Глубинная нефть
Геологическое строение и нефтегазоносность недр
ISSN 2306-3114

УДК 550.834 (571.66)

К СТРОЕНИЮ И ГАЗОНОСНОСТИ КАЙНОЗОЙСКОГО ЧЕХЛА СЕВЕРНОГО ФЛАНГА СРЕДИННО-КУРИЛЬСКОГО ПРОГИБА (ПО ДАННЫМ НСП)

Ломтев В.Л.
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Россия,693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

TO THE STRUCTURE AND CENOZOIC COVER GAS PRESENCE OF THE NOTHERN MID-KURIL TROUGH (BY SEIMIC CONTINUOUS DATA)

V.L. Lomtev
Institute of Marine Geology and Geophysics of FEB RAS
Russia,693022, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str., 1B

Аннотация. По результатам повторной интерпретации данных непрерывного сейсмопрофилирования (НСП) рассматриваются новые черты строения северного фланга Срединно-Курильского междугового прогиба (Курильская островная дуга). Среди них: несогласия в кайнозойском осадочном чехле и обстановки осадконакопления; многочисленные газопроявления (окна и столбы) как зоны перерыва или заметного ослабления интенсивности отражающих границ в осадочном чехле; 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: островная дуга, междуговой прогиб, кайнозойский осадочный чехол, газопроявление, газогидрат, аномалия типа «залежь», вулкан, каньон.

Abstract. New peculiarities of Northern Mid-Kuril trough structure are examined using data on SCP (seismic continuous profiling) and results their repeated interpretation (Kuril island arc). Among them: unconformities in the Cenozoic sedimentary cover and conditions of sedimentation; numerous gas seeps (windows and columns) as zones of break or visible weakening reflectors intensity in the sedimentary cover; “field” type anomalies and has hydrates; small, possibly volcanic, cones on the submarine Northern Vityaz ridge; peculiarities of valley network structure. Some problem aspects of geology and history formation of inter-arc trough and adjacent arc structures and Kuril deep-sea trench also are discussed with regard of reinterpretation results.

Key words: island arc, inter-arc trough, Cenozoic sedimentary cover, gas seep, gas hydrate, “field” type anomaly, volcano, canyon.

Введение

В статье по результатам переинтерпретации временных разрезов непрерывного одноканального сейсмопрофилирования методом отраженных волн (НСП МОВ), полученных в рейсах НИС «Пегас»–1977 и «Морской геофизик»–1982, рассматриваются новые черты строения северного фланга Срединно-Курильского междугового прогиба, включая признаки газоносности позднекайнозойского чехла (рис. 1–5). Их первая интерпретация, кроме профиля 4/82, сделана к.г.-м.н. С.С. Снеговским [6].

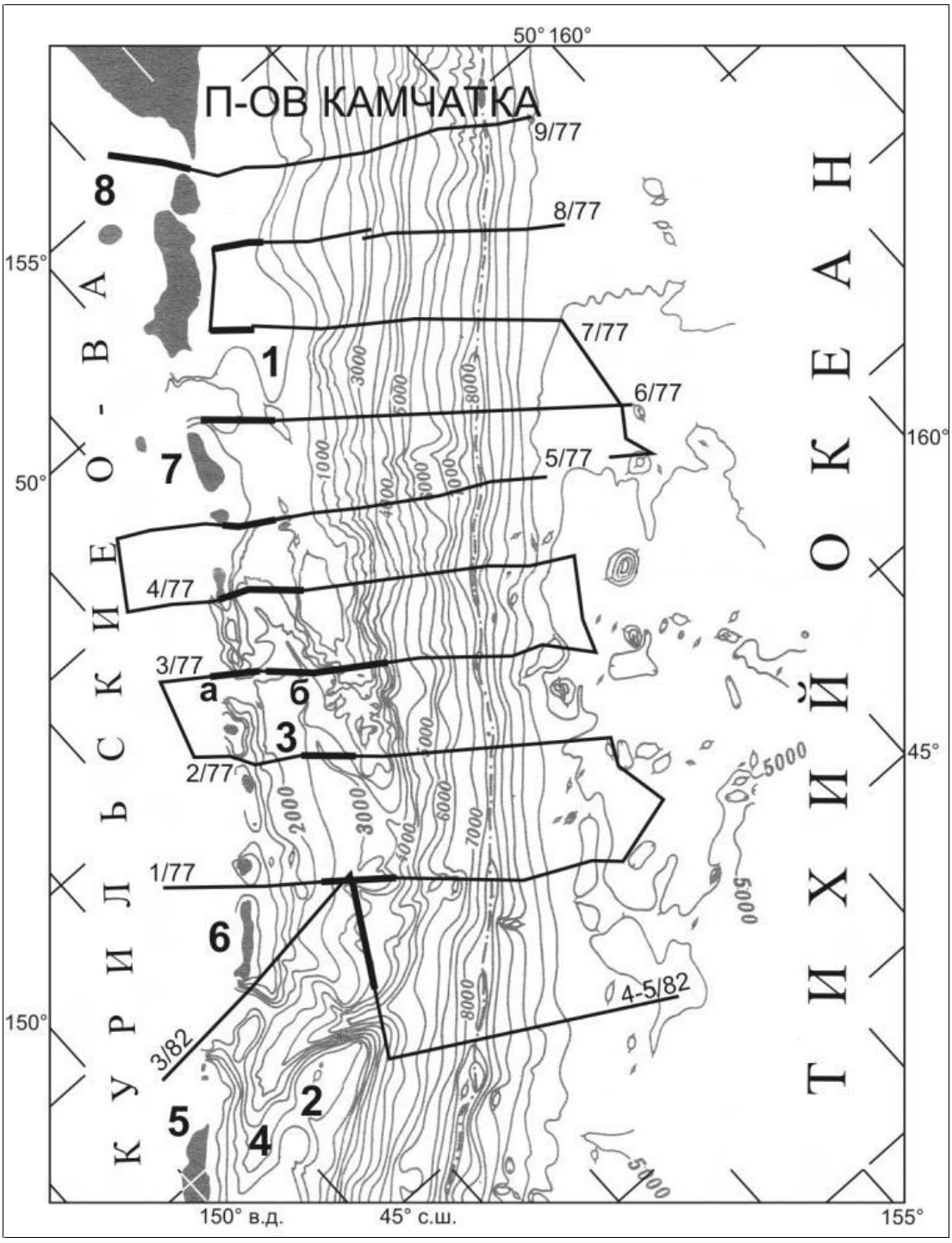

Рис. 1. Батиметрическая карта региона с сечением изобат 500 м и схемой профилей НСП 1977 и 1982 годов [46]: 1, 2 – Северный и Южный хребты Витязя соответственно; 3, 4 – северная и южная части Срединно-Курильского междугового прогиба и их главные каньоны Крузенштерна и Буссоль соответственно; 5 – о-в Уруп; 6 – о-в Симушир и прогиб Атласова; 7 – о-в Онекотан и Онекотанское поперечное поднятие; 8 – Голыгинский прогиб [7, 48]. Выделены фрагменты профилей на рис. 2–5.

