая, абрадирующая в кровле, пачка (осадочная лопасть) мощностью до 200 м. В период ее накопления и последующей абразии палеоглубины не превышали 0–300 м, что существенно меньше современных, например, клиноформ осадочной лопасти (сейсмокомплекс А) на профиле 5/77, частью абрадируемых на уровне шельфа о. Харимкотан (рис. 4).

Близкие значения палеоглубин были и при формировании осадочной лопасти мощностью до 300 м, пересеченной профилем 3а/77 почти под прямым углом близ о. Райкоке. Она осложнена молодыми взбросами, газовыми столбами и VAMP-структурами, поэтому на профиле видно только одно ее крыло (рис. 3). Источником осадков для упомянутых осадочных лопастей, включая скрытые (газовое окно) клиноформы комплекса В на профиле 4/77, вероятно является абразия близлежащих вулканических островов.

Угловое несогласие между комплексами А и Б на профиле 2/77 в подошве намывной дамбы каньона Крузенштерна (Геолого-геофизический..., 1987) обусловлено более крутым залеганием слоев турбидитов сейсмокомплекса А в сравнении с подстилающими (на профиле 2/77 выделены двойной стрелкой). Его формирование вероятно обусловлено ростом скорости русловых (турбидитных) потоков из-за увеличения энергии и перепада рельефа (см. выше). Ту же природу видимо имеют и несогласия между упомянутыми комплексами на профилях 1, 3б и возможно 4/82 (двухфазное отражение).

Сейсмокомплексы А-В. В исследуемом регионе сведения о возрасте чехла и акустического фундамента получены по материалам

редких драгировок (Корнев и др., 1982; Леликов, Емельянова, 2011; Тектоника..., 1980) и геологии о-ов Курильского архипелага (Геолого-геофизический..., 1987; Ковтунович и др., 2004; Сергеев, 1976). В Срединно-Курильском прогибе на временных разрезах НСП акустический фундамент не выделяется, исключая профиль 1/77. Кайнозойский чехол, как и в Курильской котловине, разделяется на два крупных комплекса: верхний, расслоенный с протяженными, контрастными отражениями и нижний, представленный в верхней своей части слабыми, непротяженными отражениями, переходящими ниже в акустически прозрачную толщу. Увязка разрезов в Курильской котловине, Срединно-Курильском прогибе и на хребте Витязя с материалами островной геологии и данными драгирования позволяет предполагать, что верхний комплекс сложен плиоцен- или поздний плиоцен-четвертичными отложениями, нижний — преимущественно миоценовыми отложениями (Корнев и др., 1982; Кровушкина и др., 2005). По данным НСП и МОГТ меловой «акустический» фундамент прослеживается в Курильской котловине и на хребте Витязя, но в пределах Большой Курильской гряды и Срединно-Курильском прогибе выделяется слабо даже на временных разрезах МОГТ. На западе Пацифики контрастность кайнозойского чехла на профилях НСП и МОГТ связана с терригенными осадками и пирокластикой, включая продукты абразии вулканических островов (Селиверстов, 1987). С учетом результатов массового, био- (диатомей) и радиоизотопного (К-Аг) датирования вулканических о. Уруп (Ковтунович и др., 2004) верхнюю контрастную толщу можно датировать поздним (10.5–11.0 млн. лет) миоценом-квартером. С учетом мощности толщи (1–2 км) скорость ее аккумуляции составит 100–200 м/млн. лет. Заметим, что в палеогене-среднем миоцене на Малой Курильской гряде и хребте Витязя также известны вулканические проявления (Леликов, Емельянова, 2011; Корнилова, Митрофанова, 1979; Корнилова, Табоякова, 1979). Но их масштабы, судя по малым вулканическим формам высотой менее 200 м и диаметром основания 1–2 км на профиле 3б/77 (один из конусов у пикета 146 км имеет вершинный кратер; рис. 3), вероятно невелики в сравнении с позднемiocен-четвертичными на Большой Курильской гряде и ее охотской окраине (Подводный..., 1992; Тектоника..., 1980, 2004). Конечно, эти конусы на уплощенной вершине хребта Северного Витязя можно рассматривать и как абразионные останцы прочных разностей мощного чехла неогеновых отложений. Однако отсутствие этих форм на более приподнятой и абрадирующей части вершины Северного и Южного хребтов

Витязя (Корнев и др., 1982; Сваричевский и др., 1979) позволяет с учетом данных драгирования и магнитометрии (региональная Восточно-Курильская аномалия) рассматривать их как вулканические постройки (Геолого-геофизический..., 1987; Леликов, Емельянова, 2011; Тектоника..., 1980).

