

УДК 550.834(265.5)

ПРИЗНАКИ ГАЗОНОСНОСТИ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКОГО ЧЕХЛА ЛОЖА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПАЦИФИКИ

В. Л. Ломтев

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
E-mail: lomtev@imgg.ru*

По результатам нефтегазогеологической интерпретации материалов профиля МОГТ 1 и профилей НСП на ложе Северо-Западной Пацифики мористее Курильского глубоководного желоба описаны признаки газо- и, возможно, нефтеносности мезокайнозойского осадочно-траппового чехла (аномалии типа «залежь», газовые окна, столбы и «нити» как зоны перерыва или заметного ослабления интенсивности отражающих границ). Обсуждаются вероятные источники углеводородов (первично-осадочные отложения раннего Тетиса в слое 4) и особенности их термогенерации (тепло трения гравитационного срыва слоев 1–4 или океанической коры).

Ключевые слова: Северо-Западная плита, пластовый срыв слоев 1–4, мезокайнозойский чехол, аномалия типа «залежь», газопроявления (газовые окна, столбы, «нити»).

По результатам проведенного автором сейсмостратиграфического анализа данных МОГТ, высокочастотного (120–150 Гц) НСП МОВ и бурения по Северо-Западной плите Пацифики (Ломтев и др., 1997, 2004а,б; Патрикеев, Ломтев, 1997; Патрикеев и др., 1997) замечены признаки газоносности слоев 1, 2, или мезокайнозойского осадочно-траппового чехла (Ломтев, 2008, 2010; Ломтев и др., 2008). Здесь обнаружены две мелкие, шириной до 1–1,5 км аномалии типа «залежь» (АТЗ) и одна крупная Гагаринская, а также многочисленные газопроявления в виде окон, столбов, «нитей» на профилях НСП в котловине Тускарора и абиссальных проходах в котловину Картографов к северу и югу от поднятия Шатского (рис. 1–6). Эти и некоторые другие сейсмические аномалии (АТЗ минигайота, «яркие» пятна, газодляные и газонептяные контакты, смена полярности сигнала) хорошо известны в нефтегазовой сейсморазведке на отраженных волнах (Медовский, Мустафаев, 1959; Прогнозирование..., 1988; Ломтев и др., 2004а, 2008). Следовательно, необходимо провести нефтегазогеологическую интерпретацию профиля МОГТ 1 и данных НСП по этому региону, оценить возможные источники углеводородов (УВ). В сложившихся представлениях по геологии ложа Северо-Западной Пацифики не предполагаются благоприятные условия для термогенерации УВ (Строение..., 1984; Хосино, 1986). В основном это определяется малой (первые километры) мощностью мезокайнозойского чехла, которая, по Н. Б. Вассоевичу, должна превышать 5–7 км, а также низким (~1 е. т. п.)

измеренным кондуктивным теплотокотом через дно (Строение..., 1984).

Нефтегазогеологическую интерпретацию данных НСП и МОГТ важно ввести в методический инструментарий интерпретаторов, например, при выборе точек бурения (вспомним аварийные выбросы УВ в Японском море («Гломар Челленджер») или недавно – в Мексиканском заливе).

Аномалии типа «залежь». Отправной точкой для выделения АТЗ на профилях МОГТ 1 и НСП в океане стали данные МОГТ ОАО «Дальморнефтегеофизика» по Чайвинской антиклинальной структуре (многопластовое газовое месторождение с одним нефтяным пластом) на шельфе Северо-Восточного Сахалина (Прогнозирование..., 1988; Ломтев и др., 2004а). Здесь выделены и заверены бурением два типа АТЗ. Первый – симметричный провал (мульда) шириной 2 км отражающих границ в своде, где максимальное количество и мощность продуктивных пластов. Второй тип (минигайот) обнаружен на периклинали структуры в зоне утонения и выклинивания продуктивных пластов. На временных разрезах МОГТ аномалия типа «залежь» охватывает не только продуктивный интервал, но и низы покрывки (~200–300 м). Еще особенность АТЗ в том, что инверсия скорости (в среднем 14–16%) распространения продольных волн в основном обусловлена газовыми пластами, поскольку в нефтяном она ниже (5–6%). Заметим, что первая поисковая скважина на шельфе Северо-Восточного Сахалина была заложена в своде Чайвинской структуры. Она подтвердила наличие залежи УВ и дала старт крупномасштабной нефтегазовой разведке и