ISSN 2306-3114

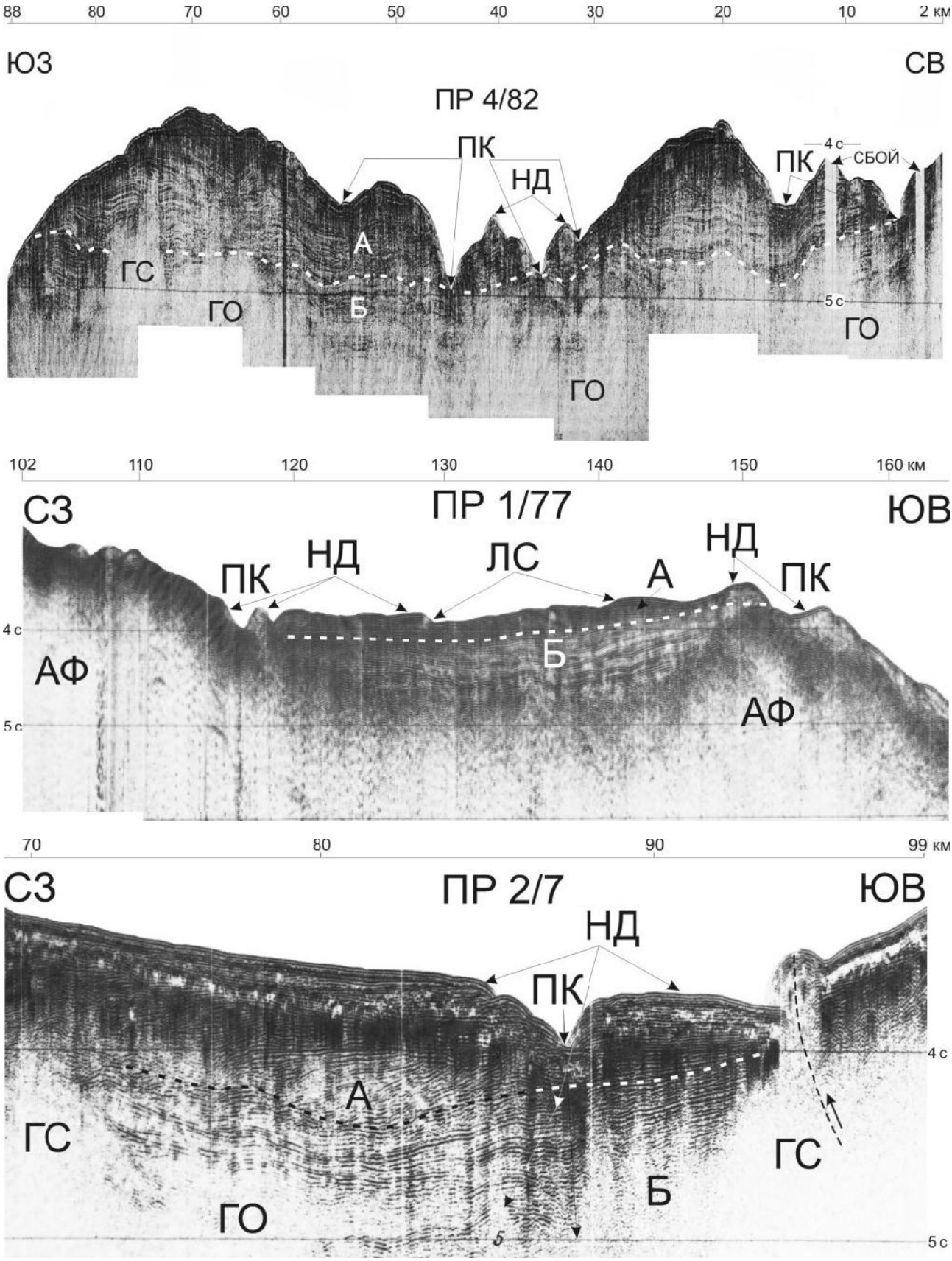

Рис. 2. Фрагменты профилей (ПР) НСП 4/82, 1 и 2/77. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега, горизонтальный масштаб – в км здесь и на рис. 3–5 [6]: АФ – акустический фундамент; А, Б – сейсмокомплексы позднекайнозойского чехла, пунктир – несогласия здесь и на рис. 3–5; ПК, НД – подводный каньон 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.