Косвенные оценки позднекайнозойского возраста комплексов А-В можно получить при использовании кривой палеоглубин Пацифики (Хосино, 1986) с позднемиоцен-раннечетвертичной задержкой уровня на отметке «-1» км (эпоха абразии и формирования вершинных бенчей хребтов Южного и Северного Витязя и аваншельфа Охотского моря), темпов осадконакопления в глубоководных желобах (в среднем 500-1000 м/млн. лет (Ломтев, Патрикеев, 1988)). В ряде случаев можно опираться на общепринятый позднечетвертичный возраст шельфов, например, при датировании абрадируемых клиноформ комплекса А на профиле 5/77.

Таким образом, по результатам изучения несогласий и сейсмокомплексов северной части Срединно-Курильского прогиба приходим к выводу о его геологической молодости. Вместе с тем отсутствие связующих профилей (межгалсовая корреляция разрезов осадочного чехла) и параметрических скважин оставляет открытым вопрос насколько он молод (миоцен, а возможно и квартал?).

Газопроявления. В сейсморазведке методом отраженных волн известны более 50 лет как «слепые зоны», трубы дегазации, зоны отсутствия отражений (ОО), зоны газонасыщения, плюмы, газовые окна, столбы, конусы, факелы, струи, «нити» (Жильцов, 2000; Журавлев, 1995; Ломтев и др., 2004; Ломтев, Литвинова, 2012; Ломтев и др., 2008; Медовский, Мустафаев, 1959). На временных разрезах МОГТ и НСП они опознаются по перерыву или заметному ослаблению интенсивности отражающих границ в чехле или магматических комплексах. По данным газового каротажа в Северо-Сахалинском нефтегазовом бассейне газопроявления фиксируются по избыточному (~ 5-30%) газонасыщению кайнозойского чехла (Ломтев и др., 2004). На Луньской массивной залежи газоконденсата А.В. Журавлев (1995) по данным МОГТ ОАО «Дальморнефтегеофизика» (ДМНГ) показал, что зона газопроявлений в ее покрове практически не выходит за периметр этой залежи. Этот вывод подтвержден данными малоуглубинного НСП Дальневосточной морской инженерно-геологической экспедиции (ДВМИГЭ) и по ряду других залежей УВ (Жильцов, 2000). Местами отмечаются выходы газа в воду в виде факелов (струй), обычно наклонных за счет течений (Николаева и др., 2009; Обжиров, 2010; Обжиров

и др., 2002). Выделим Изильметьевскую залежь газа на сахалинском шельфе Татарского пролива, которая располагается, судя по профилю МОГТ 420 (фонды ДМНГ), над газовым столбом, прослеживаемым от подошвы кайнозойского чехла. Миграция газа по нему сформировала газовую залежь и придонные газогидраты, вскрытые мелкой структурной скважиной ДВМИГЭ (А.М. Жильцов, личное сообщение, 2000; Ломтев и др., 2004).

На севере Срединно-Курильского прогиба газопроявления обнаружены почти на всех профилях (рис. 2-5). С ними связано резкое ослабление отраженных волн с глубиной (газовые окна и столбы) и отсутствие отражений от акустического фундамента. Заметим, что с усилением контрастности чехла на временных разрезах газопроявления не выделяются, например, на профиле 36/77 (рис. 3). Во многих случаях, когда оператором сделано чрезмерное усиление сейсмозаписи, интерпретатору удобнее использовать для выделения газовых окон и столбов поле кратных волн, где сейсмозапись существенно ослаблена (рис. 4, профиль 6/77).

Отметим также небольшой газовый столб вдоль молодого взброса восточного падения на западном борту хребта Северного Витязя на профиле 2/77 (рис. 2). Он фиксирует вертикальную миграцию газа в трещиноватой приразломной зоне шириной 1 км.

На тихоокеанской окраине о. Симушир профиль 4/82 пересекает обширную зону избыточной газонасыщенности позднекайнозойского чехла мощностью до 1.7 км (определена при скорости распространения продольных волн 1800 м/с) и протяженностью 80 км. Эта зона простирается от грабена Буссоль на юге до структурного пережима в районе профиля 1/77, где мощность чехла меньше и заметных газопроявлений нет (рис. 2).

