ISSN 2306-3114
Глубинная нефть
Геологическое строение и нефтегазоносность недр

УДК 550.834 (265.546)

ПРИЗНАКИ ГАЗОНОСНОСТИ И СТРОЕНИЕ КАЙНОЗОЙСКОГО ЧЕХЛА НА ЗАПАДНОМ БОРТУ СЕВЕРО-ТАТАРСКОГО ТРОГА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

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

GAS PRESENCE SIGNS AND CENOZOIC COVER STRUCTURE ON THE WESTERN SIDE OF TATARSKY TROUGH (SEA OF JAPAN)

Lomtev V.L.

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

Аннотация. По результатам повторной интерпретации данных МОГТ обсуждаются новые особенности строения западного борта Татарского трога или подводной окраины Сихотэ-Алиня (Японское море). Среди них: 1) скоростные аномалии типа «залежь», 2) структуры прорыва флюидов, близкие грязевулканам, 3) газовые окна и столбы, как зоны перерыва или заметного ослабления сейсмозаписи в отложениях палеогена и неогена. Эти признаки газо- и возможно нефтеносности осадочного разреза известны более 50 лет в мировой нефтегазовой сейсморазведке. Они позволяют предполагать, что под клином отложений неогена (зона регионального выклинивания) залегают отложения палеогена мощностью более 3-4 км, выполняющие погребенный краевой или передовой прогиб складчатого Сихотэ-Алиня. Региональным экраном для залежей нефти, газа и структур прорыва флюидов в палеогеновом разрезе является его фронтальный преднеогеновый надвиг западного падения.

Ключевые слова: трог, кайнозойский чехол, профиль МОГТ, газовое окно или столб, структура прорыва флюидов, аномалия типа «залежь», фронтальный надвиг.

Abstract. New peculiarities of western slope structure of the Tatarsky trough or submarine margin of Sikhote-Alin (Sea of Japan) are considered from repeated interpretation results of CDP data. Among them: 1) speed, “field” type anomalies, 2) fluid break structures, similar to mud volcanoes, 3) gas windows and columns as zones of break or visible weakening of reflector intensity in Paleogene and Neogene deposits. This signs gas- and possibly oil presence of sedimentary section are known in the world oil-gas seismic records for more 50 years. They allow up to suppose, that under Neogene sedimentary wedge (regional zone of wedge-out) lie Paleogene sedimentary deposits of thick more 3-4 km, filled the buried marginal or frontal trough of fold Sikhote-Alin. Its frontal preNeogene thrust of western dip is a regional screen for oil & gas pools and fluid break structures.

Key words: trough, Cenozoic cover, CDP profile, gas window or colamn, fluid break structure, “field” type anomaly, frontal thrust.

ВВЕДЕНИЕ

Татарский пролив занимает северную часть впадины Японского моря, разделяющей горные сооружения Сихотэ-Алиня и Западного Сахалина (Камышовый моноклинорий; рис. 1). В тектоническом плане он представляет собой асимметричный в широтном сечении субмеридиональный прогиб, расширяющийся к югу с бати- и депоцентрами (4-9 км) на сахалинском, восточном борту и зоной регионального выклинивания отложений неогена и позднего палеогена на западном, материковом. На востоке зона регионального выклинивания этих отложений установлена по данным бурения и МОГТ вдоль орогенных структур Восточного Сахалина (мегантиклинорий) с впаянным жестким платформенным блоком (Охотии) в заливе Терпения (затопленное столовое плато с развитой древовидной долинной сетью палеоПороная [12]).

Таким образом, Татарский прогиб наследует западное крыло более древнего (Западно-Сахалинского) краевого прогиба Сихотэ-Алиня (остаточный геосинклинальный прогиб по А.Ю. Юнову [22]). Инверсию краевого прогиба и формирование Камышевого моноклинория в [23] связывают с коровым срывом к востоку вдоль Центрально-Сахалинского (Тымь-Поронайского) регионального взбросо-надвига в квартере или его второй половине (сахалинская фаза складчатости и орогенеза [13, 33]). Срыв сейсмоактивен [23], включая подводную окраину Японо-Сахалинской островной дуги или Японо-Сахалинский бордерленд [30], где доминирует гравитационное сползание континентальной коры и формируются дуплекс ретроразломов сжатия восточного падения, местами - невельская секция Западно-Сахалинского разлома - цилиндрических и сопряженная с ними складчатость смятия [7, 12, 15, 18, 23].

Морской геофизикой (ГСЗ, НСП, МОГТ, грави-, магнито- и термометрия) и бурением Татарский прогиб изучается более 50 лет и в основном его северная, мелководная часть [5, 7, 8, 12, 14, 22, 27, 28, 36 и др.].

Его считали простым (К.И. Гнедин) или остаточным геосинклинальным прогибом (А.Ю. Юнов), рамповым грабен-синклинорием (К.Ф. Сергеев), раздвигом или клинораздвигом (Л.И. Красный), полуграбеном-полурампом (В.В. Куделькин), краевым прогибом, заложившемся в палеогене - раннем миоцене [22].

Рис. 1. Карта АТЗ и структур прорыва флюидов на западном борту Северо-Татарского трога с положением профиля ОГТ 452, контура Сюркумского погребенного выступа и одноименной параметрической скв. 1 (черный треугольник). Топооснова карты – http://tsun.ssec.ru/tsulab (Новосибирск).

К настоящему времени среди исследователей доминирует представление о рифтогенной природе (рифт или рифтограбен) Татарского прогиба как структуры регионального растяжения и опускания земной коры, заполнявшейся (осадочный бассейн) последние примерно 50 млн. лет осадками, сносившимися со смежных горных сооружений [7, 8, 36 и др.].

Вместе с тем, разное строение бортов, в частности формирование диагональных полуантиклиналей СЗ простирания с абрадированными сводами (бенч) высотой несколько км на сахалинском шельфе [15, 18]), а также отсутствие продольных ступенчатых (нормальных) сбросов, характерных для изученных рифтовых впадин Земли [37], позволяет рассматривать Татарский прогиб как типичный тектонический трог [17, 22], что уже предлагалось для впадины Японского моря в целом [39].