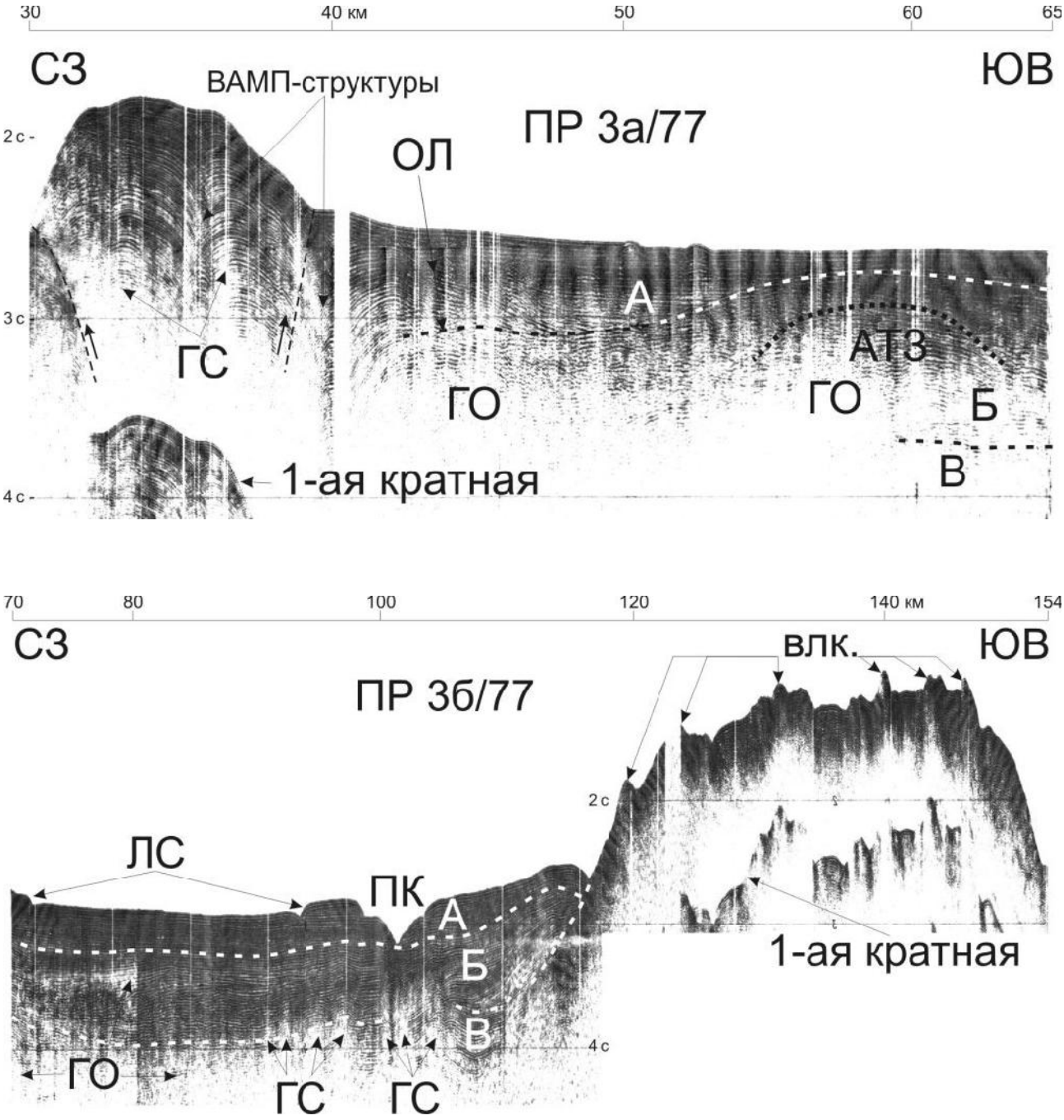

Рис. 3. Фрагменты профилей 3а/77, 3б/77: В – древний сейсмокомплекс чехла здесь и на рис. 4,5; ОЛ – осадочная лопасть; АТЗ – аномалия типа «залежь» с кровлей, выделенной точками, здесь и на рис. 4; влк. – вероятно вулканические постройки на вершине хребта Северного Витязя; VAMP-структуры – см. текст.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

ISSN 2306-3114

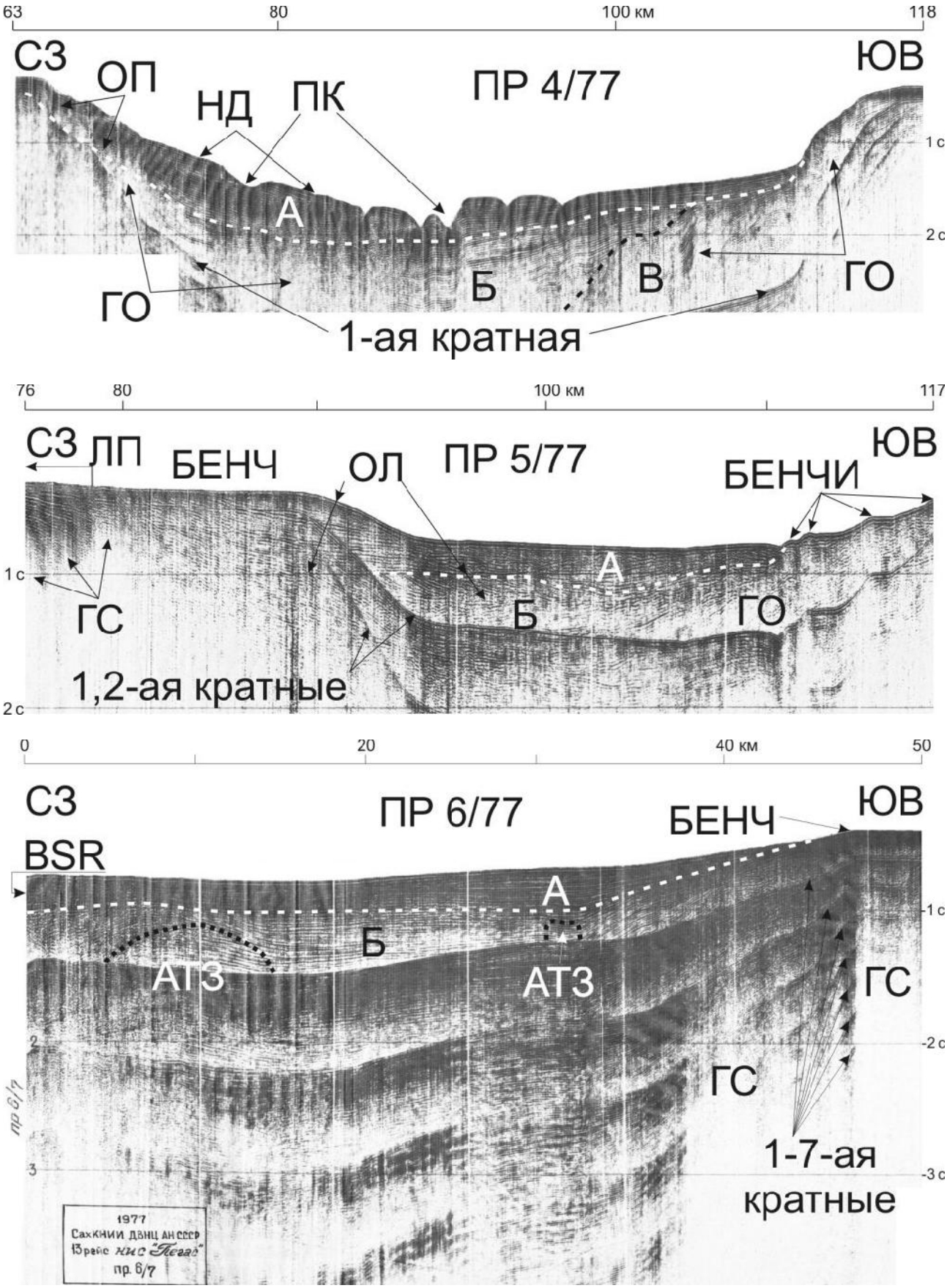

Рис. 4. Фрагменты профилей 4–6/77: ОП – оползень; ЛП – край лавового потока на дне. Остальные обозначения на рис. 2, положение профилей – на рис. 1.