Газогидраты. Обнаружены на профилях МОГТ и НСП, а также по данным бурения и пробоотбора в верхней части кайнозойского чехла континентальных окраин и окраинных морей, в том числе Охотского (Бондаренко, Рашидов, 2011; Веселов и др., 2000; Геворкьян, Сокур, 2012; Дмитриевский, Валяев, 2004; Донченко, 2009; Матвеева, Соловьев, 2003; Николаева и др., 2009). Их считают батинальными образованиями, хотя недавно они обнаружены по материалам бурения и МОГТ на шельфах Западного и Северного Сахалина (Ломтев и др., 2004; Ломтев, Литвинова, 2012).

На севере Срединно-Курильского прогиба придонные газогидраты предполагаются на профиле 6/77 (рис. 4). Их присутствие, как и на шельфе Северного Сахалина (Ломтев, Литвинова, 2012), надежно фиксирует цуг из семи кратных отражений, обусловленный скач-

ком (до 2.5 км/с) скорости распространения продольных волн в газогидратах. Параллельная дну отражающая граница BSR (bottom simulating reflector) в подошве газогидратов срезает слои на западном крыле антиклинали у пикета 10 км. Другими признаками газогидратов как известных флюидоупоров (Дмитриевский, Валяев, 2004; Донченко, 2009; Ломтев, Литвинова, 2012; Матвеева, Соловьев, 2003; Scholl, Cooper, 1978) в начале профиля 6/77 и на профиле 3а/77 являются газовые окна, аномалии типа «залежь» и VAMP-структуры.

Если считать, что газогидраты контролируют газонасыщенность чехла на севере междугового прогиба, следовательно, можно предполагать их широкое распространение.

Аномалии типа «залежь» (АТЗ). Они выделяются на временных разрезах МОГТ в нефтегазоносных бассейнах мира, а недавно обнаружены и на профилях НСП МОВ на шельфе, батиали и абиссали Пацифики (Березкин и др., 1979; Жильцов, 2000; Ломтев и др., 2004, 2008; Прогнозирование..., 1988). На временных разрезах МОГТ по Чайвинскому многопластовому месторождению УВ на шельфе СВ Сахалина описаны два типа АТЗ. В его центре (свод Чайвинской антиклинали) закартирован ложный симметричный провал отражающих границ шириной 2 км, на 200-300 м захватывающий и низы покрывки, а на периферии – ложный минигайот или трапеция. Связь отмеченных АТЗ с залежью углеводородов заверена бурением и дала толчок крупномасштабной нефтегазовой разведке шельфа СВ Сахалина, а ныне и его промышленной разработке. Выделим также известное в нефтегазовой сейсморазведке различие в величинах снижения скорости продольных волн в нефтяных (до 5-6 %) и газовых (до 30 %) пластах, которое практически исключает выделение АТЗ первых на фоне вторых в многопластовых нефтегазовых залежах. По данным В.Э. Кононова ширина АТЗ и залежей УВ в Северо-Сахалинском нефтегазоносном бассейне соотносятся как 1:3 (Ломтев и др., 2004). Широко известны и другие, хотя и не столь надежные, признаки залежей УВ на временных разрезах МОГТ – яркое пятно, смена полярности сигнала, дифракции, аномальное затухание высоких частот и ухудшение коррелируемости отражающих границ (Березкин и др., 1979; Жильцов, 2000; Ломтев и др., 2008; Прогнозирование..., 1988).

На временных разрезах НСП в Срединно-Курильском прогибе нередко наблюдаются участки аномального рельефа отражающих границ, выражающиеся в резком или плавном их прогибании, которое зачастую не связано с тектоникой или седиментацией, а обусловлено избыточным газонасыщением. Последнее сопро-

вождается уменьшением в них скорости распространения продольных волн, что вызывает искривление (прогибание) осей синфазности волн, отраженных от залегающих ниже этих отложений границ. Следовательно, по амплитуде аномалии и мощности газонасыщенных отложений можно оценить величину уменьшения в них скорости продольных волн, которая напрямую определяет степень их газонасыщения. Однако такая оценка возможна при субгоризонтальном залегании и непрерывной корреляции отражающих границ, что выполняется лишь на некоторых участках временных разрезов с аномальной записью. Одними из таких являются участки временного разреза по профилю 6/77 на пикетах 30-35 км и отчасти 7-10 км (рис. 3, 4). В их пределах было получено уменьшение скоростей продольных волн в газонасыщенном слое мощностью 100 м примерно на 10-12 %.