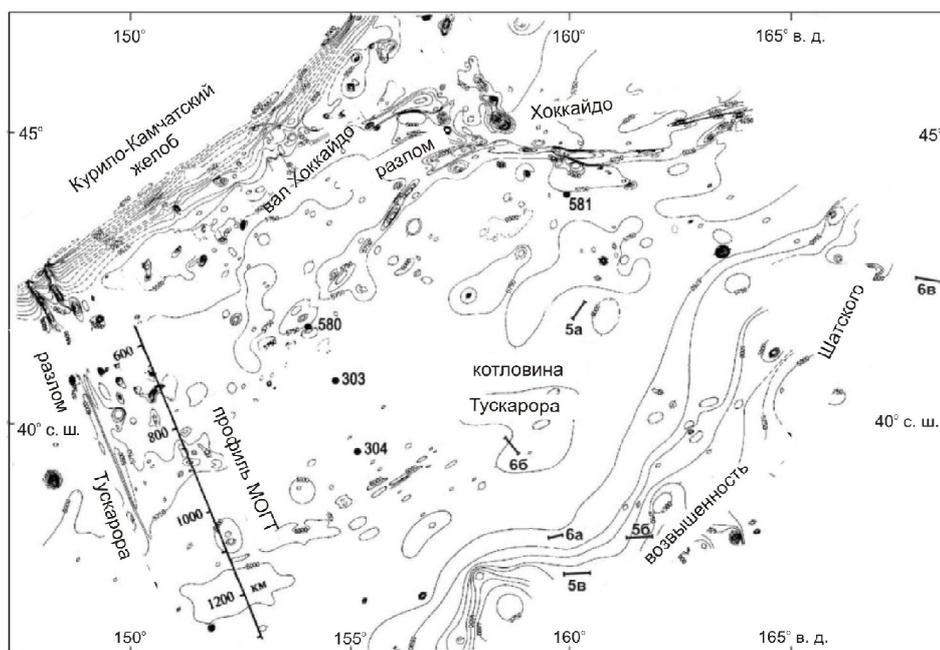


Рис. 1. Карта рельефа опакового горизонта с положением профиля МОГТ 1, фрагментов профилей НСП на рис. 5, 6 и скважин бурения «Гломара Челленджера» (Ломтев и др., 1997). Сечение изогипс через 250 м

Fig. 1. The map of the opaque horizon relief with position of the CDP 1 profile, fragments of SCP profiles on Fig. 5, 6 and wells of «Glomar Challenger» (Lomtev et al., 1997). Isobates across 250 m

последующему промышленному освоению углеводородных ресурсов этого шельфа (проекты Сахалин-1, Сахалин-2 и др.).

В исследуемом регионе две мелкие АГЗ первого типа обнаружены на временном разрезе МОГТ 1 в слое 2 между пикетами 809–902 км (рис. 3). Они расположены во фронте одной из пластин Северо-Западной плиты Тихоокеанского бассейна, выделяемой в объеме слоев 1–4 (Ломтев, 2010). В неоген-четвертичное время по пологой кровле слоя 5 (автохтон) плита сползает в обе стороны от продольных рифтограбенов (раздвижки) на краевом вале и поднятиях зоны разлома Хоккайдо (Зенкевича) в северо-западном и юго-восточном направлениях (гравитационный дивергентный срыв). Восточный аллохтон включает в себя блоковую мегамоноклиналь Шатского во фронте, котловину Тускарора и восточную часть краевого вала в тылу. Срыв надежно фиксируют чешуйчатые надвижки северо-западного (20–25°) падения на профиле МОГТ 1, выполаживающиеся с приближением к деколlementу, и связанные с ними надвиговые моноклинали (рис. 2, 3).