ISSN 2306-3114
Глубинная нефть
Геологическое строение и нефтегазоносность недр

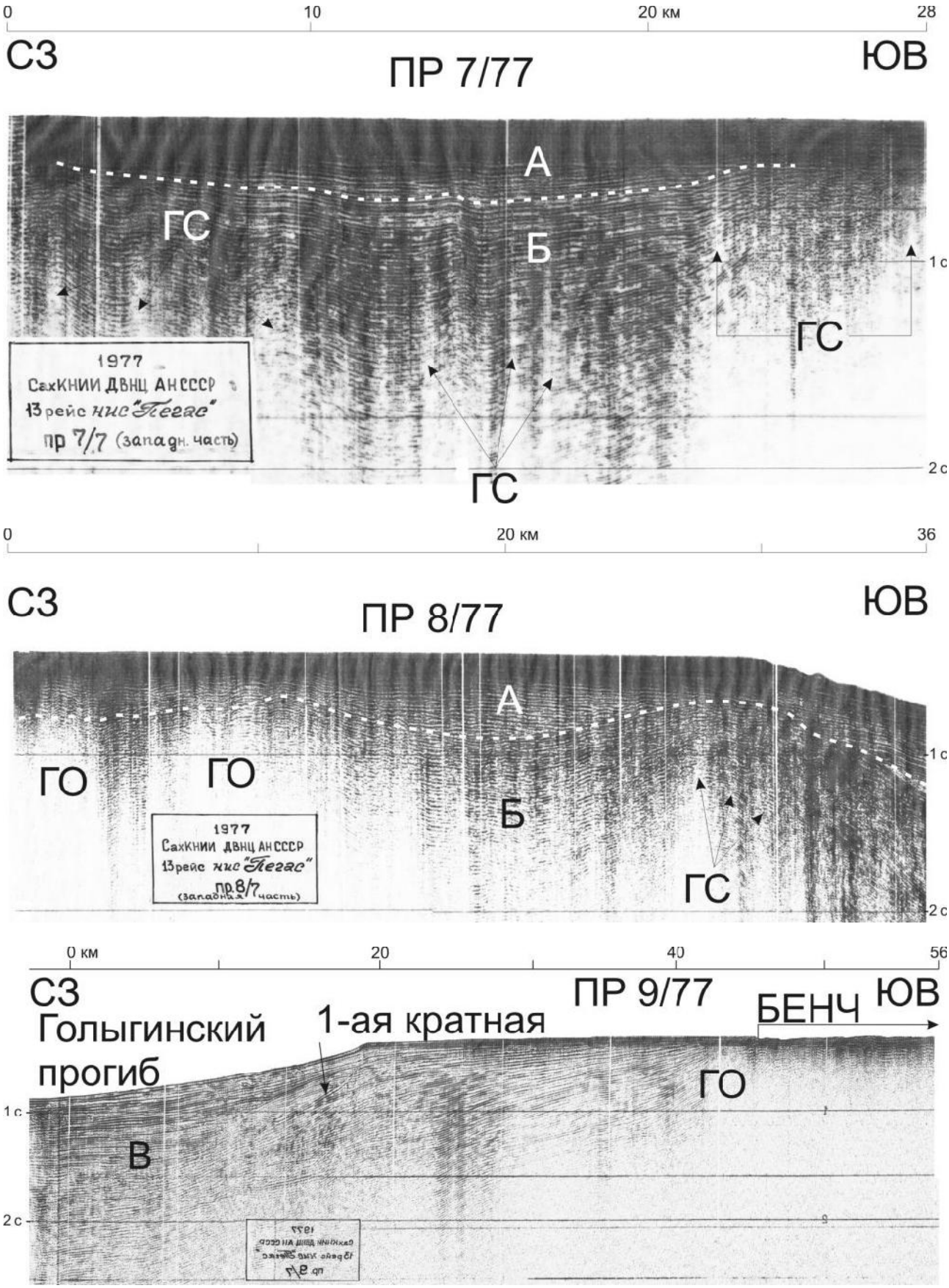

Рис. 5. Фрагменты профилей 7–9/77: BSR – bottom simulating reflector (отражающая граница в подошве газогидратов). Остальные обозначения на рис. 2, положение профилей – на рис. 1.

ISSN 2306-3114

Сейсмопрофилирование проводилось в основном на 6-7-узловом ходу с электроискровыми источниками с запасенной энергией 100-150 и 25 Кдж. Они 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. При этом для большей глубинности исследований и, следовательно, увеличения соотношения сигнал-шум, приемное устройство транспортировалось на удалении от кормы судна 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 [47]. Глубинность НСП в кайнозойском чехле обычно не превышала 1-2 км при разрешающей способности 10-15 м. Вместе с тем при геологической интерпретации представленных материалов есть некоторые ограничения и помехи (рекогносцировочный масштаб съемки; отсутствие связующих профилей в междуговом прогибе; зоны избыточного газонасыщения и кратные отражения (до 7); усиление контрастности сейсмозаписи, связанное с желанием геологов получить отражения от кровли акустического фундамента).

Со времени Международного геофизического года и начала работ ГСЗ в Охотско-Курильском5 регионе Срединно-Курильский междуговой прогиб оставался «в тени» смежных морфоструктур [47, 48]. Интерес к нему возник лишь недавно и связан с перспективами нефтегазоносности его южного фланга (Южно-Курильский пролив [5, 16]), газопроявлениями, газогидратами и грязевулканами в прикурильской части Охотского моря [2, 3, 32, 39], а также залежами углеводородов (далее УВ) на Западной Камчатке и о-ве Хоккайдо [5, 35].

В настоящей работе акцент также сделан на новых для междугового прогиба углеводородных аспектах интерпретации (газопроявления, газогидраты, аномалии типа «залежь» и VAMP-структуры), основанный на возможности применения НСП в нефтегазопоисковых исследованиях в океане [10, 11, 23, 24]. 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 [1, 10, 24, 31, 32, 34]. 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 газонасыщения 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 выше 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 газоносности отложений выделить те из них, которые в меньшей степени определяются другими особенностями строения среды или качеством исходных разрезов. В нашем случае это все локальные аномалии и специфические структуры, харак-

тер 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 материалов НСП обнаружены и другие особенности строения северного фланга Срединно-Курильского междугового прогиба (его замыкание, несогласия, сейсмокомплексы **А-В**, деформации долинной сети, небольшие, вероятно вулканические, конусы на хребте Витязя или Северного Витязя [30]).

Результаты переинтерпретации

В структуре Курильской островной дуги Срединно-Курильский прогиб разделяет ее внутреннюю, вулканическую (Большая Курильская гряда) и внешнюю, невулканическую (Малая Курильская гряда и подводный хребет Витязя) дуги, поэтому рассматривается как междуговой прогиб. Поперечный грабен и каньон Буссоль делит его на южную и северную части [5, 6, 47, 48]. Протяженность и ширина последней достигают 600 и 50-70 км соответственно. 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 междугового прогиба мористее о-ва Онекотан и близ профиля 1/77 (рис. 1). Последний фиксируют малая (~0.9 км) мощность коррелятной прогибу осадочной линзы (сейсмокомплексы **А** и **Б**), слабая газонасыщенность осадков и уверенное прослеживание акустического фундамента, сложенного вулканитами неогена и/или палеогена [18]. В этих границах прогиб представляет собой продольную батиальную депрессию, открытую к югу в сторону батицентра с глубинами 2-3 км (рис. 1).