ISSN 2306-3114
Глубинная нефть
Геологическое строение и нефтегазоносность недр

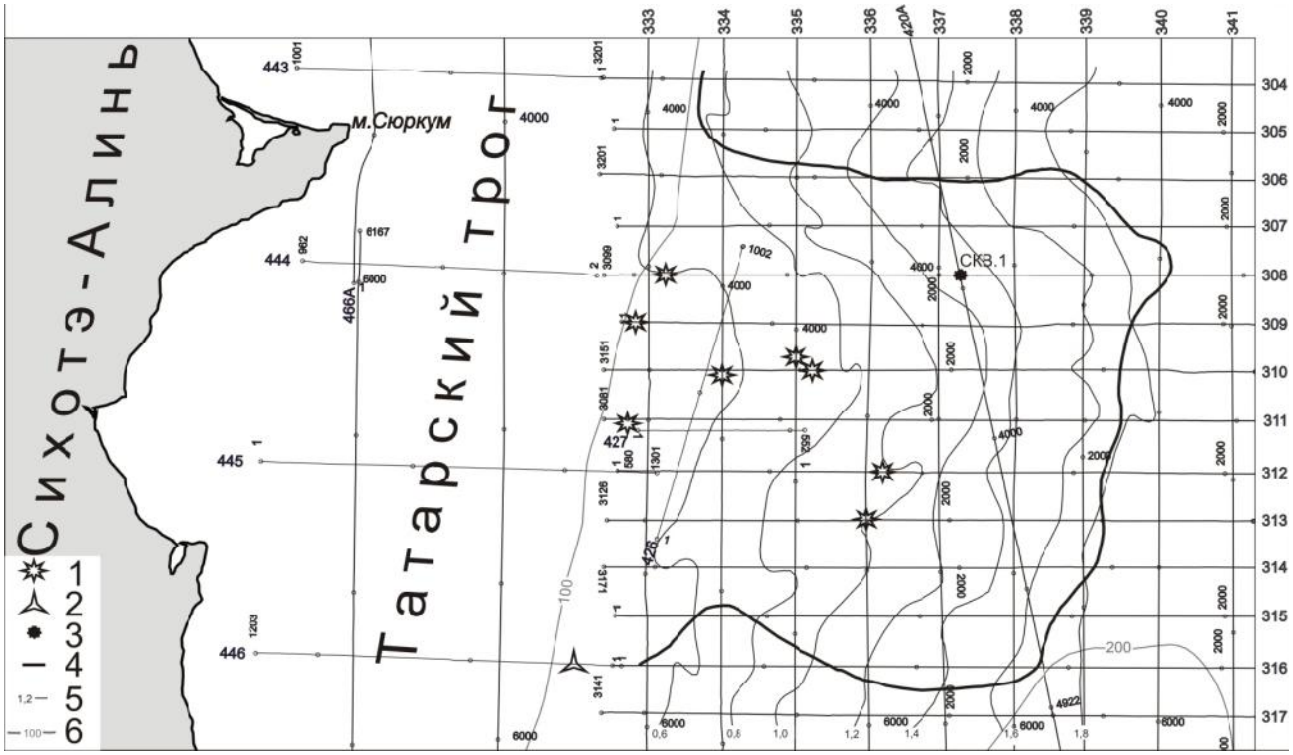


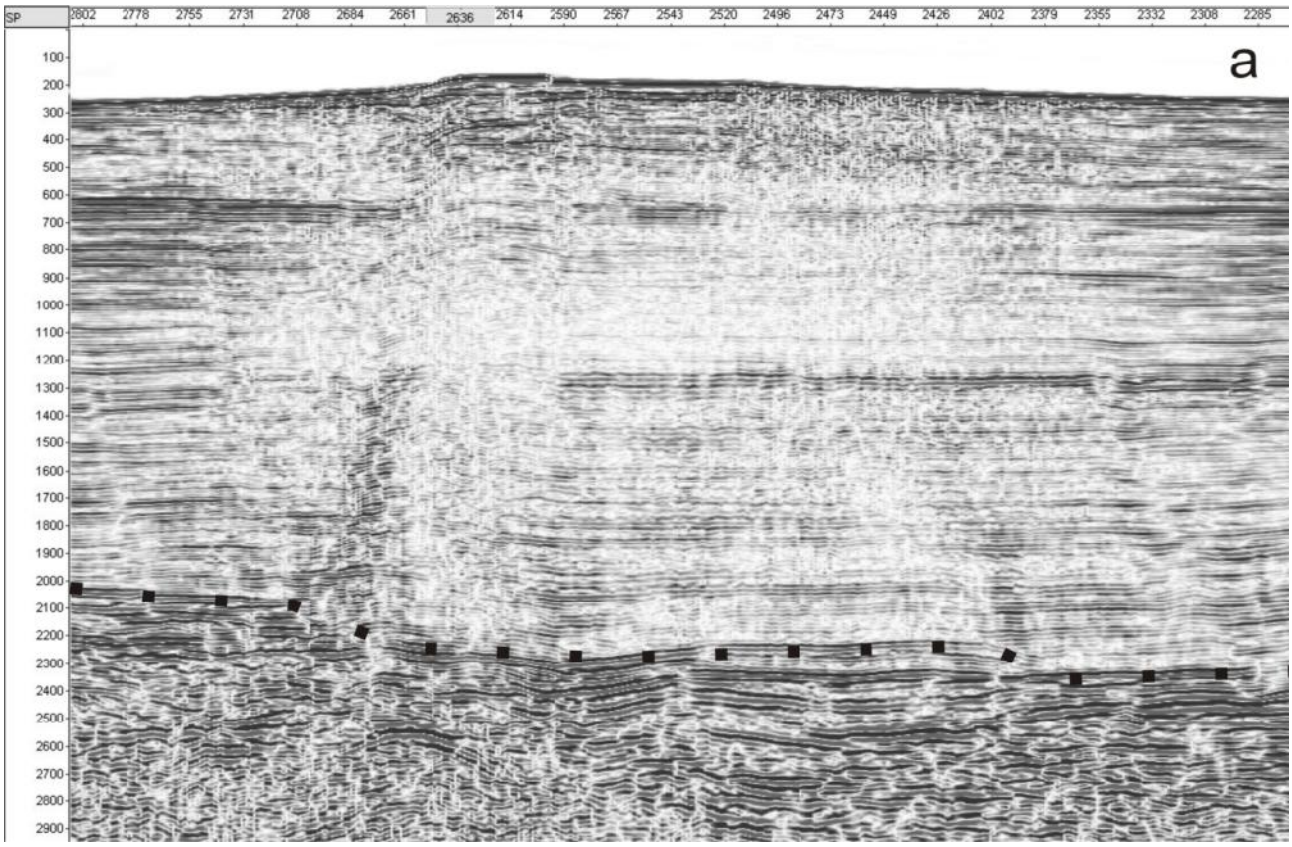
Рис. 2. Карта погребенного Сюркумского выступа с профилями МОГТ ДМНГ объекта 22/83 [19, 26]: 1 – аномалии типа «залежь» (АТЗ), 2 – структура прорыва флюидов (СПФ), 3 – положение Сюркумской параметрической скв. 1, 4 – контур выступа, 5 – изохроны кровли верхнего коллектора в секундах двойного пробега по Г.Ф. Балабко и др. (ДМНГ), 6 – изобаты в метрах.

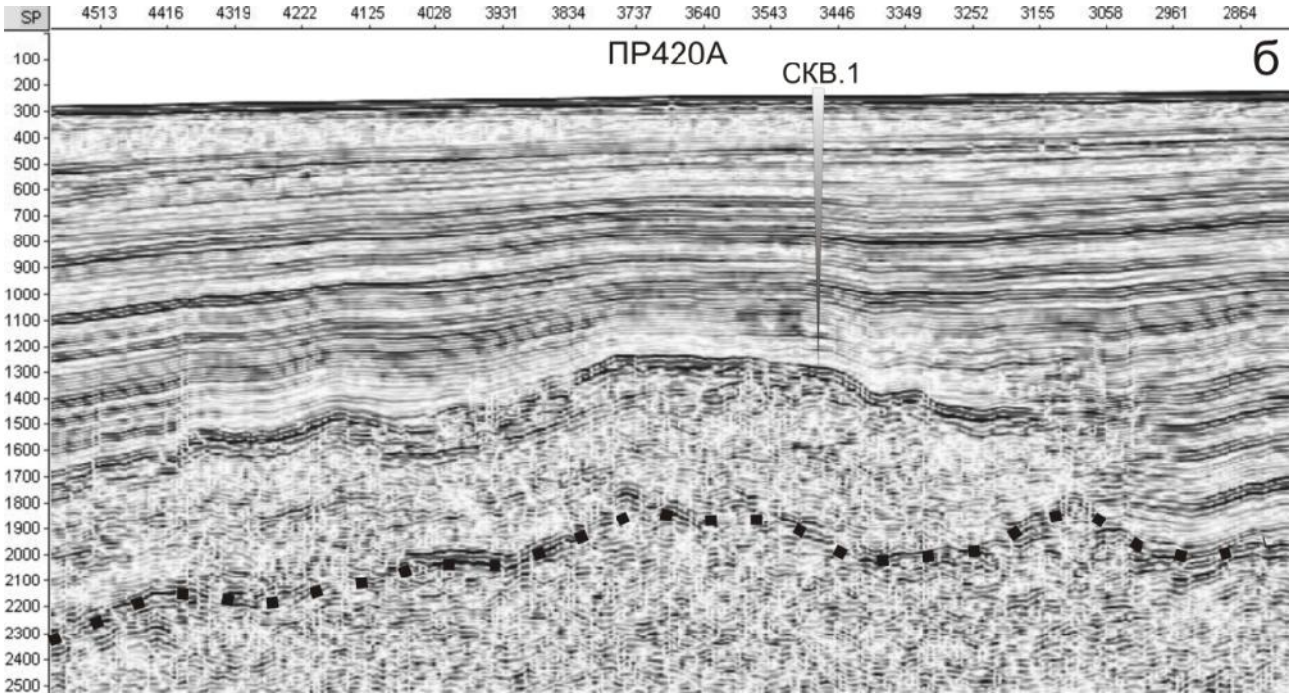
Встречные, широтные и продольные, меридиональные (к югу) проградационные клиноформы наращивания в верхней части придонного дерюгинского сейсмокомплекса (конец позднего плиоцена-квартер), выполняющих тектоническую ванну прогиба (коррелятный комплекс), надежно фиксируют молодой, четвертичный, возможно среднечетвертичный, возраст Татарского трога, а также снос осадков с прилегающих поднятий, их последующее отложение и частично транзит к югу в его батиальной части.

По результатам бурения 11 скважин на сахалинском, складчато-абразионном шельфе и двух на о-ве Монерон открыто одно небольшое Изыльметьевское месторождение газа к северо-западу от одноименного мыса на п-ове Ламанон (Северо-Татарский нефтегазоносный бассейн [36]). Здесь же в точке постановки ПБУ в придонных осадках неглубоким структурным бурением ДМИГЭ были впервые обнаружены газогидраты [21]. Столь скромные результаты нефтегазопоисковых работ обусловлены в основном отсутствием коллекторов в депоцентре кайнозойского осадочного бассейн из-за его удаленности (>50-100 км) от областей сноса (Сихотэ-Алинь и Восточный Сахалин) и малых (до 1 м/км) уклонов дна морского бассейна [22]. Поскольку главной областью сноса с конца позднего мела был Сихотэ-Алинь и вероятно палеоАмур, дренировавший субширотную Кизи-Лазаревскую впадину в его северной части [5], следовательно, коллектора и залежи углеводородов (УВ) нужно искать в зоне регионального выклинивания отложений палеогена и неогена на западном борту Татарского трога. Этот вывод поддерживают идея о латеральной миграции углеводородов (УВ) по восстанию пластов [2], аномально завышенная (>3-4 км) для зоны выклинивания видимая мощность палеогеновых и неогеновых отложений на некоторых профилях МОГТ и УВ-аномалии на Сюркумском погребенном выступе (рис. 1, 2).

В связи с этим в данной работе проведена типизация УВ-аномалий на профилях МОГТ на западном борту Татарского трога и оконтурена область их распространения в его северной (Северо-Татарский трог), мелководной части (рис. 3-5). Среди них выделены и описаны газовые окна и столбы, структуры прорыва флюидов, близкие по строению грязевулканам (термин Ю.В. и Т.Т. Казанцевых [10]) и аномалии типа «залежь» (АТЗ). Все они известны на профилях МОГТ и НСП в нефтегазоносных бассейнах мира, в том числе Северо-Сахалинском [1, 6, 9, 21, 29, 32, 40 и др.]. В контексте газо- и возможно нефтеносности западного борта трога рассмотрены особенности и проблемы его строения, тектоники, магматизма и истории геологического развития в кайнозое (рис. 6, 7).