Две VAMP-структуры обнаружены в основании подводного склона о. Райкоке на профиле 3а/77 (рис. 3). Они представляют собой ложные провалы отражающих границ, то есть АТЗ, которые распространяются вверх по разрезу, захватывая часть покрывки залегающей глубже газовой залежи. Однако в их пределах не выполняются условия горизонтальности и коррелируемости границ, поэтому инверсия скорости для них не определена, как и для крупной соседней АТЗ. С учетом невысоких оценок инверсии скорости и их небольшой глубины залегания (сотни метров) приходим к выводу, что формирование АТЗ на севере Срединно-Курильского прогиба, видимо, связано с экранирующим влиянием газогидратов (региональный флюидоупор?), что согласуется с выводами других исследователей (Дмитриевский, Валяев, 2004; Донченко, 2009; Матвеева, Соловьев, 2003; Scholl, Cooper, 1978). Вместе с тем с учетом мощности чехла для изучения АТЗ и их распространения с глубиной необходима площадная съемка МОГТ.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам переинтерпретации временных разрезов НСП по северному флангу Срединно-Курильского прогиба обратим внимание на признаки региональной газонасыщенности позднекайнозойского чехла (газопроявления, газогидраты, АТЗ), заметно затрудняющей выделение отражений от кровли мелового «акустического» фундамента. В рамках современных представлений ее можно связывать с термогенерацией кайнозойского чехла Курило-Охотского осадочного бассейна (комплекс В) мощностью до 4 км либо дегазацией мантии, например при серпентинизации ультрабазитов в присутствии воды (Геворкьян, Сокур, 2012;

Юркова, Воронин, 2009). Вместе с тем отсутствие ультрабазитов на геологических картах Курильского архипелага (Ковтунович и др., 2004; Сергеев, 1976; Тектоника..., 1980, 2004) и слабая газонасыщенность осадочной линзы на профиле 1/77 позволяют связывать прогрев отложений сейсмокомплекса **В** и разложение содержащейся в нем органики *in situ* по аналогии с Северо-Сахалинским нефтегазоносным бассейном и его Трехбратской мегадажкой (Ломтев, Литвинова, 2012) с Курильской мегадажкой, предполагаемой в зоне Восточно-Курильской магнитной аномалии (Геолого-геофизический..., 1987; Ломтев, Патрикеев, 2006; Тектоника..., 1980), а также с подводными дайками, питавшими вулканы внешней дуги и междугового прогиба (Леликов, Емельянова, 2011). Отметим, что в соответствие с кривой палеоглубин Пацифики (Хосино, 1986) малые, предположительно вулканические, формы на уплощенной, вероятно абрадированной, вершине хребта Северного Витязя (Корнев и др., 1982) очевидно возникли после ее затопления водами Пацифики в среднем-позднем плейстоцене. Это согласуется с выводами Е.П. Леликова и Т.А. Емельяновой (2011) по истории вулканизма в кайнозой в этом регионе.

Поднятие бортов, с которым связано заложение тектонической ванны Срединно-Курильского прогиба, его замыкание на севере и выполнение осадками коррелятивных сейсмокомплексов **А** и **Б**, надежно фиксирует молодая долинная сеть (Геолого-геофизический..., 1987). В ее строении выделим мелкие и широкие (> 10 км) эрозионные ложбины стока неясного генезиса на профилях 1 и 36/77, которые в отличие от более распространенных V-образных и трапезиевидных долин, возможно, связаны с придонными течениями. Отметим перехват турбидитов седиментационной ступенью на глубинах ~ 6 км, объясняющий их дефицит надне Курильского желоба, установленный по данным НСП (Корнев и др., 1982; Тектоника..., 1980).