Депоцентр северного фланга Срединно-Курильского прогиба по редким профилям МОГТ ОАО «Дальморнефтегеофизика» намечен близ 48-й параллели примерно в 200 км к югу от края камчатского шельфа, где подошва кайнозойского чехла залегает на глубинах 3-5 км [48]. Его повышенная (до 4 км) мощность установлена и севернее на профилях МОГТ 1639 и 1632, следующих через Первый и Четвертый Курильские проливы соответственно. На этих профилях и отчасти профиле НСП 9/77 (рис. 6) кайнозойские толщи (комплекс **В**) выходят на склоны Курильской дуги [6, 44, 47, 48], что позволяет относить их к инверсированному Курило-Охотскому осадочному бассейну [19]. К батицентру прогиба мощность чехла сокращается до 1 км, 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 сейсмофокальной зоны Тараканова того же падения [6, 47]. Последняя представляет собой глубинный (до 100 км) сейсмоактивный разлом, названный П.Н. Кропоткиным в честь известного сахалинского сейсмолога, д.ф.-м.н. Р.З. Тараканова [17]. С учетом данных по геометрии гипоцентров этой зоны на севере дуги Хонсю и Камчатке (рис. 6; [22, 43, 51, 54]) можно ожидать, что в рассматриваемом регионе ее выход на дно приурочен к вершине Курильской островной дуги, т.е. между островами Большой Курильской гряды и вершиной хребта Северного Витязя. В очагах землетрясений на выходе зоны Тараканова на севере дуги Хонсю выявлены надвиги, ориентированные по ее падению [51]. Возможно именно надвиги этой сейсмофокальной зоны определяют почти не изученную широтную асимметрию островных вулканов и островов Курильского архипелага [6].

На вулканических островах Большой Курильской гряды и ее охотской подводной окраине часто можно наблюдать признаки молодого (отделы квартера) воздымания дна, обусловленные вероятно внедрением крупных объемов преимущественно кислой, вязкой магмы в кайнозойский чехол [6, 21, 48]. Так, на сейсмопрофилях 3б и 4/77 оно достигает 1.2 км (рис. 3, 4). На последнем профиле, проходящем вблизи о-ва Шиашкотан, воздымание дна 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 сейсмофациями (микроскладки) близ бровки островного склона.