ISSN 2306-3114





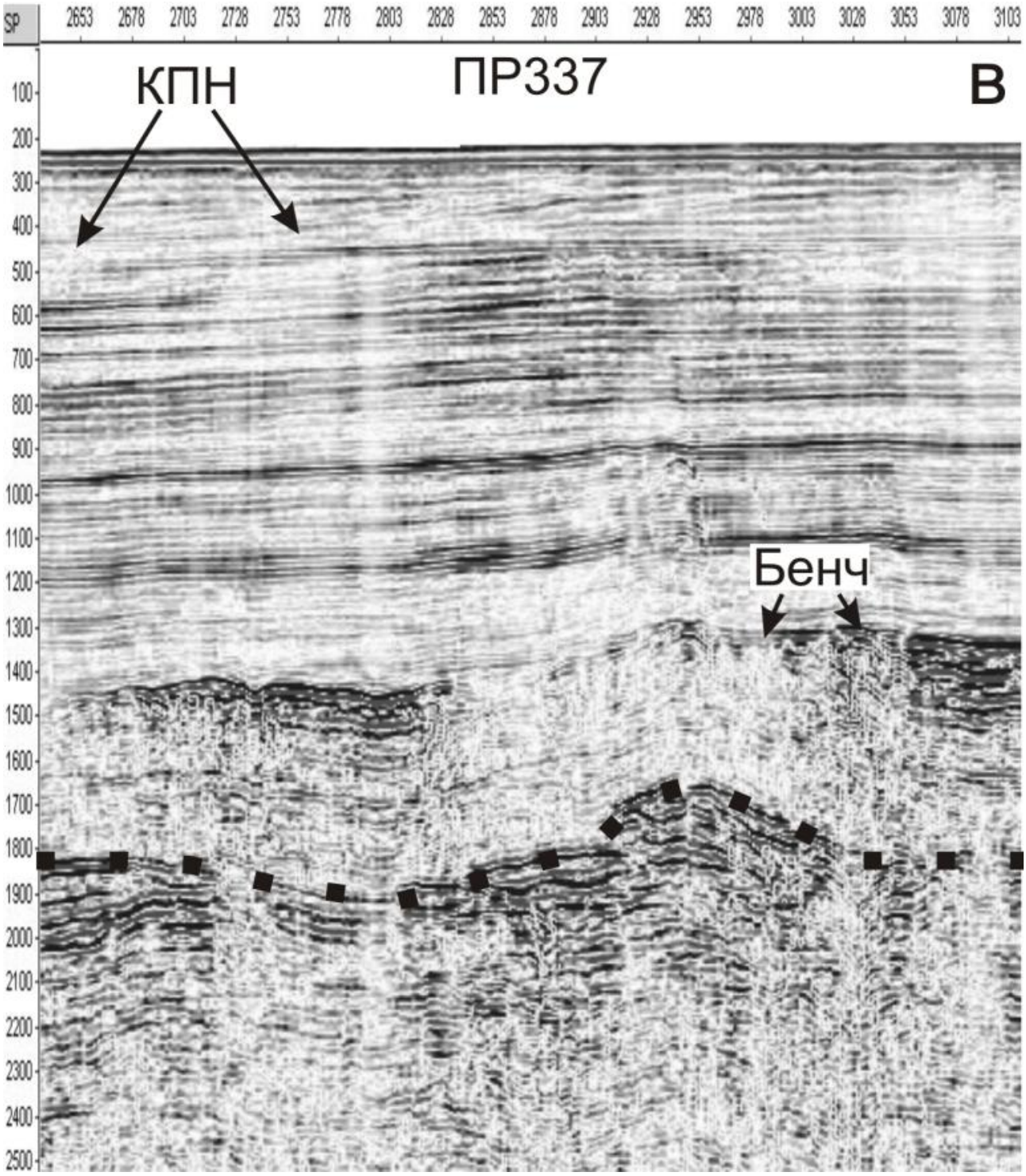
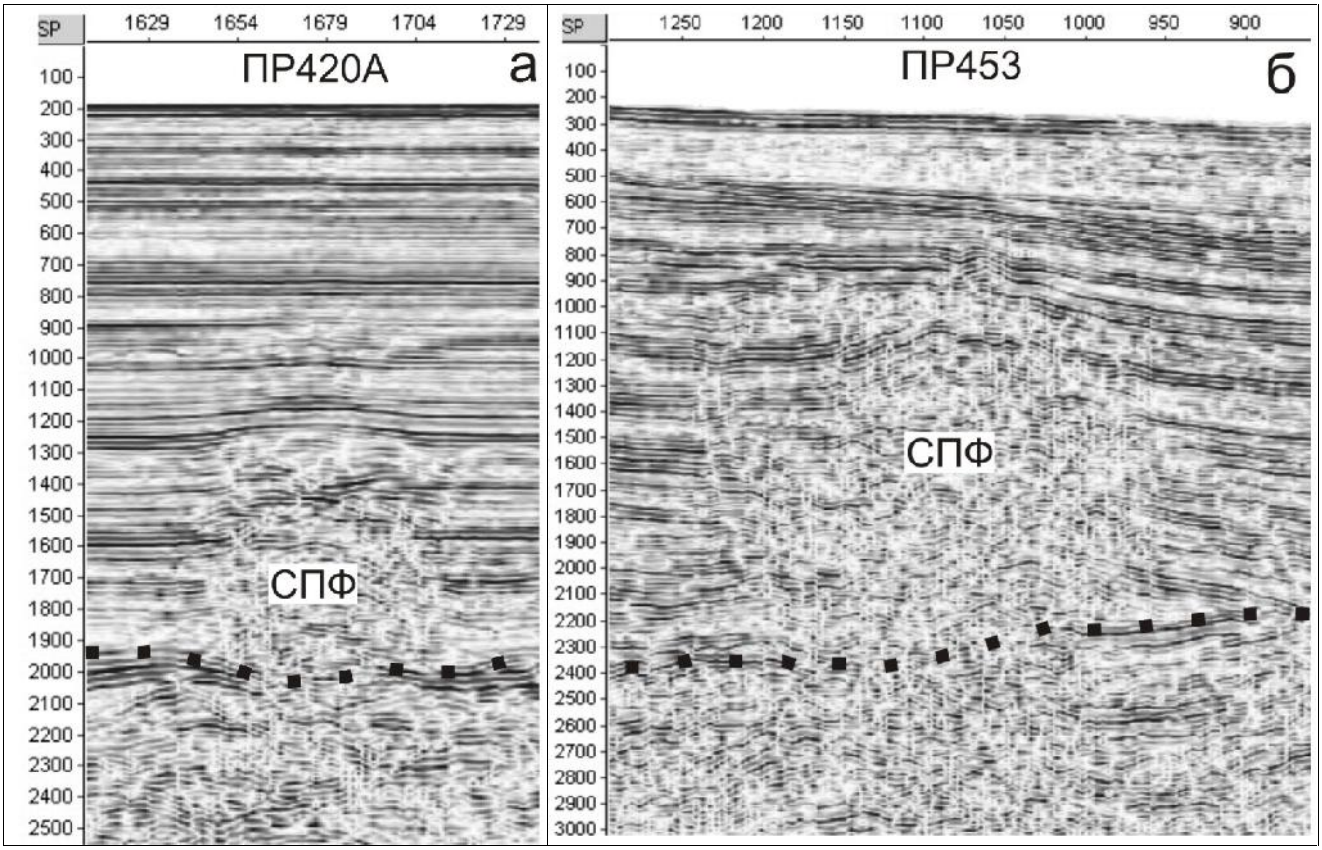


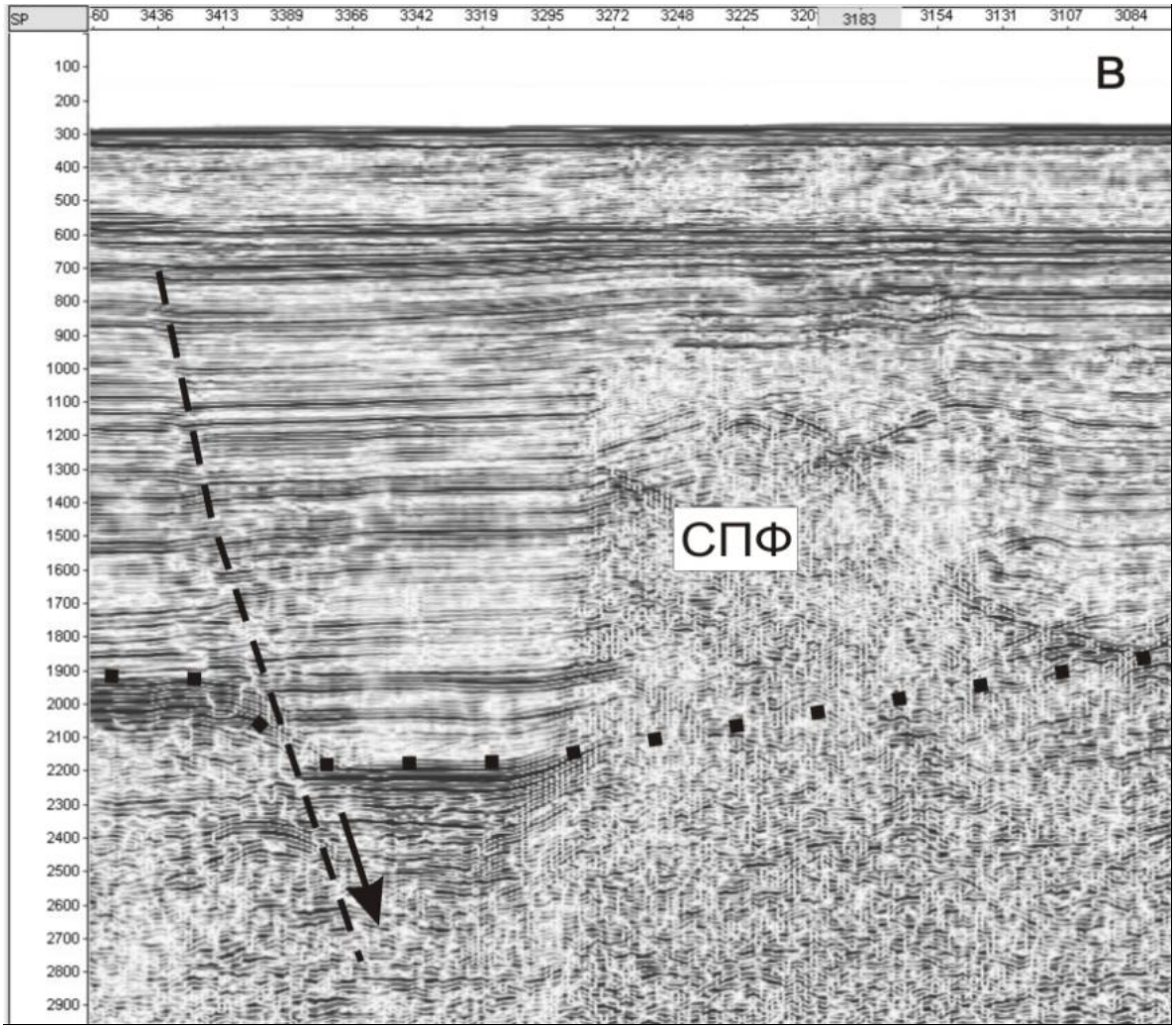
Рис. 3а-в. Газовые окна и столбы на временных разрезах МОГТ (примеры): КПН – четвертичные клиноформы продольного (к югу) наращивания; скв. 1 – Сюркумская параметрическая скважина [19, 26]; линия черных квадратов – подошва осадочного неогена по данным В.О. Савицкого [12] здесь и на других профилях. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега с шагом 0.1 с, горизонтальный – гидроточки ОГТ с шагом 40 точек/км здесь и на других профилях.

ГАЗОВЫЕ ОКНА И СТОЛБЫ

В сейсморазведке МОВ известны под разными названиями с конца 50-ых годов прошлого века («слепые зоны», зоны ОО или отсутствия отражений, зоны газонасыщения или избыточной газонасыщенности, газовые окна, столбы, плюмы, конусы, факелы, трубы дегазации [9, 21, 27, 29, 40 и др.]).