ВЫВОДЫ

Представленные в статье данные НСП МОВ 1977 и 1982 годов и их переинтерпретация позволяют сделать вывод о том, что в геологическом строении северного фланга Срединно-Курильского прогиба обнаружены признаки газонасыщенности позднекайнозойских осадков (газопроявления, газогидраты, аномалии типа «залежь» и ВАМР-структуры); несогласия, разделяющие коррелятивные прогибы комплексы **А-Б**, и связанные с тектоникой и активным вулканизмом; деформации долинной сети; малые, предположительно вулканические, формы вероятно средне-позднечетвертичного возраста

на вершине подводного хребта Северного Витязя. Заложение междугового прогиба и его замыкание на севере между профилями 8 и 9/77 обусловлено поднятием вулканических островов Большой Курильской гряды и хребта Северного Витязя. Намечены направления и объекты для дальнейших геолого-геофизических исследований по детализации и заверке полученных результатов.

Авторы благодарны М.Г. Гуринову (ИМГиГ) за компьютерную подготовку графического материала. Отдельную благодарность авторы выражают рецензентам статьи и ответственному секретарю журнала, к.т.н. В.А. Рашидову, чьи замечания и предложения помогли улучшить ее стиль, графику, уточнить ряд положений и выводов.

Список литературы

- Березкин В.М., Киричек М.А., Кунарев В.В.* Применение геофизических методов для прямых поисков месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1979. 223 с.
- Бондаренко В.И., Рашидов В.А.* Проявления процессов гидратообразования и грязевого вулканизма в районе пролива Буссоль (Курильская островная дуга) // Геология морей и океанов. Материалы XIX Межд. науч. конф. (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2011. Т. 5. С. 38-42.
- Веселов О.В., Куделькин В.В., Чухонцев В.И.* Особенности распространения и образования газовых гидратов в Охотском море // Строение земной коры и перспективы нефтегазоносности в регионах северо-западной окраины Тихого океана. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000. Т. 1. С. 7-37.
- Геворкьян В.Х., Сокур О.Н.* Газогидраты – продукт мантийной дегазации // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. № 1. С. 52-65.
- Геолого-геофизическая характеристика и перспективы нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба. Владивосток: Дальнаука, 2009. 140 с.
- Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.
- Гнибиденко Г.С.* Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 163 с.
- Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М.* Распространение и ресурсы метана газовых гидратов // Наука и техника в газовой промышленности. 2004. № 1-2. С. 5-13.
- Донченко С.И.* Гидроакустические признаки газогидратов и возможности их учета при моделировании среды // Гидроакустический журнал. 2009. № 6. С. 36-51.