Региональным коллектором УВ здесь, с учетом данных глубоководного бурения «Гломара Челленджера» и сейсмостратиграфического анализа данных МОВ, являются шельфовые известняки позднего Тетиса (толща А) и траппы поздней юры – раннего мела (Т), а покрывкой – пестрые кремни и глины прибрежной позднемеловой толщи В (опаковый горизонт). Карст в известняках и

выветривание кровельных траппов происходили в эпоху продолжительной (~80 млн лет) пенеппенизации региона (поздний мел – палеоген), когда здесь существовала обширная палеосуша Тихоокеанского бассейна с коррелятивными пестрыми лессами (горизонт С на рис. 5, 6). Кора здесь, судя по данным о сносе гальки ортокварцитов в японскую часть Тетиса (Choi, 1987), континентальная. Отчасти это подтверждает и крест профилей ГСЗ (Nagumo et al., 1990), если интенсивное закритическое отражение на глубине 32–33 км ниже уровня океана принять за границу М (ниже скорость распространения продольных волн стабильно выше 8 км/с). Ранг этой границы подчеркивает и тот факт, что волны вдоль нее регистрируются на расстоянии 200–500 км от источника, тогда как для границы на глубине 13 км (подошва слоя 4) оно не выше 30–60, редко 100 км (Патрикеев, Ломтев, 1997).

Гагаринская АГЗ-гигант обнаружена у основания южного субширотного фаса поднятия Шатского на профиле НСП 114 (рис. 4; Ломтев и др., 2004а). Она представляет собой ложный симметричный провал отражающих границ контрастного опакового горизонта близ пикета 18.30 час. с координатами 30°09.34' с. ш. и 158°56.60' в. д. Ширина аномалии достигает 13,8 км, и, по расчетам В. Н. Агеева, в ее контуре на 29% снижается скорость распространения продольных волн. Последнее является надежным признаком крупной залежи газа в малоамплитудной (~20 м) структурной ловушке.

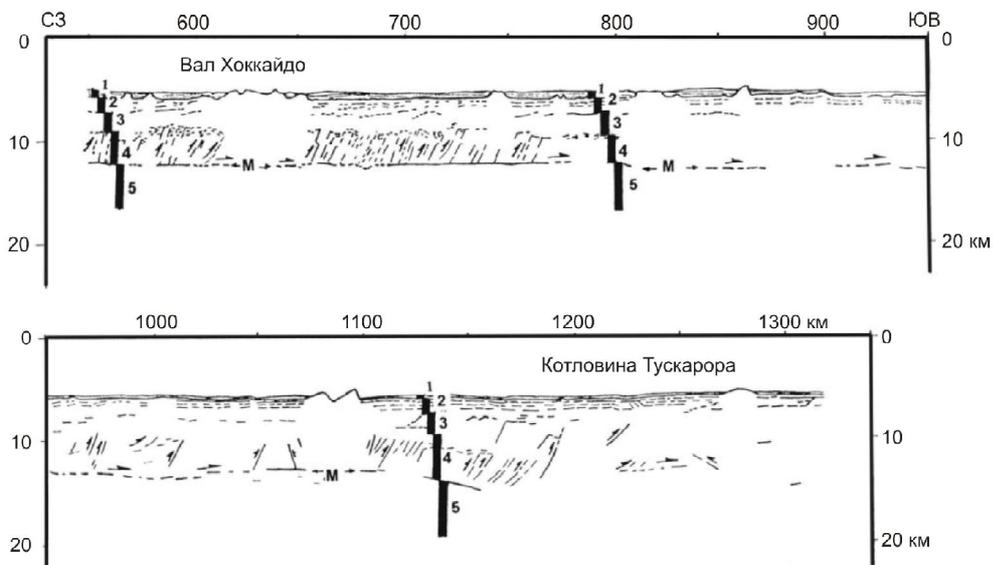


Рис. 2. Глубинный разрез МОГТ 1 близ разлома Тускарора в нашей интерпретации (Ломтев, 2010). Его временной разрез дан в атласе В. Н. Патрикеева (2009). Координаты начала и конца профиля, соответственно, 41°45.9' с. ш., 150°12.4' в. д. и 35°59.3' с. ш., 153°01.8' в. д. М – подошва аллохтонной океанической коры (слои 1–4) и деколлемент Северо-Западной плиты Пацифики; 1–5 – геофизические слои. Наклонные линии со стрелками – чешуйчатые надвиги и смещения по ним