ISSN 2306-3114





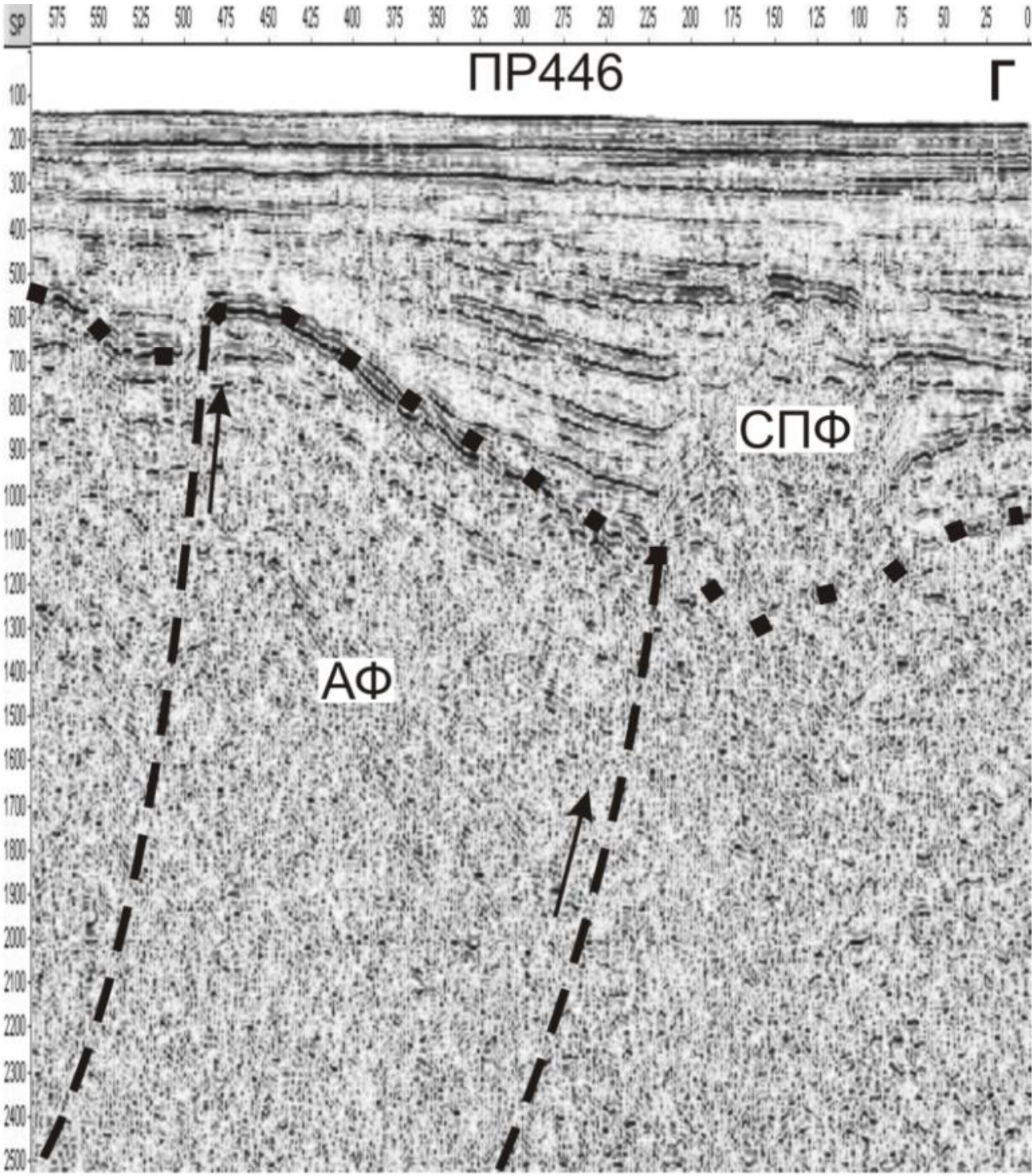
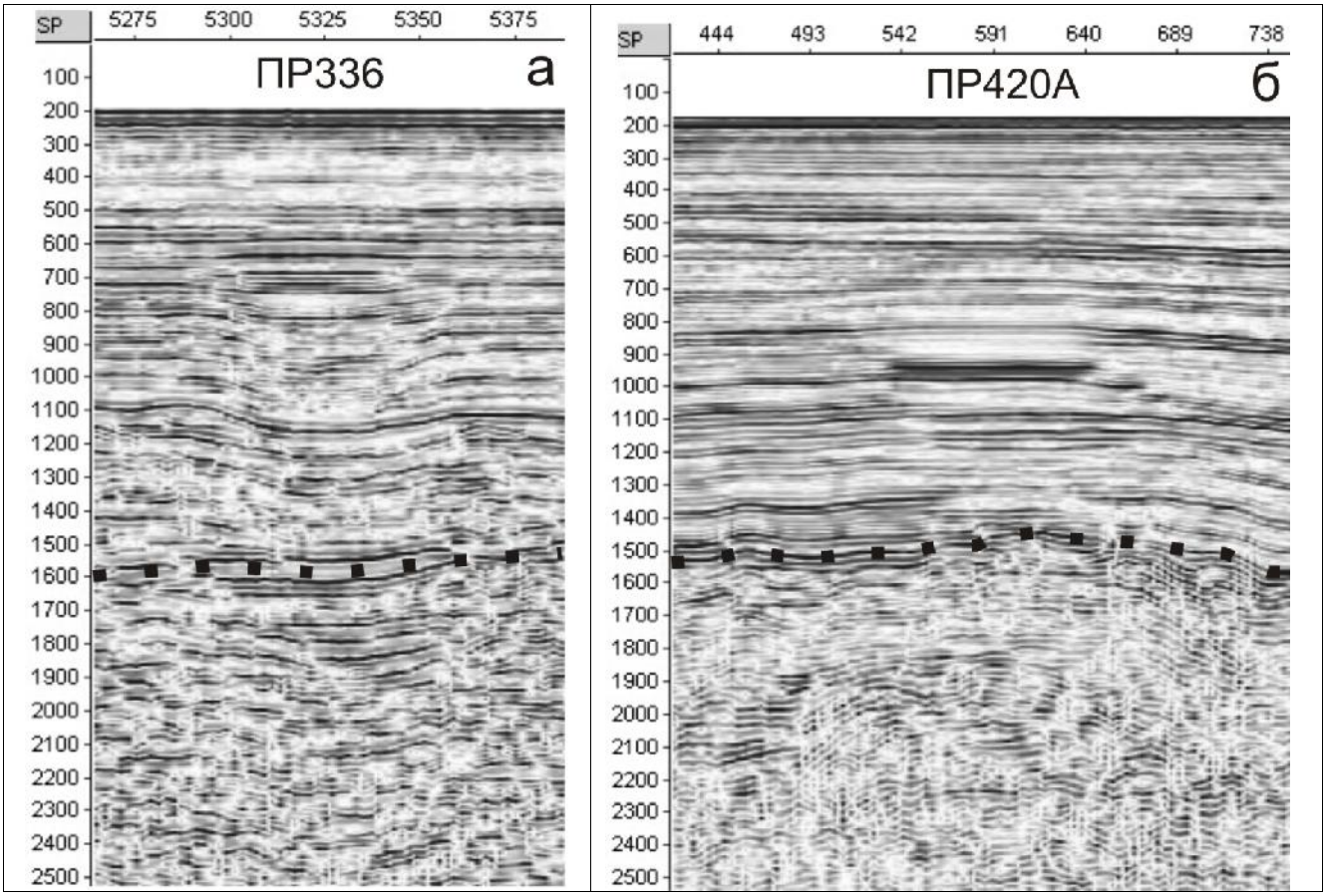


Рис. 4а-г. Примеры структур прорыва флюидов (СПФ) на профилях МОГТ: АФ – акустический фундамент, сложенный меловыми породами, пунктиры со стрелками – предполагаемые разломы и смещения по ним (в, г).

ISSN 2306-3114



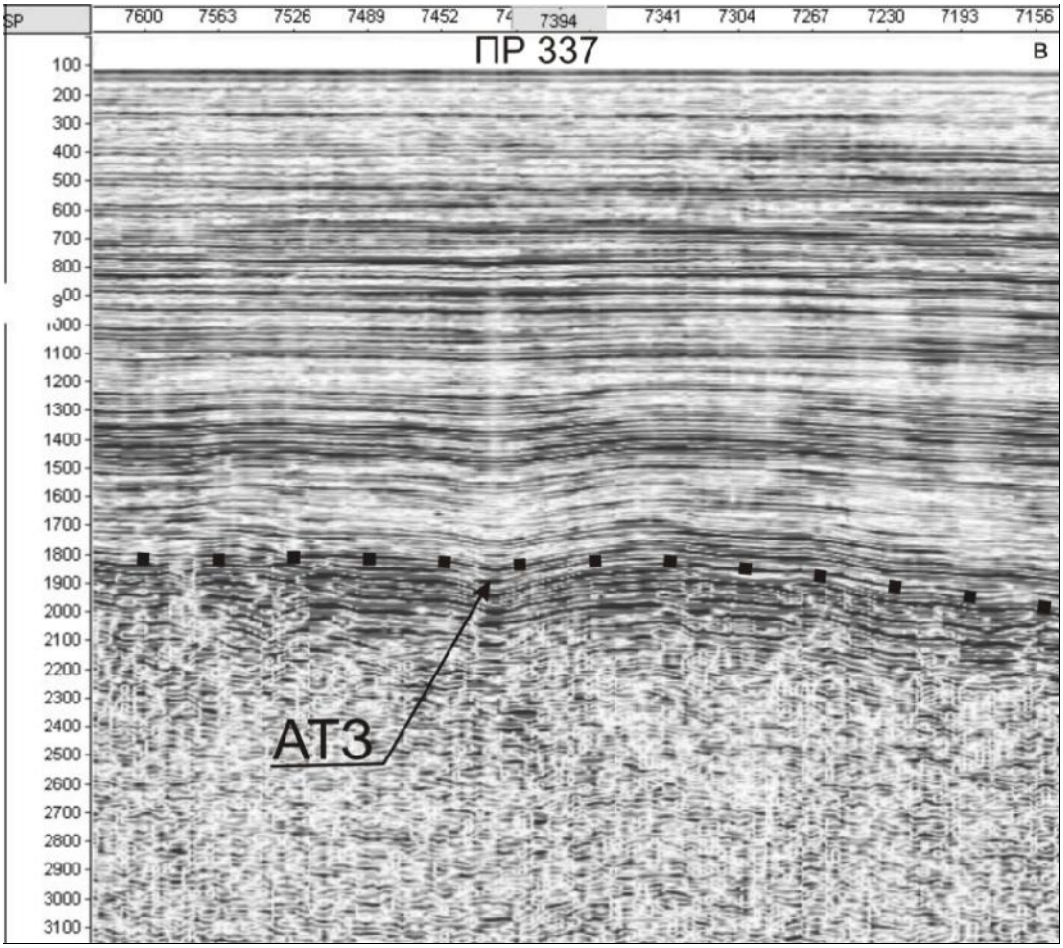


Рис. 5а-в. Примеры аномалий типа «залежь» (АТЗ) на профилях МОГТ.