- Жильцов А.М.* Зоны газонасыщения в верхней части осадочного чехла - прямой признак наличия углеводородных залежей на глубине // Строение земной коры и перспективы нефтегазоносности в регионах Северо-Западной окраины Тихого океана. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000. Т. 1. С. 76-92.
- Журавлев А.В.* Возможности нестандартного анализа сейсмических материалов для поиска полезных ископаемых (на примере Охотско-Курильского района). М.: ВНИИОУиЭНП, 1995. 43 с.
- Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Арутюнян Е.В.* Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным К-Аг датирования и диатомового анализа // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 5. С. 32-44.
- Корнев О.С., Сваричевский А.С., Шереметьева Г.Н.* О геологическом строении подводного хребта Витязь // Структура и состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 34-44.
- Корнилова Р.М., Митрофанова Л.И.* О возрасте отложений острова Юрий (Малая Курильская гряда) // Геология и магматизм западного обрамления Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 104-106.
- Корнилова Р.М., Таболякова Л.А.* О составе и возрасте зеленоской свиты острова Шикотан (Малая Курильская гряда) // Геология и магматизм западного обрамления Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 101-103.
- Кровушкина О.А., Жукова О.С., Чуйко Л.С.* Новые данные о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба // Геология нефти и газа. 2005. № 1. С. 10-19.
- Кропоткин П.Н.* Сейсмичность, связанная с изломом погружающейся литосферной плиты (субдукцией) // Геотектоника. 1978. № 5. С. 3-6.
- Леликов Е.П., Емельянова Т.А.* Геология и вулканизм подводного хребта Витязя на тихоокеанском склоне Курильской островной дуги // Океанология. 2011. Т. 51. № 2. С. 329-343.
- Ломтев В.Л.* К строению осадочного неогена в Срединно-Курильском прогибе на профиле МОГТ № 279122 близ о-ва Уруп (Курильская дуга) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Мат-лы 5-го Всероссийского литологического совещания. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2008. Т. 1. С. 435-437.
- Ломтев В.Л.* Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 1. С. 74-83.
- Ломтев В.Л., Жигулев В.В., Кононов В.Э., Агеев В.Н.* Возможности метода непрерывного сейсмического профилирования (НСП) при нефтегазопроисловых исследованиях // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004. Т. 1. С. 107-119.
- Ломтев В.Л., Литвинова А.В.* Новое в геологическом строении подводной окраины Северного Сахалина (по геофизическим данным) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 1. С. 8-14.
- Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н.* О четвертичном возрасте тихоокеанских желобов // Геоморфология. 1988. № 4. С. 55-63.
- Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н.* Сейсмические исследования ИМГиГ ДВО РАН в Северо-Западной Пацифике (1980-2005 гг.) // Вестник ДВО РАН. 2006. № 1. С. 59-66.
- Ломтев В.Л., Торгашов К.Ю., Патрикеев В.Н.* Признаки газонасыщенности западного борта Татарского трога (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2008. № 6. С. 63-71.
- Матвеева Т.В., Соловьев В.К.* Газовые гидраты Охотского моря: закономерности формирования и распространения // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2003. Т. XLVII. № 3. С. 101-111.
- Медовский И.Г., Мустафаев К.А.* О природе «слепых» зон при сейсморазведке в прибрежных районах Каспийского моря // Геофизическая разведка на нефть и газ. М.: Гостоптехиздат, 1959. С. 31-37.
- Мирчинк М.Ф., Баллах И.Я., Сергеев Л.А. и др.* Оценка возможности применения сейсморазведки для прямых поисков нефтяных залежей. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 131 с.
- Мотовилов Ю.В., Козьянин В.К., Косыгин Ю.А., Тютрин И.И.* Новые данные о нефтегазоносности Колпаковского прогиба // Тихоокеанская геология. 1987. № 1. С. 63-65.
- Николаева Н.А., Деркачев А.Н., Обжиров А.И.* Характерные особенности проявлений газово-флюидных эманаций на северо-восточном склоне о-ва Сахалин // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 3. С. 38-52.
- Обжиров А.И.* Источник потока метана в Охотском море // Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь. Мат-лы Всеросс. конф. М.: ГЕОС, 2010. С. 391-394.
- Обжиров А.И., Соснин В.А., Салюк А.Н. и др.* Мониторинг метана в Охотском море. Владивосток: Дальнаука, 2002. 250 с.

- Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.
- Прогнозирование нефтегазоносности на акваториях. М.: Недра, 1988. 168 с.
- Сваричевский А.С., Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н.* Новые данные по геоморфологии южной части Курильского глубоководного желоба // Структура осадочных отложений Курило-Камчатского желоба. Южно-Сахалинск: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 37-50.
- Сейсмическая стратиграфия. В 2-х частях. М.: Мир, 1982. 846 с.
- Селиверстов Н.И.* Сейсмоакустические исследования переходных зон. М.: Наука, 1987. 113 с.
- Сергеев К.Ф.* Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 240 с.
- Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 160 с.
- Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. 179 с.
- Хосино М.* Морская геология. М.: Недра, 1986. 432 с.
- Юркова Р.М., Воронин Б.И.* Абиогенные источники углеводородных флюидов для формирования залежей нефти и газогидратов в Охотском море // Геология морей и океанов. Мат-лы XVIII Межд. науч. конф. (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2009. Т. 2. С. 120-123.
- Scholl D.W., Cooper A.K.* VAMP's – possible hydrocarbon bearing structures in Bering Sea basin // Bull. AAPG. 1978. V. 62. № 12. P. 2481-2488.

NEW PECULIARITIES IN THE STRUCTURE OF NORTHERN MID-KURIL TROUGH (BASED ON SEIMIC CONTINUOUS DATA)

V.L. Lomtev, V.N. Patrikeev

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

New peculiarities of Northern Mid-Kuril trough structure are examined using data on SCP (seismic continuous profiling) and results of their repeated interpretation (Kuril island arc). They include unconformities in the Late Cenozoic cover and conditions of sedimentation; numerous gas seeps (windows and columns) as zones of break or visible weakening of reflectors intensity in the sedimentary cover and probable source of gas in situ; «field» type anomalies and gas hydrates; small, possibly volcanic, cones on the Northern Vityaz submarine ridge; peculiarities of valley network structure. Some geological challenges and history of formation of inter-arc trough and adjacent arc structures and Kuril deep-sea trench are also discussed with regard of reinterpretation results.

Keywords: trough, cover, unconformity, gas seep, gas hydrate, «field» type anomaly.