Fig. 2. CDP 1 profile deep section near the Tuskarora fault in the author’s interpretation (Lomtev, 2010). Its time section see in: V. N. Patrikeev’s atlas (2009). Coordinates of the profile beginning are 41°45.9' N, 150°12.4' E, and 35°59.3' N, 153°01.8' E. M – base of the allochthonous oceanic crust and the decollement of the NW Pacific plate; 1–5 – geophysical layers. Inclined lines with arrows show scale thrusts and displacements along them

ке, сложенной прозрачными шельфовыми карбонатами с надбазальтовой мощностью 400 м. Коллектором газа также могут быть трещиноватые финальные траппы мощностью около 100 м. Литология карбонатного коллектора определяется на том же профиле, в 120 км южнее, где он пересекает коническую гору высотой 1 км. Подъем на ее крутые (~10°) склоны видимого разреза фиксирует диапировую природу и позднекайнозойский возраст горы. С учетом низкого теплопотока на ложе Северо-Западной Пацифики (Стренине..., 1984) данную гору можно связывать с протрузией гранитов из слоя 4 (Ломтев, 2010). Отсутствие цоколя, формируемого сбросами и оползнями, указывает на значительное сцепление в породах (известняки, возможно, закарстованные). Покрышкой Гагаринской залежи являются кремни и глины опакового горизонта мощностью 300 м и 50-метровый слой кайнозойских алевропелитов. Если поперечник залежи соотносится с шириной ее АТЗ анало-

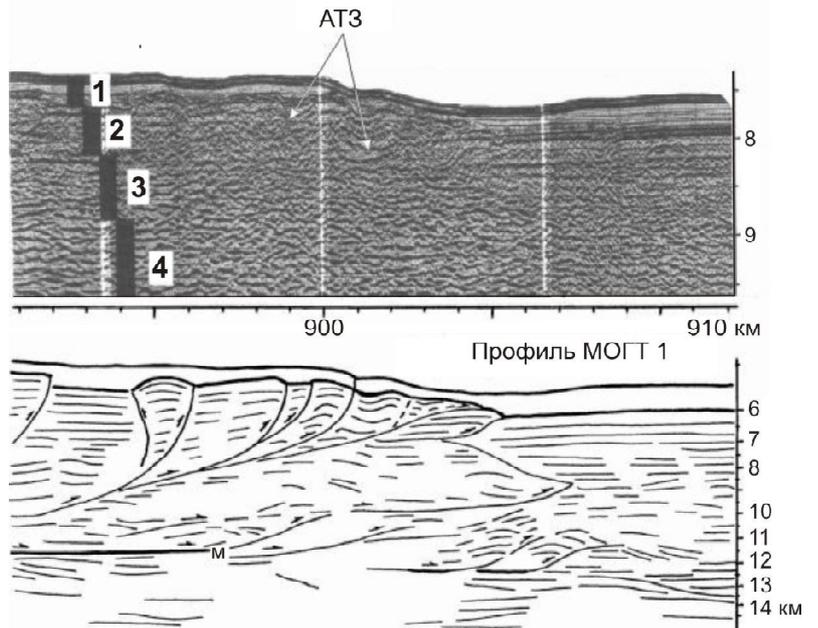


Рис. 3. Фрагмент временного (вверху) и глубинного профилей МОГТ 1 (внизу) в интерпретации автора с двумя АТЗ в слое 2 между пикетами 899–902 км. Вертикальный масштаб временного разреза – в секундах двойного пробега, глубинного разреза – в км. Обозначения см. рис. 2

Fig. 3. Fragment of the time (up) and the deep (bottom) section of the CDP 1 profile in the author’s interpretation with two FTAs in Layer 2 between pickets of 899–902 km. Vertical scale of time section in two-way time seconds; deep section, in km. For the rest of designations see Fig. 2