На временных разрезах МОГТ и НСП они опознаются по перерыву или ослаблению интенсивности (осветление) сейсмозаписи. По данным газового каротажа их образование связано с избыточной газонасыщенностью (~5-30% от объема пор) осадочного разреза, поэтому их можно считать газопроявлениями. По результатам изучения газовых окон (в основном придонных) на нефтегазоносном шельфе СВ Сахалина установлено, что источником газа здесь являются залегающие глубже залежи УВ, следовательно, они имеют важное поисковое значение [9]. Вместе с тем на профилях МОГТ можно видеть, что месторождение УВ, например Изыльметьевское в Татарском проливе, венчает газовый столб, проникающий до подошвы кайнозойского чехла (см. профиль МОГТ 420, объект 14/86, фонды ДМНГ). Отсюда следует, что газовые окна, столбы и залежи газа суть взаимосвязанные стороны миграции газа с глубин к поверхности с локализацией в пластах-коллекторах.

На западном борту Татарского трога газовые окна и столбы в кайнозойском осадочном чехле почти повсеместно вдоль полосы протяженностью 220 и шириной более 50 км (рис. 1, 3а-в). Пример рассеянной миграции газа дает фрагмент субмеридионального профиля 120-канального МОГТ ДМНГ протяженностью 10 км, отработанного к югу от Сюркумского выступа (рис. 3а). Газ мигрирует по всему неоген-четвертичному разрезу, что надежно фиксирует его поступление из подстилающего субстрата (палеогеновый чехол и/или подстилающий меловой акустический фундамент) с контрастной пачкой в кровле (сергеевский комплекс [7, 12, 14, 36]).

Два других примера связаны с крупным Сюркумским погребенным выступом размером 40 х 40 км мористее одноименного мыса на материковом побережье Татарского пролива (рис. 2, 3б,в). На субмеридиональном профиле МОГТ 420А через восточный фас этого выступа избыточная газонасыщенность низов осадочного миоцена и подстилающих отложений палеогена фиксируется по перерыву в прослеживании отражающих границ, прозрачной (газовой) шапке мощностью 150-250 м над региональным коллектором (контрастный горизонт в своде) и полупрозрачному разрезу (рис. 3б). Поскольку эти признаки в той или иной степени наблюдаются и на других профилях МОГТ, пересекающих Сюркумский выступ [12], то с учетом мелководных (бенч на рис. 3в), прибрежно-морских обстановок осадконакопления его можно рассматривать как погребенную прибрежную газовую банку.

На профиле МОГТ 337 (рис. 3в) газовые окна и столбы на южном крыле выступа наблюдаются по всему разрезу, включая придонные четвертичные клиноформы продольного наращивания к югу. Следовательно, здесь также миграция газа происходит из отложений палеогена видимо значительной мощности и/или подстилающего мелового акустического фундамента. На этом примере отметим разную форму газопроявлений в перспективном (~1.4-2.0 с) интервале разреза (в основном газовые окна) и его региональной покрышке (узкие газовые столбы и/или факелы), возможно связанную с их литологией и трещиноватостью.

Суммируя, обратим внимание на отсутствие газовых факелов в водной толще рассматриваемого региона и разную глубину их верхних кромок в кайнозойском осадочном чехле, что может указывать на геологически недавнее начало субвертикальной миграции газа (квартер-голоцен?). Отметим также известный методический аспект, связанный с особенностями вывода временных разрезов МОГТ и их геологической интерпретации. Имеется ввиду, что наиболее точную геометрию газопроявлений в кайнозойском чехле дает вывод временных разрезов с одного канала, что обычно используют в море для проверки качества полевой сейсмозаписи.

СТРУКТУРЫ ПРОРЫВА ФЛЮИДОВ

В исследуемом регионе структуры прорыва флюидов впервые описаны в работах [12, 22]. Они представляют собой вертикальные, сложно построенные зоны перерыва отражающих границ в кайнозойском чехле (рис. 4а-г), сходные по своему видимому строению с грязевулканами, известными спутниками нефтегазоносных провинций [21, 38]. Последние давно известны на Сахалине, где их образование (Пугачевский и Южно-Сахалинский грязевулканы) связывают с Центрально-Сахалинским взбросо-надвигом меловых пород и зоной аномально высокого пластового давления, водонасыщения и разуплотнения (сопочная брекчия) глинистого кайнозоя и возможно мезозоя в его лежачем крыле [3].

Самая северная структура прорыва флюидов на западном борту Татарского трога обнаружена на профиле МОГТ 420А в 68 км к северу от Сюркумского выступа (рис. 4а). Это сложно построенное, полупрозрачное, субвертикальное тело шириной 1-2 км в низах миоценового разреза. Кровля внедрившихся газо- и водонасыщенных осадочных масс (сопочная брекчия?) здесь намечается в интервале 1.3-1.4 с, что подчеркивает небольшой антиклинальный изгиб перекрывающих слоев (глини-

ISSN 2306-3114

стый минидиапир?). Здесь в интервале 1.0-1.3 с также четко видны аномальное выполаживание слоев в своде диапировой складки, смена полярности и интенсивности отражений (АТЗ?), что указывает на их газо- и возможно нефте- и водонасыщенность.

Крупная структура прорыва флюидов шириной 2.5-5 км обнаружена на профиле МОГТ 453 объекта 14/86 в 65 км к югу от Сюркумского выступа и в 52 км к востоку от побережья Сихотэ-Алиня между портами Ванино и Совгавань (рис. 4б). Она выделяется в отложениях неогена и подстилающего палеогена (интервал 0.6-3.0 с и видимо глубже) как сложнопостроенное, полупрозрачное, т.е. газонасыщенное, тело с массой микродифракций и коротких разнонаклонных отражений (зона сложного волнового поля). Ее боковые стенки неровные с выступами (клиньями) и смежными карманами, что указывает на внедрение в неогеновый чехол низкоскоростных, газо- и вероятно водонасыщенных осадочных масс (сопочная брекчия?). На глубине 1.1 с выпуклый изгиб контрастных неогеновых слоев (глинистый диапир?) маркирует кровлю этих масс, но без образования грязевого конуса. Отметим угловое несогласие в подошве неогенового чехла, характерное по данным МОГТ для западного борта Татарского трога в его в южной части и связанное с обстановками батиального осадконакопления в троге и на подводной окраине Сихотэ-Алиня.

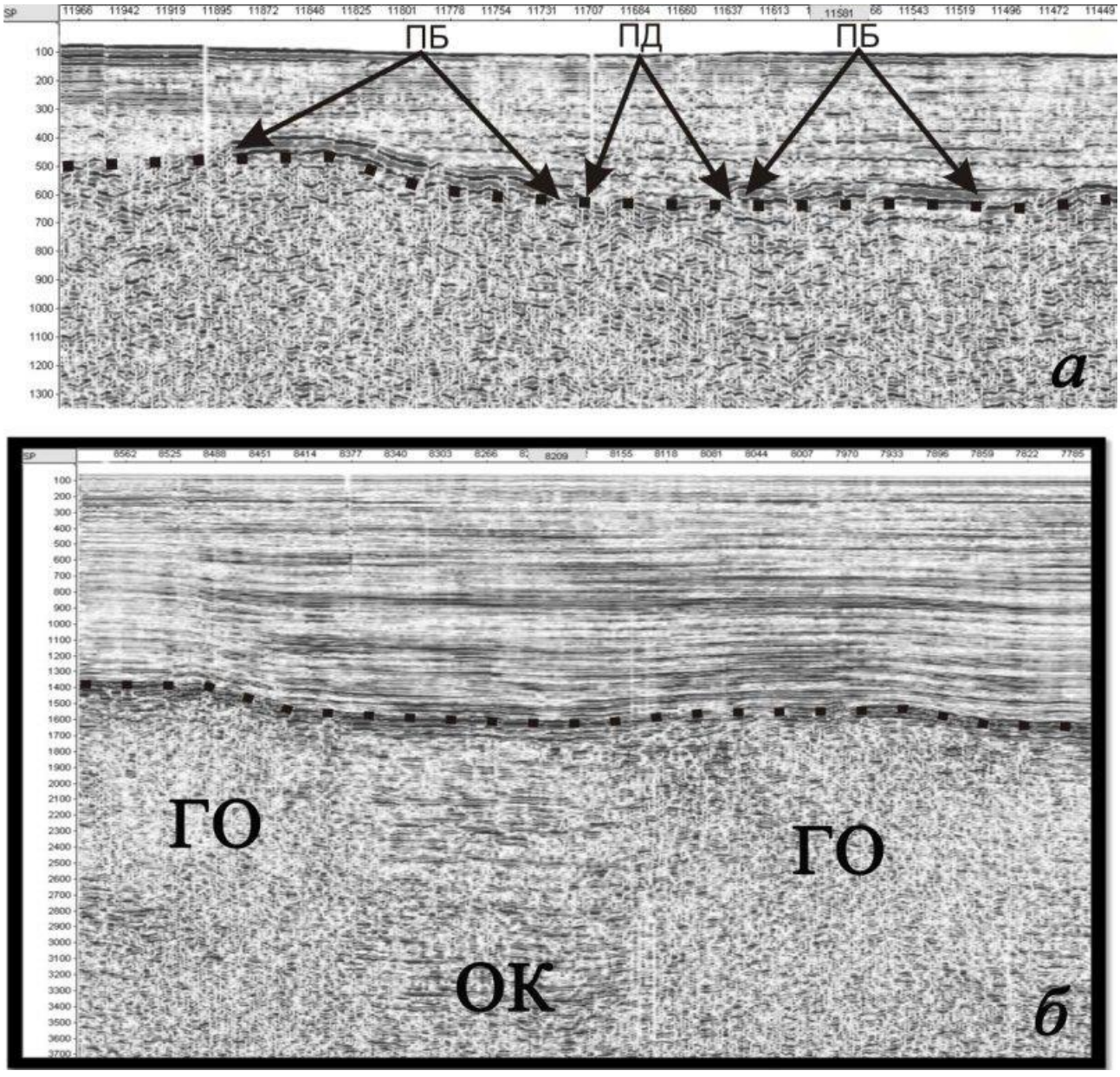


Рис. 6а - кизинские раннемиоценовые платобазальты (ПБ), частью эродированные (ПД – подводная долина); б – осадочный карман (ОК) в палеогеновом чехле, «ограниченный» газовыми окнами (ГО).