ISSN 2306-3114

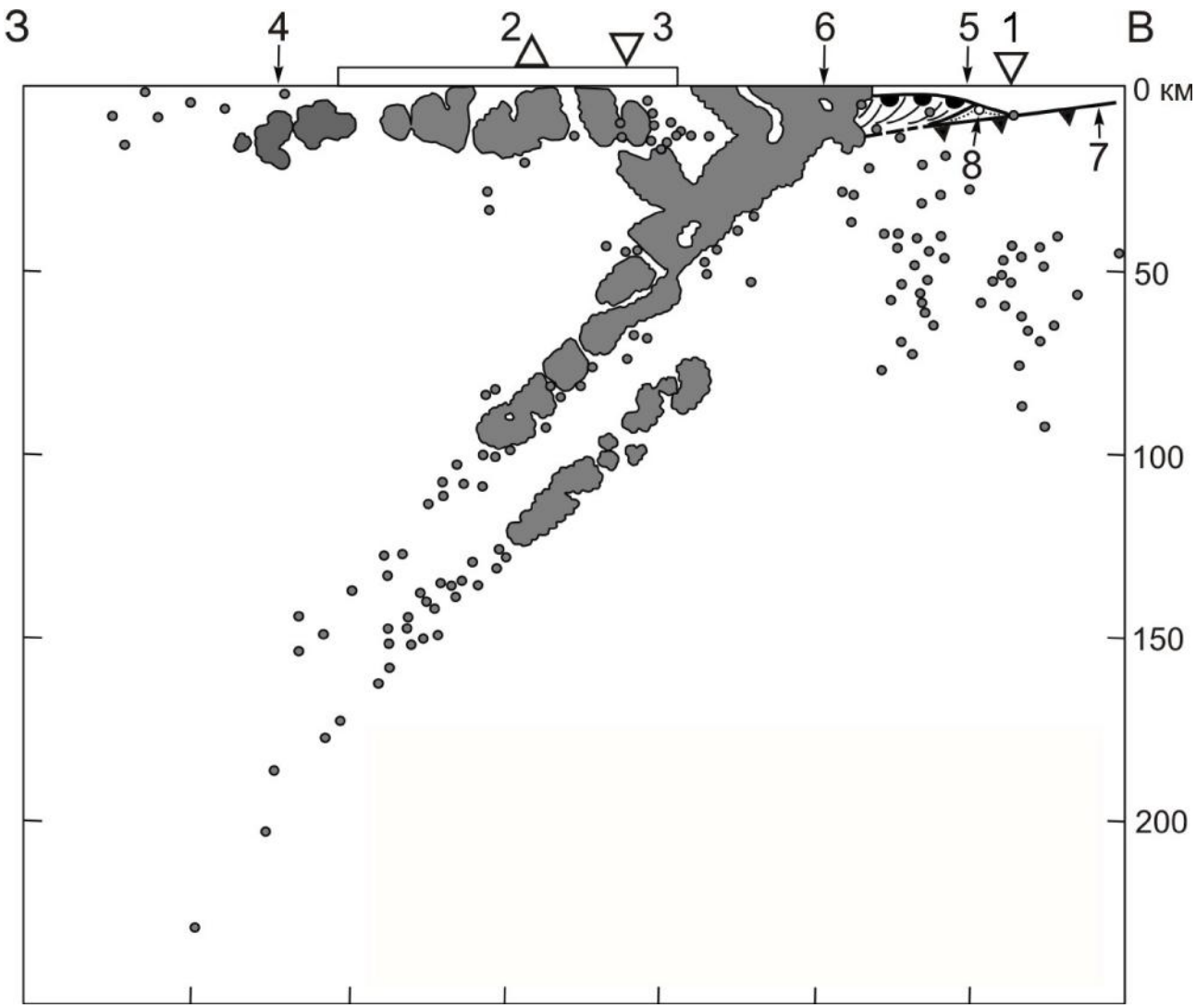

Рис. 6. Широтный разрез встречных сейсмофокальных зон Беньофа и Тараканова на севере островной дуги Хонсю между 39 и 40° с.ш., совмещенный с профилем МОГТ JNOC2 на ее тихоокеанском склоне [22, 27, 55]. Разрез построен по отдельным и роям (оконтурены) микроземлетрясений, зарегистрированных сетью из 15 сейсмографов Университета Тохоку с 01.11.1976 по 30.4.1977 гг. Цифрами обозначены: 1 – фронт аккреции в основании тихоокеанского склона дуги Хонсю (аккреционная призма); 2 – вулканический фронт (линия четвертичных вулканов); 3 – асейсмичный фронт; 4 – основание япономорского склона дуги Хонсю; 5 – фронт регионального шарьяжа Ойасио (средний плейстоцен-голоцен) с чешуйчатыми надвигами западного падения (изогнутые линии) и черными полукружками в кровле акустического фундамента (поздний мел); 6 – предполагаемое положение корня шарьяжа Ойасио, минимум кондуктивного теплопотока через дно по С. Уэда [50] и зона пересечения встречных сейсмофокальных зон Беньофа и Тараканова (фокальный ромб [27]); 7 – подвижный автохтон (Северо-Западная аллохтонная коровая плита Пацифики [20]), кровля акустического фундамента (поздний мел) которого по условиям масштаба совмещены с дном на внешнем склоне желоба (черные зубчики); 8 – аккреционная призма перед и под фронтом шарьяжа Ойасио.

Есть также несогласия, связанные с палеоглубинами седиментационного бассейна. Последние согласно [41] 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, абрадированная 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 абрадированных на уровне шельфа о-ва Харимкотан (рис. 4).

Сходные палеоглубины океана были и при формировании осадочной лопасти мощностью до 300 м, пересеченной профилем 3а/77 почти под прямым углом близ о-ва 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 [6] 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 отложений кайнозойского чехла и пород акустического фундамента получены по материалам редких драгировок [13, 18, 47, 48] и геологии о-вов Курильского архипелага [6, 12, 45]. В Срединно-Курильском прогибе на временных разрезах НСП акустический фундамент не выделяется, исключая профиль 1/77. Кайнозойский осадочный чехол здесь, как и в Курильской батиальной котловине Охотского моря, 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 подводном 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 [6, 13, 16]. По данным НСП и МОГТ меловой акустический фундамент прослеживается в Курильской котловине и на хребте Витязя, но на акватории Большой Курильской гряды и Срединно-Курильском прогиба выделяется слабо даже на временных разрезах МОГТ. На западе Пацифики контрастность кайнозойского осадочного чехла на профилях НСП и МОГТ связана с терригенными осадками и пирокластикой, включая продукты абразии вулканических островов [42]. С учетом результатов массового, био- (диатомеи) и радиоизотопного (K-Ar) датирования вулканитов о-ва Уруп [12] верхнюю контрастную толщу следует 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 [14, 15, 18]. 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 позднемиоцен-четвертичными на Большой Курильской гряде и ее охотской подводной окраине [37, 44, 47, 48]. Конечно, эти симметричные 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 абрадированной части вершины Северного и Южного хребтов Витязя [13, 40, 44] позволяет с учетом данных драгирования и магнитометрии (региональная Восточно-Курильская магнитная аномалия возможно интрузивной природы – мегадайка [29]) рассматривать их именно как субаэральные вулканические постройки [6, 18, 47].

Косвенные оценки позднекайнозойского возраста комплексов **А-В** можно получить при использовании кривой палеоглубин М. Хосино [53] 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 [21, 28]). В ряде случаев можно опираться на общепринятый позднечетвертичный возраст шельфов, например, при датировании абрадированных клиноформ комплекса **А** на профиле 5/77.

Таким образом, по результатам изучения несогласий и сейсмокомплексов северного фланга 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 (квартер?).

Газопроявления. В сейсморазведке МОВ известны более 50 лет как «слепые зоны», трубы дегазации, зоны ОО или отсутствия отражений, зоны газонасыщения, плюмы, газовые окна, столбы, конусы, факелы, струи, «нити» [2, 10, 11, 23–25, 30, 31, 39 и др.]. 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 нефтега-

ISSN 2306-3114

зоносном бассейне газопроявления фиксируются по избыточному (~5-30%) газонасыщению кайнозойского осадочного чехла [24]. На Луньской массивной залежи газоконденсата А.В. Журавлев [11] по данным МОГТ ОАО «Дальморнефтегеофизика» показал, что зона газопроявлений в ее покрышке практически не выходит за периметр этой залежи. Этот вывод подтвержден данными малоглубинного НСП ДМИГЭ и по ряду других залежей УВ [10]. Местами отмечаются выходы газа в воду в виде факелов (струй), обычно наклонных за счет течений [10]. Выделим небольшую Изыльметьевскую залежь газа на сахалинском шельфе Татарского пролива, которая располагается, судя по профилю МОГТ 420 (фонды ДМНГ), над газовым столбом, прослеживающимся от подошвы кайнозойского чехла. Миграция газа по нему очевидно сформировала данную газовую залежь и придонные газогидраты, вскрытые мелкой структурной скважиной ДМИГЭ [24].

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 3б/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 (профиль 6/77 на рис. 4).

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

На тихоокеанской окраине о-ва Симушир профиль 4/82 пересек 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).

Придонные газогидраты. Обнаружены на профилях МОГТ и НСП, а также по данным бурения и пробоотбора в верхней части кайнозойского чехла подводных континентальных окраин и окраинных морей, в том числе Охотского [2–4, 8, 9, 32, 36, 56 и др.]. Их считают батиальными образованиями, хотя недавно они обнаружены по материалам бурения и МОГТ на шельфах Западного и Северного Сахалина соответственно [24, 25].

На севере Срединно-Курильского междугового прогиба придонные газогидраты предполагаются на профиле 6/77 (рис. 4). Их присутствие, как и на шельфе Северного Сахалина [25], надежно фиксирует цуг из семи кратных отражений, обусловленный скачком (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 [8, 9, 32, 56] в начале профиля 6/77 и на профиле 3а/77 являются газовые окна, аномалии типа «залежь» и VAMP-структуры (см. ниже). Следовательно, их распространение в северной части Срединно-Курильского прогиба довольно широкое.

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 [1, 10, 11, 23, 24, 38]. 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 покрышки, 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 [24]. 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 [1, 10, 24, 38].

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 сопровождается 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 (velocity-amplitude anomalies [56]) обнаружены в основании подводного склона о-ва Райкоке на профиле 3а/77 (рис. 3). Они представляют собой ложные провалы отражающих границ, т.е. АТЗ, которые распространяются вверх по разрезу, захватывая часть покрышки 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 ряда других исследователей [8, 9, 32, 56]. Вместе с тем с учетом мощности чехла для изучения АТЗ и их распространения с глубиной необходима площадная съемка многоканального МОГТ, параметрическое и поисковое бурение.