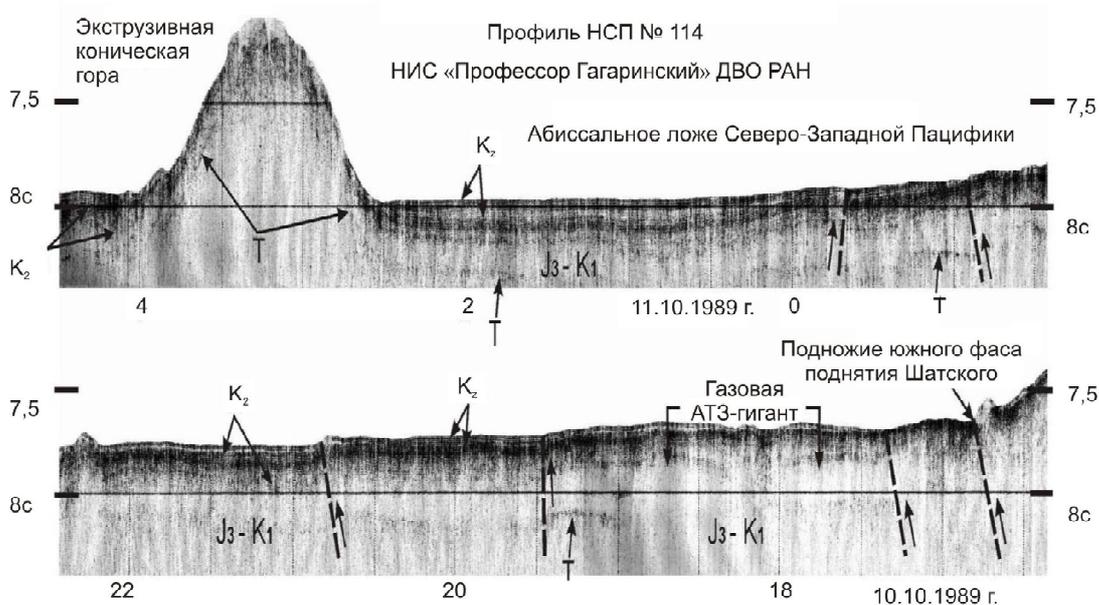


Рис. 4. Фрагмент профиля НСП № 114 с Гагаринской АТЗ-гигантом, газовыми окнами в кровельных траппах, разломами и смещениями по ним (пунктир со стрелкой; Ломтев и др., 2004б). Т – финальные траппы позднего мезозоя здесь и на рис. 5, б. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега здесь и на рис. 5, 6; вертикальные линии – получасовые марки времени здесь и на рис. 5, 6. Координаты АТЗ в тексте

Fig. 4. Fragment of the SCP 114 profile with the Gagarinsky FTA-giant, gas windows in top traps, faults and displacements along them (dotted line with arrow; Lomtev et al., 2004b). Т – final traps of the Late Mesozoic here and on Fig. 5, б. Vertical scale of the time section in two-way time seconds here and on Fig. 5, 6; vertical lines – half-hours time marks. For FTA co-ordinates see the text

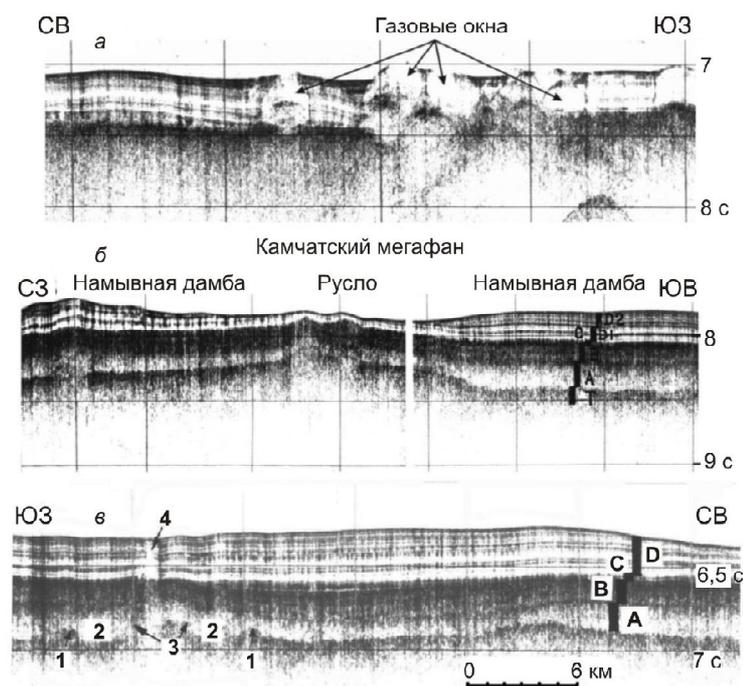


Рис. 5. Фрагменты профилей НСП с газопроявлениями в котловине Тускарора (а–в). А – карбонатная толща поздней юры – раннего мела, В – позднемеловой опактовый горизонт пестрых кремней и глин, С – пестрые лессы Пачифиды, D – контуриты и турбидиты Камчатского контурного мегафана здесь и на рис. 6 (б); 1–3 – барьерный риф, внутренняя лагуна и центральный риф миниатолла в карбонатном шельфовом бассейне позднего Тетиса соответственно, 4 – газовый столб (в). Положение профилей см. рис. 1