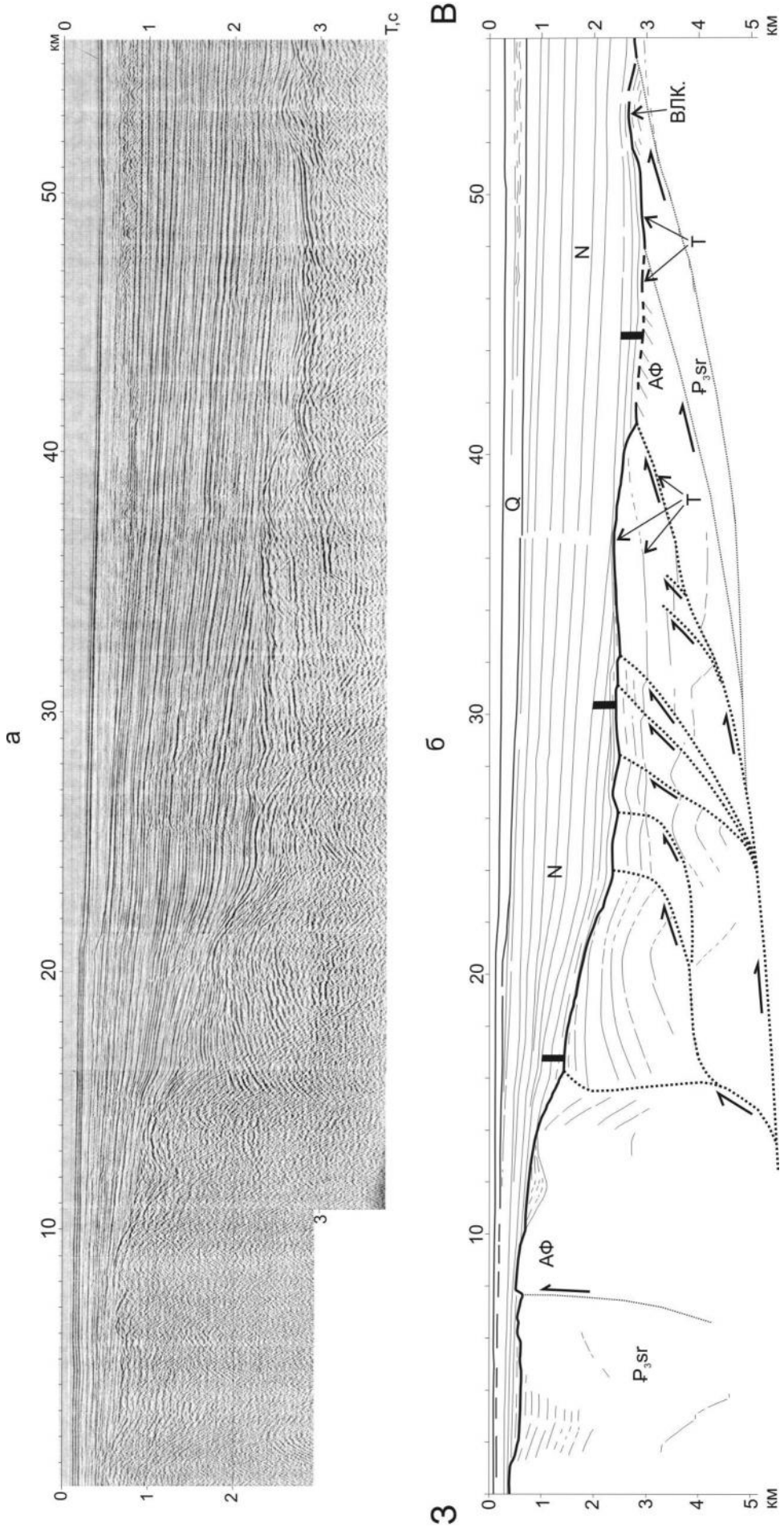


Рис. 7. Временной (а) и глубинный (б - в интерпретации автора) разрезы по профилю МОГТ 452 (объект 14/86 [25]). АФ – акустический фундамент, Т – траппы, влк. – вулкан, Q – четвертичные отложения , N – неогеновый чехол, P_3sr –сергеевский комплекс (стратиграфия чехла по В.О. Савицкому [13]). Крупные точки – разломы аллохтона, мелкие точки – разломы, мористее аллохтона; стрелки указывают направление смещений по ним. Черные колонки выделяют подошвенную пачку неогена, залегавшую субгоризонтально во время накопления.

ISSN 2306-3114

Структура прорыва флюидов шириной до 3.5 км обнаружена к югу от Сюркумского выступа профилем 120-канального МОГТ в верхней части континентального склона (рис. 4в). Она интересна антиклинальным изгибом слоев в интервале 1.1-1.5 с (глинистый диапир?), небольшими «яркими пятнами», газовой шапкой, АТЗ типа ложного провала шириной 1 км и V-образной формой (палеорусло или интрузия типа лополита?). Эта структура также имеет сложное, субвертикальное строение и полупрозрачный облик, указывающий на газо- и вероятно водонасыщенность отложений. Судя по перерыву в прослеживании контрастного сергеевского комплекса внедрение сопочной брекчии и газа очевидно происходит из подстилающего осадочного палеогена значительной (первые км по данным редкого ГСЗ [25]) и/или подстилающего мелового акустического фундамента. Самая мелководная структура прорыва флюидов обнаружена в заметно утоняющемся клине отложений неогена на профиле 446 у юго-западного края Сюркумского выступа (рис. 2, 4г). Ее поперечник достигает 3 при высоте 0.6 км. Кровлю внедрившихся полупрозрачных, водо- и газонасыщенных масс (сопочная брекчия?) маркирует «яркое пятно» на уровне 0.5 с. По аналогии с грязевулканами Сахалина здесь в меловом акустическом фундаменте намечены два молодых взбросо-надвига западного падения во фронте складчатого Сихотэ-Алиня, формирующих тектонический экран для УВ и структур прорыва флюидов по крайней мере в палеогеновом осадочном разрезе Сюркумского выступа и прилегающих территорий.

Подытоживая, отметим, что обнаруженные структуры прорыва флюидов на западном борту Татарского трога не выходят на дно, имеют видимо довольно молодой (квартер?) возраст и продолжают свое геологическое развитие. Их достаточно сложное строение позволяет рекомендовать звездочку галсов, используемую при картировании подводных гор в океане, а также вывод временных разрезов с одного канала (см. выше).

АНОМАЛИИ ТИПА «ЗАЛЕЖЬ» (АТЗ)

На профилях МОГТ ДМНГ по Чайвинскому многопластовому месторождению УВ на шельфе СВ Сахалина описаны два морфологических типа аномалий типа «залежь» шириной 2 км [21, 32]. В его центре (свод Чайвинской антиклинали) закартирован ложный симметричный провал отражающих границ (псевдосинклиналь), на 200-300 м затрагивающий и низы покрышки, а на периферии – ложный минигайот или трапеция. Заверка бурением ложного провала на этой структуре дала толчок крупномасштабной нефтегазовой разведке шельфа СВ Сахалина, а ныне и его промышленной разработке. Отметим известное и существенное различие в амплитуде 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 [22]. 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, 6].

На западном борту Татарского трога АТЗ картированы мористее предполагаемого фронтального надвига складчатого Сихотэ-Алиня, фиксируемого зоной положительных остаточных гравианомалий на внутреннем материковом шельфе (рис. 5а-в; [7]). В основном преобладают псевдосинклинали диаметром 0.9-2.1 км, в том числе на Сюркумском погребенном выступе (рис. 1, 2; [19, 28]). АТЗ на рис. 5а одна из самых крупных. Она располагается на пересечении широтного (313) и меридионального (336) профилей МОГТ, что указывает на ее вероятно изометричную форму в плане. В контуре аномалии снижение скорости распространения продольных волн достигает 16% и близко таковому на Чайвинской АТЗ [32]. Восемь аномалий типа «залежь» и одна структура прорыва флюидов на этом выступе позволяют предполагать наличие залежей газа в отложениях миоцена и подстилающего палеогена (интервал 1.1-1.8 с). Региональный коллектор мощностью 100-200 м в кровле перспективного интервала находится на глубине 1.1 с. На профилях МОГТ он акустически контрастен, имеет слоисто-шероховатое строение, местами с абразионным срезом пологонаклонных слоев (рис. 3в). Следовательно, территория Сюркумского выступа в это время представляла собой крупную прибрежную банку, к северу, востоку и югу от которой аккумулировались тонкослоистые шельфовые осадки [12].

Особо отметим АТЗ шириной 3 км на окончании субмеридионального профиля 420А в 67 км к северу от Сюркумского выступа (рис. 5б). Это типичный минигайот (трапеция) в своде низкой асимметричной антиклинали шириной более 10 км. Помимо выполаживания отражающих границ, характерного для периферии Чайвинского многопластового месторождения УВ [32], здесь четко проявле-

ны смена полярности и интенсивности фаз в интервале разреза 0.7-1.5 с, включая яркое пятно (интервал 0.9-1.0) и полупрозрачную газовую шапку (интервал 0.7-0.9 с). В отличие от Сюркумской прибрежной банки здесь вероятно преобладают осадки мелководного шельфа с многочисленными песчаными пластами (контрастные горизонты). Отметим здесь также тонкослоистое строение верхов палеогенового разреза, характерное для осадочного чехла. Полупрозрачный облик и прерывистость отражающих границ указывают на газонасыщенность кайнозойского чехла и, вероятно, значительную мощность, хотя с учетом небольшой инверсии скорости распространения продольных волн здесь можно предполагать и продуктивные пласты с жидкими углеводородами.

К югу от Сюркумского выступа АТЗ на профиле 337 (рис. 5в) представляет собой ложный провал шириной 1.8 км, обусловленный залежью газа в отложениях низов миоцена - олигоцена (интервал глубин 1.5-2.0 с). Газовую специализацию этого перспективного интервала фиксируют полупрозрачные газовые столбы или факелы в региональной покрышке, в том числе и над самой АТЗ. Отметим также тонкую субгоризонтальную расслоенность и полупрозрачный облик (газонасыщенных?) низов видимого разреза (интервал 2.1-3.1 с), более характерные для палеогенового осадочного чехла, чем акустического фундамента, сложенного меловыми породами [7, 14].

Суммируя изложенное выделим преимущественно газовую специализацию закартированной зоны развития АТЗ и структур прорыва флюидов (рис. 1), хотя в ряде случаев, например, АТЗ на северном окончании профиля 420А, в изученном кайнозойском осадочном разрезе можно предполагать и продуктивные пласты с жидкими углеводородами, которые газ в значительной степени маскирует [21].