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, VAMP-структуры), заметно затрудняющей выделение отражений от кровли мелового акустического фундамента. В рамках существующих представлений ее можно связывать с термогенерацией углеводородов в кайнозойском чехле Курило-Охотского осадочного бассейна (комплекс **В**) мощностью до 4 км при внедрении интрузий (Курильская мегадайка и ее апофизы, частью возможно питавших вулканы внешней дуги и междугового прогиба [18]) или серпентинизации ультрабазитов в присутствие воды [4, 54], хотя последние пока не известны в геологии Курильского архипелага [6, 12, 14, 15, 45]. Не исключена также глубинная миграция углеводородов по сейсмофокальной зоне Беньофа (точнее Вадати-Заварицкого-Беньофа [27]), хотя на первый взгляд это вряд ли возможно, поскольку в ее кровле предполагают подъем магматических расплавов с температурой более 1000 °С [6, 37 и др.]. Основанием тому являются теории абиогенной генерации углеводородов, включая нитронефть Д.Н. Тимофеева [4, 49 и др.], а также особенности строения этого глубинного разлома на дуге Хонсю и отчасти Камчатке (рис. 6; [6, 43, 46, 47, 51, 52, 55]). В частности, это наклонный (~30°) к западу дуговой разлом, расширяющийся кверху на верхнюю и нижнюю фокальные плоскости, разделенные асейсмичным слоем толщиной до 30 км. В очагах землетрясений верхней плоскости доминируют надвиги, в очагах нижней плоскости – сбросы, ориентированные по их падению. Формирование двухслойной структуры сейсмофокальной зоны Беньофа в [27] рассматривают как следствие ее изгиба, хотя предложены и другие трактовки [44, 52, 55]. Таким образом, если высокотемпературные магматические расплавы поднимаются вдоль верхней фокальной плоскости зоны Беньофа вероятно до пересечения со встречной зоной Тараканова (фокальный ромб [27]) и проекцией вулканического фронта островной дуги, то миграция углеводородов и/или нитронефти Д.Н. Тимофеева [49], следовательно, может происходить вдоль нижней фокальной плоскости этого глубинного сейсмоактивного разлома.

Отметим также, что в соответствие с кривой палеоглубин М. Хосино [53] малые, предположительно вулканические, формы на уплощенной и, вероятно абрадированной, вершине хребта Северного Витязя [13] возникли видимо уже после ее затопления водами Пацифики в среднем-позднем плейстоцене, что согласуется с выводами Е.П. Леликова и Т.А. Емельяновой [18] по кайнозойской истории вулканизма в этом регионе.

ISSN 2306-3114

Поднятие бортов, с которым связано заложение тектонической ванны Срединно-Курильского междугового прогиба, его замыкание на севере и выполнение осадками коррелятных сейсмокомплексов **А** и **Б**, надежно фиксирует молодая долинная сеть [6]. В ее строении выделим мелкие и широкие (> 10 км) эрозионные ложбины стока неясного генезиса на профилях 1 и 3б/77, которые в отличие от более распространенных V-образных и трапециевидных долин, возможно, связаны с реверсивными придонными течениями в курильских проливах и их окрестностях. Отметим также перехват турбидитов седиментационной ступенью тихоокеанского континентального склона на глубинах ~6 км, объясняющий их дефицит на дне Курильского глубоководного желоба, установленный ранее по данным НСП [13, 47].

Выводы

Представленные в статье данные непрерывного сейсмопрофилирования методом отраженных волн и их повторная интерпретация позволяют заключить, что в геологическом строении северного фланга Срединно-Курильского междугового прогиба обнаружены признаки региональной газоносности кайнозойского осадочного чехла (газопроявления, газогидраты, аномалии типа «залежь» и VAMP-структуры); несогласия, разделяющие коррелятные прогибу комплексы **А-Б**, и связанные с тектоникой и активным вулканизмом; деформации долинной сети; малые, предположительно вулканические, конусы 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 (МОГТ, параметрическое и поисковое бурение) по детализации и заверке полученных результатов, включая возможную миграцию углеводородов по нижней фокальной плоскости зоны Беньофа.

Благодарности. Автор благодарен к.г.-м.н. В.Н. Патрикееву (ИМГиГ) за обсуждение АТЗ, VAMP-структур и особенностей НСП в рейсе НИС «Пегас»-1977, к.т.н. В.А. Рашидову (ИВиС) за нескольких малодоступных статей по газогидратам, а также М.Г. Гуринову (ИМГиГ) за компьютерную подготовку графики статьи.

Литература

1. Березкин В.М., Киричек М.А., Кунарев В.В. Применение геофизических методов для прямых поисков месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1979. 223 с.
2. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Проявления процессов гидратообразования и грязевого вулканизма в районе пролива Буссоль (Курильская островная дуга) // Геология морей и океанов. Мат-лы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2011, т. 5, с. 38-42.
3. 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.
4. Геворкьян В.Х., Сокур О.Н. Газогидраты – продукт мантийной дегазации. Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012, № 1, с. 52-65.
5. Геолого-геофизическая характеристика и перспективы нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба. Владивосток: Дальнаука, 2009. 140 с.
6. Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ. 1987. 36 л.
7. Гнибиденко Г.С. Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 163 с.
8. Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Распространение и ресурсы метана газовых гидратов. Наука и техника в газовой промышленности. 2004, № 1-2, с. 5-13.
9. Донченко С.И. Гидроакустические признаки газогидратов и возможности их учета при моделировании среды. Гидроакустический журнал. 2009, № 6, с. 36-51.
10. 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.
11. Журавлев А.В. Возможности нестандартного анализа сейсмических материалов для поиска полезных ископаемых (на примере Охотско-Курильского района). М.: ВНИИОУиЭНП, 1995. 43 с.

12. Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышев И.В., Арутюнян Е.В. Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным K-Ar датирования и диатомового анализа. Тихоокеанская геология. 2004, т. 23, № 5. с. 32-44.

13. 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.

14. Корнилова Р.М., Табоякова Л.А. О составе и возрасте зеленовской свиты острова Шикотан (Малая Курильская гряда) // Геология и магматизм западного обрамления Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979, с. 101-103.

15. Корнилова Р.М., Митрофанова Л.И. О возрасте отложений острова Юрий (Малая Курильская гряда) // Там же, с. 104-106.

16. 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.

17. Кропоткин П.Н. Сейсмичность, связанная с изломом погружающейся литосферной плиты (субдукцией). Геотектоника. 1978, № 5, с. 3-6.