СТРОЕНИЕ ПАЛЕОГЕНА И АКУСТИЧЕСКИЙ ФУНДАМЕНТ

В Татарском троге вулканогенно-осадочные отложения палеогена традиционно объединяют в сергеевский комплекс, вскрытый тремя скважинами на ЮЗ шельфе Сахалина [7, 12, 14]. Авторы крупной сводки [7] датируют его концом позднего эоцена – низами раннего миоцена. Для комплекса характерны значительные вариации мощности (осадочные карманы) по площади в сравнении с вышележащими отложениями морского неогена (трог), а также омоложение отложений в подошве к северу на Западном Сахалине. По данным МОГТ и геологосъемки его мощность не превышает 1-3 км с утонением и выклиниванием на материковом шельфе. Здесь, а также в окрестности о-ва Монерон на дно выходит или приближен к нему подстилающий акустический фундамент, сложенный осадочными породами мела или мезозоя, которые местами замещены вулканитами позднего мела – палеоцена. Таким образом, в эоцене, местами позднем мелу-палеоцене, в исследуемом регионе можно предполагать крупный перерыв в морском осадконакоплении (палеосуша?).

Кровля акустического фундамента в троге залегает на значительной глубине и не фиксируется на профилях МОГТ [12]. Его выступы на материковом шельфе и континентальном склоне считают продолжением олигоценовых и нижнемиоценовых базальтовых плато Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса [7]. Мощность эффузивов, драпирующих отложения мела и возможно палеоцена–эоцена, достигает 1 км. К востоку они утоняются и погружаются с отметок 500-1000 м под воды пролива, где прослеживаются на многие десятки километров, экранируя отражения от более глубоких горизонтов. В окнах эффузивов профили МОГТ фиксируют карманы расслоенного (осадочного) палеогена (в основном олигоцена), которые в плане «заливами» врезаны с востока в их полосу распространения. Следовательно, можно предполагать, что под эффузивами залегает мощная осадочная толща палеоцена-эоцена, выполняющая вероятно передовой или краевой прогиб складчатого Сихотэ-Алиня. Таким образом, основной причиной отсутствия отражений от кровли акустического фундамента на сейсмических разрезах на большей части Татарского трога является значительная (несколько км) мощность этой толщи, экранирование эффузивами, а на западном борту – и их региональная газонасыщенность. Так, на внутреннем шельфе экранирование подстилающего разреза связано с кизинскими платобазальтами раннемиоценового возраста, известными на материковом побережье севера Татарского пролива [14]. На рис. 6а они выделяются по интенсивному двухфазному отражению в подошве морского осадочного неогена. Платобазальты драпируют преднеогеновый, видимо субаэральный, палеорельеф, имеют пластовое строение и выдержанную (50-100 м) мощность. В широкой погребенной речной палеодолине они видимо эродированы (перерыв в прослеживании).

На рис. 6б в донеогеновом разрезе внутреннего шельфа четко выделяется осадочный карман с субгоризонтальными отражающими границами, «ограниченный» с обеих сторон газовыми окнами (полупрозрачные зоны потери корреляции). Отсутствие палеорельефа и связанных с ним несогласий

ISSN 2306-3114

по границам кармана, а также локальная тонкая расслоенность разреза внутри газовых окон надежно фиксирует морской осадочный, вероятно олигоценовый, чехол видимой мощностью более 1.5 с, который почти не затронут тектоникой или магматизмом.

По рассматриваемой проблеме наиболее информативным остается широтный профиль МОГТ 452 (объект 14/56) протяженностью 56 км [12, 25]. На рис. 7 представлены его временной и глубинный разрезы. Они демонстрирует характерную для Татарского трога широтную асимметрию по осадочному неогену, клин которого мощностью здесь до 2.5 км раскрыт к востоку. В основании неогена, стратиграфически привязанном В.О. Савицким к разрезам сахалинского шельфа (Красногорская скважина [12]), отметим угловое несогласие, связанное с налеганием подошвенной пачки на уступ на пикетах (ПК) 39-42 км в кровле сергеевского комплекса. Уступ возник в результате тектонического сдваивания последнего по пологому преднеогеновому надвигу во фронте складчатого Сихотэ-Алиня с видимым смещением к востоку вероятно более 15 км [17]. В аллохтоне мощностью до 4 км выделена система (дуплекс) чешуйчатых надвигов и взбросов западного падения, магматическая и осадочная расслоенность к западу от упомянутого уступа с раздувом мощности на ПК 16-23 км. Последний описывали как совгаванский клин (не путать с молодыми платобазальтами совгаванской свиты [31]) осадочного палеогена [12, 17], формирующий асимметричную антиклиналь с крутым восточным крылом, связанную, согласно [16], с коровым гравитационным срывом к востоку.

Особо выделим осадочный карман в начале профиля (ПК 0-2 км) и два поля эффузивов, экранирующих подстилающий осадочный разрез олигоцена на ПК 3-15 и 35-56 км. Карман фиксирует прослеживание осадочных толщ олигоцена с борта трога на материковый шельф и их значительную мощность. С востока к нему примыкает поле эффузивов мощностью вероятно первые сотни метров. Оно располагается близ края шельфа, тектонически приподнято, раздроблено и с востока ограничено взбросом западного падения, входящим в дуплекс аллохтона. Второе поле эффузивов с контрастными протяженными отражениями (тектонически раздробленные при срыве траппы или пачки лавовых потоков) мощностью до 100-200 м находится мористее. Его маркирует низкая вулканическая постройка на конце профиля, сходная по внутреннему строению с частично разбуренным подводным Надеждинским палеовулканом близ п-ова Ламанон [7].

Итак, профиль МОГТ 452 впервые позволяет наметить черты надвиговой структуры активной подводной окраины складчатого Сихотэ-Алиня, формирование которой происходило в преднеогеновое время и вероятно было связано с коровым срывом к востоку [20]. С учетом данных геологосъемки по строению Дальнегорского шарьяжа на западном крыле Сихотэ-Алиня [11] приходим к выводу о его дивергентном строении, характерном для перитихоокеанских кордильер (двусторонние орогены по Л. Коберу). Поэтому по аналогии с желобами Пацифики [24] уступ на ПК 39-42 км можно рассматривать как фронт аккреции, а разлом на ПК 16 км – вероятно как фронт регионального шарьяжа. На карте остаточных гравианомалий в своде [7] последний разделяет зоны положительных (внутренний шельф) и отрицательных (внешний шельф) значений поля и является региональным экраном для УВ и сопочной брекчии структур прорыва флюидов [19]. Последние, по аналогии с Центрально-Сахалинским взбросо-надвигом Западного Сахалина [3], надежно фиксируют тип и направление падения (к западу) этого скрытого регионального (Берегового) разлома. По своему строению на профилях МОГТ они близки грязевулканам [10, 38 и др.], которые формируются в лежачих крыльях крупных надвигов и взбросов за счет избыточного водонасыщения глинистых толщ.

На рис. 7 отметим отсутствие заметного стратиграфического перерыва между неогеном и олигоценом и значительный (~2 км) постседиментационный перекос подошвенной пачки неогена к краю шельфа. В отсутствие надвигов западного падения и развития малоамплитудных (50-100 м) постседиментационных сбросов и флексур в неогеновом чехле [12, 22], не показанных из-за масштаба, упомянутый перекос вероятно вызван опусканием автохтона и аллохтона под литостатической нагрузкой последнего, который хорошо известен в глубоководных желобах Пацифики по данным сейсмики и бурения [24].

Подытоживая, выделим проблему регифаций дельты, авандельты и фана (конус выноса) палеоАмура и связанных с ними коллекторов в газонасыщенном палеогеновом разрезе западного борта севера Татарского трога. Понятно, что в зоне регионального выклинивания осадочного неогена именно они формируют подводную окраину Сихотэ-Алиня аналогично Северному Сахалину [14] или дельте, авандельте и фану Хуанхэ в Цусимском проливе и котловине Уллындо на юге Японского моря, где они открыты в неогеновом осадочном разрезе по результатам геологической интерпретации материалов МОГТ и параметрического бурения [20].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представленные материалы МОГТ ДМНГ по западному борту Татарского трога (северная мелководная часть одноименного пролива) надежно фиксируют признаки региональной газоносности кайнозойского осадочного чехла (скоростные аномалии типа «залежь», газовые окна и столбы, структуры прорыва флюидов). Зона их распространения протяженностью 220 и шириной более 50 км параллельна побережью Сихотэ-Алиня (рис. 1) и приурочена к полосе отрицательных остаточных гравианомалий в полосе внешнего шельфа и прилегающей части континентального склона (глубины 100-200 м). В связи с эти здесь можно предполагать погребенный палеогеновый краевой или передовой прогиб (палеожелоб?) складчатого Сихотэ-Алиня, выполненный в основном отложениями палеоцена и эоцена мощностью более 3-4 км [19, 28]. В позднем палеогене он был инверсирован при надвиге меловых пород акустического фундамента к востоку (рис. 7).

По своим размерам эта перспективная на углеводородное сырье зона близка Северо-Сахалинскому кайнозойскому нефтегазоносному бассейну. Формирование осадочных карманов в палеогеновом чехле западного борта Северо-Татарского трога можно связывать с одной стороны с эффузивами, с другой – с избыточной газонасыщенностью смежных участков (газовые окна), как например, на рис. 6а. При этом внутри газовых окон из-за неравномерной газонасыщенности разреза нередко видны фрагменты слоистой структуры осадочного палеогена. Следовательно, такие карманы являются ложными.

Временные разрезы МОГТ в исследуемом регионе надежно фиксируют субвертикальную миграцию газа и возможно жидких углеводородов с глубины к поверхности (рис. 3-6а). Латеральная миграция УВ по восстанию осадочных слоев неогенового возраста из района сахалинского шельфа в сторону западного борта Татарского трога согласно [5] маловероятна, поскольку в депоцентре (Западно-Сахалинского) осадочного бассейна преобладают тонкозернистые породы с низкой проницаемостью (преимущественно флюидоупоры [7, 35]). Уместно обратить внимание на признаки недавней миграции УВ (квартер-голоцен?) в кайнозойском чехле, включая отсутствие газовых факелов в водной толще или местами придонных осадках, поскольку они возможно коррелируют с окончанием площадных излияний платобазальтов совгаванской свиты в раннем, возможно среднем, плейстоцене на прилегающем побережье Северного Сихотэ-Алиня [31], т.е. в зоне его фронтального (Берегового) глубинного разлома.

Итак, основными объектами нефтегазопоисковых работ, включая параметрическое и поисковое бурение, на западном борту Северо-Татарского трога остается погребенный Сюркумский выступ и прилегающие районы палеогенового краевого (передового) прогиба Сихотэ-Алиня (рис. 1, 2). Ключом, по аналогии с известной Чайвинской АТЗ на шельфе СВ Сахалина, заверенной первой поисковой скважиной [21], может стать бурение АТЗ на кресте профилей МОГТ 336 и 313 (рис. 1). С учетом нефтегазопроявлений на материковом побережье [7] по материалам глубинной сейсмики на преломленных волнах важно изучить геометрию фронтального надвига Сихотэ-Алиня как регионального флюидоупора, пополнить имеющийся фонд ловушек УВ, исследовать особенности миграции и инверсии краевых прогибов к востоку в кайнозое и, вероятно, связанных с коровыми срывами, открытыми недавно в СЗ Пацифике[17, 24], а по материалам GPS-наблюдений – и на востоке Евразии в результате мегаземлетрясения Тохоку 11.03.2011 г. на тихоокеанской окраине островной дуги Хонсю [41]. Последний пример позволяет связывать шарьирование Курильской и Японской островных дуги на ложе СЗ Пацифики на 80-90 км в среднем плейстоцене-голоцене (пасаденская глобальная фаза складчатости и орогенеза по Г. Штилле [24]), аллохтонное залегание земной коры под Охотским и Японским морями [34, 35] и развитие Сихотэ-Алиня, местами имеющего альпийский рельеф, с гравитационным срывом земной коры Евразии к востоку.

В результате на внутреннем материковом шельфе в зоне фронтального (Берегового) глубинного разлома или вероятно несколько мористее него сформировались крупные скрытые надвиги и/или взбросы западного падения (рис. 4г), с которыми собственно и связано образование молодых структур прорыва флюидов (грязевулканы), растущих и в настоящее время. Однако в отличие от молодого (~0.5 млн лет [13] и сейсмоактивного Камышового моноклинория Западного Сахалина активная фаза корового срыва и надвигообразования на подводной окраине Сихотэ-Алиня видимо сменилась фазой накопления напряжений, крипа и редкой сейсмичности аллохтонной коры, частью как реакция на мегасобытия типа Тохоку 11.03.2011 г. [13, 15, 23, 35].

ISSN 2306-3114

ВЫВОДЫ

Итак, повторная интерпретация профилей МОГТ ДМНГ по западному борту Северо-Татарского трога (Японское море) позволила установить различные признаки (АТЗ, структуры прорыва флюидов, газовые окна и столбы) региональной и локальной газо- и возможно нефтеносности осадочных отложений неогена (зона регионального выклинивания) и палеогена (краевой прогиб складчатого Сихотэ-Алиня), а также относительно недавнюю (квартер-голоцен?) субвертикальную миграцию углеводородов. Выделена область, перспективная на углеводородное сырье, протяженностью 220 и шириной свыше 50 км, которая по своим размерам близка Северо-Сахалинскому кайнозойскому нефтегазоносному бассейну. С запада она ограничена фронтальным, вероятно преднеогеновым, надвигом Сихотэ-Алиня (Береговой глубинный разлом), осложненным скрытыми молодыми (среднечетвертичными?) надвигами и/или взбросами. Крупнейшей перспективной структурой здесь является Сюркумская погребенная прибрежная газовая банка площадью 1600 км^2. Таким образом, на западном, материковом борту Северо-Татарского трога открывается новый этап нефтегазопоисковых работ, включая бурение и глубинную сейсмику на преломленных волнах.

Благодарности. Автор благодарен руководству ОАО ДМНГ за предоставленную возможность повторного просмотра и геологической интерпретации материалов МОГТ разных лет по материковому борту Северо-Татарского трога; Савицкому В.О., Ногину В.В., Чуйко А.И. (все ДМНГ), Агееву В.Н., Кононову В.Э. (ДМНГ-ИМГиГ), Патрикееву В.Н., Киму Ч.У. (ИМГиГ), с кем в разные годы обсуждал вопросы нефтегазовой и морской геологии, тектоники и сейсмотектоники этого региона, затронутые выше, а также Торгашову К.Ю. (ВЦ ДМНГ) и Гуринову М.Г. (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, 1978. 223 с.

2. Варнавский В.Г. О перспективах нефтегазоносности приматерикового шельфа Татарского пролива // Тихоокеанская геология. 1994, № 3, с. 33-44.

3. Веселов О.В., Волгин П.Ф., Лютая Л.М., Паровышний В.А. Особенности строения верхнемелового комплекса Пугачевского грязевого вулкана по геофизическим данным // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004, с.145-156.

4. Волгин П.Ф., Корнев О.С., Васюк И.Б. К перспективам нефтегазоносности прогиба Анива о. Сахалин // Строение земной коры и перспективы нефтегазоносности в регионах Северо-Западной окраины Тихого океана. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2000, т. 1, с. 57-66.

5. Волгин П.Ф., Корнев О.С., Васюк И.Б. Структурно-геологическая обстановка и перспективы нефтегазоносности северной части Татарского пролива // Там же, с. 67-75.

6. Галаган Е.А., Епинатьева А.М., Патрикеев В.Н., Стариченко Н.Д. Решение литологических задач сейсмическими методами разведки. М.: Недра, 1979. 224 с.

7. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 220 с.

8. Гнибиденко Г.С. Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 163 с.

9. 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.

10. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Загадки грязевых вулканов // Наука в России. 2004, № 5, с. 34-42.

11. Калягин А.Н. О соотношении аллохтонных и автохтонных структур Сихотэ-Алиня // Геология дна Тихого океана и зоны перехода к Азиатскому континенту. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989, с. 60-69.

12. Комплексные рекогносцировочные геофизические исследования в Охотском море (объект 11/86). Южно-Сахалинск: трест ДМНГ, 1988. 284 с.

13. Кучай В.К. Современная орогенная структура южной части острова Сахалин // Тихоокеанская геология. 1987, № 1, с. 50-57.

14. Литолого-петрофизические критерии нефтегазоносности. М.: Наука, 1990. 270 с.

15. Ломтев В.Л. Деформации Невельского (02.08.2007 г., M~6,1) шельфового землетрясения (ЮЗ Сахалин) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010, № 2, с.35-46.

16. Ломтев В.Л. К диагностике пластовых срывов // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Мат-лы XLI Тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2008, т. 1, с. 508-512.

17. Ломтев В.Л. К тектонике и истории Северо-Татарского трога // Там же, т.1, с. 512-516.

18. Ломтев В.Л. К строению Западно-Сахалинского разлома // Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: докл. науч. симп. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН им. Ю.А. Косыгина, 2010, с. 213-214.

19. Ломтев В.Л. К строению и газоносности западного борта Северо-Татарского трога (Японское море) // Современное состояние наук о Земле. Мат-лы межд. конф. памяти В.Е. Хаина. М.: Изд-во Геологического факта МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011, с. 1162-1165.

20. Ломтев В.Л. К строению и истории котловины и трога Уллындо (южная часть Японского моря) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012, № 1, с. 103-116.

21. 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.

22. Ломтев В.Л., Кругляк В.Ф., Савицкий В.О. Геологическое строение, история геологического развития в неогене и направление нефтепоисковых работ в северной части Татарского пролива // Геология и стратиграфия кайнозойских отложений Северо-Западной Пацифики. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991, с. 63-69.

23. Ломтев В.Л., Никифоров С.П., Ким Ч.У. Тектонические аспекты коровой сейсмичности Сахалина // Вестник ДВО РАН. 2007, № 4, с. 64-71.

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

25. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н., Сеначин В.Н. К строению Татарского трога (Японское море): новые подходы // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 3, с. 65-75.

26. Ломтев В.Л., Савицкий В.О., Васильева Л.К., Кругляк В.Ф. Геолого-геофизическое обоснование на бурение Сюркумской параметрической скважины №1. Южно-Сахалинск: трест ДМНГ, 1987, 6 с.

27. Ломтев В.Л., Торгашов К.Ю., Патрикеев В.Н. Структуры прорыва флюидов и газовые окна на западном борту Татарского трога (Японское море) // Тектоника и глубинное строение востока Азии: VI Косыгинские чтения: доклады всеросс. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2009, с. 327-329.

28. Ломтев В.Л., Торгашов К.Ю., Патрикеев В.Н. Аномалии типа «залежь» на западном борту Татарского трога (Японское море) // Там же, с. 329-331.

29. 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.

30. Основные черты геологического строения дна Японского моря. М.: Наука, 1978. 264 с.

31. Плахотник В.Г. Строение и возраст совгаваньской свиты Сихотэ-Алиня к северу от широты бухты Кхуцин // Известия АН СССР, серия геол. 1959, № 2, с. 78-84.

32. Прогнозирование нефтегазоносности на акваториях. М.: Недра, 1988. 168 с.

33. Сергеев К.Ф. О тектонической природе поднятия Западно-Сахалинских гор // Тихоокеанская геология. 1982, № 1, с.75-83.

34. Тихонов И.Н., Ломтев В.Л. Мелкофокусная сейсмичность Охотского моря и ее вероятная тектоническая природа // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014, т. 41, № 1, с. 19-38.

35. Тихонов И.Н., Ломтев В.Л. Мелкофокусная сейсмичность Японского моря и ее тектонические особенности // Тихоокеанская геология. 2013, т. 32, № 5, с. 66-77.

36. Тронов Ю.А., Харахинов В.В., Кононов В.Э., Пудиков Э.Г. Северо-Татарский нефтегазоносный бассейн // Там же, 1987, № 6, с. 45-49.

37. Фрёнд Р. Рифтовые долины // Система рифтов Земли. М.: Мир, 1970, с. 209-219.

38. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис. Сообщение 1. Грязевулканические провинции и морфология грязевых вулканов // Литология и полезные ископаемые. 2002, № 3, с. 227-241.

39. Чои Д.Р. Японская котловина как тектонический трог // Тихоокеанская геология. 1986, № 6, с. 24-33.

40. Lomtev V.L., Litvinova A.V. New data on the structure of the offshore margin of the Northern Sakhalin // Geodynamics & Tectonophysics. 2011, v. 2, N 1, p. 83-94.

41. Shestakov N.V., Takahashi H., Ohzono M. et al. Analysis of the far-field crustal displacements caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations // Tectonophysics. 2012, 524-525, p. 76-86. doi: 10.1016/j.tecto.2011.12.019.

ISSN 2306-3114

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. после армии 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.).