18. 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.

19. 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.

20. Ломтев В.Л. К строению ложа Северо-Западной Пацифики. Уральский геофизический вестник. 2010, № 1(16), с. 21-32.

21. Ломтев В.Л. Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги. Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010, № 1, с. 74-83.

22. Ломтев В.Л. К вопросу о геологическом строении и сейсмотектонике тихоокеанского склона дуги Хонсю (в связи с японским землетрясением и цунами 11.03.3011 г.). Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2013, № 2, с. 2-10.

23. Ломтев В.Л. Признаки газоносности мезокайнозойского чехла ложа СЗ Пацифики (по данным МОГТ и НСП). Глубинная нефть. 2013, № 11, с. 1711-1719.

24. Ломтев В.Л., Жигулев В.В., Кононов В.Э., Агеев В.Н. Возможности метода непрерывного сейсмического профилирования (НСП) при нефтегазопоисковых исследованиях // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004, с. 107-119.

25. 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.

26. Ломтев В.Л., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. К строению и сейсмотектонике Курильской системы дуга–желоб. Вопросы инженерной сейсмологии. 2012, т. 39, № 4, с. 19-38.

27. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.

28. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. О четвертичном возрасте тихоокеанских желобов. Геоморфология, 1988, № 4, с. 55-63.

29. 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.

30. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. К строению северной части Срединно-Курильского прогиба // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Вторая Всероссийская научная конференция: сб. докл. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2012, с. 34-38.

31. Ломтев В.Л., Торгашов К.Ю., Гуринов М.Г. К строению и газоносности западного борта Татарского трога (Японское море) // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Мат-лы Всероссийской конф. Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2009, с. 295-300.

32. Матвеева Т.В., Соловьев В.К. Газовые гидраты Охотского моря: закономерности формирования и распространения. Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2003, т. XLVII, № 3, с. 101-111.

33. 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.

34. 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.

35. 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.

36. Николаева Н.А., Деркачев А.Н., Обжиров А.И. Характерные особенности проявлений газово-флюидных эманаций на северо-восточном склоне о-ва Сахалин. Там же, 2009, т. 28, № 3, с. 38-52.

37. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.

ISSN 2306-3114

38. Прогнозирование нефтегазоносности на акваториях. М.: Недра, 1988. 168 с.
39. Прокудин В.Г. Некоторые аспекты интерпретации временных разрезов (по материалам МОВ в Охотском море). Тихоокеанская геология. 2013, т. 32, № 2, с. 78-85.
40. 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.
41. Сейсмическая стратиграфия. В 2-х частях. М.: Мир, 1982. 846 с.
42. Селиверстов Н.И. Сейсмоакустические исследования переходных зон. М.: Наука, 1987. 113 с.
43. Селиверстов Н.И. Структура сейсмофокальной зоны Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007, № 1, вып. № 9, с. 10-26.
44. Селиверстов Н.И. Подводные морфоструктуры Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. 162 с.
45. Сергеев К.Ф. Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 240 с.
46. Тараканов Р.З., Ким Ч.У., Сухомлинова Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1977, с. 67-77.
47. Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. 179 с.
48. Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 160 с.
49. Тимофеев Д.Н. Структура Земли и генерация углеводородов в свете законов ядерной физики, химии и химической термодинамики. Глубинная нефть. 2013, № 4, с. 421-435.
50. Уэда С. Окраины глубоководных желобов северо-западной части Тихого океана // Геология континентальных окраин. М.: Мир, 1978, т. 2, с. 170-191.
51. Хамада К. Аномалии времен пробега продольных сейсмических волн и строение верхней мантии в Японии // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1977, с. 40-55.
52. Хасегава А., Умино Т., Такаги А. Двухслойная структура глубинной сейсмической зоны островной дуги северо-восточной Японии // Новые данные о строении земной коры и верхней мантии Курило-Камчатского и Японского регионов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978, с. 68-75.
53. Хосино М. Морская геология. М.: Недра, 1986. 432 с.
54. 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 Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2009, т. 2, с. 120-123.
55. Hasegawa A., Umino N., Takagi A., Suzuki Z. Double-planed deep seismic zone and anomalous structure in the upper mantle beneath Northeastern Honshu (Japan). Tectonophysics. 1979, vol. 57, No 1, pp. 1-6.
56. Scholl D.W., Cooper A.K. VAMP's – possible hydrocarbon bearing structures in Bering Sea basin. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists. 1978, vol. 62, No 12, pp. 2481-2488.

ЛОМТЕВ ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

Исполняющий обязанности заведующего лаборатории геодинамики и морской геологии ИМГиГ ДВО РАН.

Кандидат геолого-минералогических наук.

В 1975 г. закончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (кафедра геоморфологии, геоморфолог-береговик). В том же году принят инженером в сектор гидрографии СахКНИИ ДВНЦ АН СССР (позднее ИМГиГ), с 1977 г. – мнс лаборатории морской геологии и прогноза полезных ископаемых. Специализировался на геологической интерпретации данных НСП и МОГТ по Курильскому и Японскому желобам.

В 1985 г. защитил кандидатскую диссертацию по тектонике и сейсмотектонике Курильского и Японского желобов, по этой работе вышла книга в соавторстве с В.Н. Патрикеевым.

Ряд полученных выводов недавно подтвержден при изучении Великого Японского (Тохоку) землетрясения и цунами 11.03.2011 г.

В 1986-1991 гг. работал ст. геологом геологической службы треста Дальморнефтегеофизика (ныне ОАО), освоил сейсмостратиграфический анализ данных МОГТ, подготовил рекомендацию и несколько паспортов на бурение в Татарском проливе, шельфах СВ Сахалина и залива Терпения, исследовал геологическое строение севера Татарского пролива и причины отсутствия нефти в 11 поисковых скважинах сахалинского шельфа; бурение подтвердило наличие ядра протыкания глинистого диапира в своде Хангузинской структуры, а паспорт на Южно-Омбинскую структуру, подготовленный вместе с геофизиками Т.И. Карпей и В.И. Чухонцевым в 1989 г., признан научно-техническим советом лучшим в истории треста.

В 1997 г. вернулся в ИМГиГ, работал научным, старшим, с 2009 г. – ведущим научным сотрудником ИМГиГ ДВО РАН.

Автор 246 опубликованных работ, включая две монографии, по вопросам геологии, тектоники, сейсмотектоники и нефтегазоносности ряда регионов СЗ и отчасти ЮЗ Пацифики. Активный участник российских конференций по морской геологии, дегазации Земли, тектонике, физике геосфер Земли, чтений памяти крупных отечественных ученых (В.Е. Хаин, Ю.А. Косыгин, К.В. Симаков и др.).