Fig 5. Fragments of SCP profiles with gas seeps in the Tuskarora basin (а–в). А – carbonate strata of Late Jurassic-Early Cretaceous, В – Late Cretaceous opaque horizon of motley cherts and clays, С – motley loesses of the Pacifica, D – contourites and turbidites of the Kamchatka contour megafan here and on Fig. 6 (б); 1–3 – barrier reef, inner lagoon, and central reef of the mini-atoll in the carbonate shelf basin of the Late Tethys, accordingly, 4 – gas column (в). For the position of profiles see Fig. 1

гично северо-сахалинским месторождениям УВ как 3:1 (по данным В. Э. Кононова), то он будет примерно 42 км. Протяженность Гагаринской залежи с учетом разломной тектонической природы южного спрямленного фаса поднятия Шатского может достигнуть 400 км («жильная» залежь). Заметим, что мощность земной коры здесь

доходит до 30 км, поскольку подошва коры, по данным МПВ, залегает на глубине 36 км (Gettrust et al., 1980).

Газопроявления. В нефтегазовой сейсморазведке МОВ известны с 50-х гг. XX в. («слепые зоны», трубы дегазации, зоны ОО, или отсутствия отражений, зоны газонасыщения, плюмы, газовые

окна, столбы, конусы, факелы, струи, «нити»; Медовский, Мустафаев, 1959; Ломтев, 2008; Ломтев и др., 2004а, 2008). На временных разрезах МОГТ и НСП газопроявления опознаются по перерыву или заметному ослаблению интенсивности отражающих границ в осадочном чехле или магматических комплексах. По данным газового каротажа, в кайнозойском Северо-Сахалинском нефтегазоносном бассейне (по информации В. Э. Кононова) и других нефтегазоносных бассейнах мира газопоявления фиксируются по избыточному (~5–30%) газонасыщению геологического разреза (Ломтев и др., 2004а).

На ложе Северо-Западной Пацифики газопоявления обнаружены в мезокайнозойском чехле в котловине Тускалора, абиссальных проходах в котловину Картографов и отчасти на смежных поднятиях (см. рис. 4–6). Так, в южном проходе широкие газовые окна надежно фиксируются на профиле НСП № 114 на уровне обычно контрастных кровельных траппов поздней юры – раннего мела, здесь почти незаметных. Газовые окна в неоген-раннечетвертичных отложениях севера Камчатского контурного мегафана встречаются реже (рис. 5, а). Здесь распространены в основном газовые столбы и «нити», связанные, вероятно, с миграцией газа по зонам трещиноватости. Наиболее отчетливо они видны в контрастных неоген-раннечетвертичных отложениях абиссальных долин и их намывных дамб, формирующих Камчатский мегафан и смятых в пологие асимметричные конседиментационные складки срыва (рис. 6, б), фаннах каньонов Японо-Курило-Камчатской окраины (краевой вал) и прибрежных осадках позднего палеогена (сейсмокомплекс **Е** на рис. 6, в) в северном проходе (Ломтев и др., 1997, 2004б; см. также профили НСП в атласе В. Н. Патрикеева, 2009). В среднем плейстоцене после заложения Японского и Курило-Камчатского глубоководных желобов и перехвата русловых турбидитов проградация фанов каньонов и контурного мегафана прекратилась (Ломтев и др., 1997, 2004б).

В сравнении с турбидитами и контуритами толщи **Д** газовые «нити», окна и столбы в опакном слое (толща **В**) заметны слабее и почти вовсе незаметны в прозрачных и полупрозрачных карбонатах толщи **А** (см. рис. 4–6). С учетом географии газопоявлений заключаем, что источни-

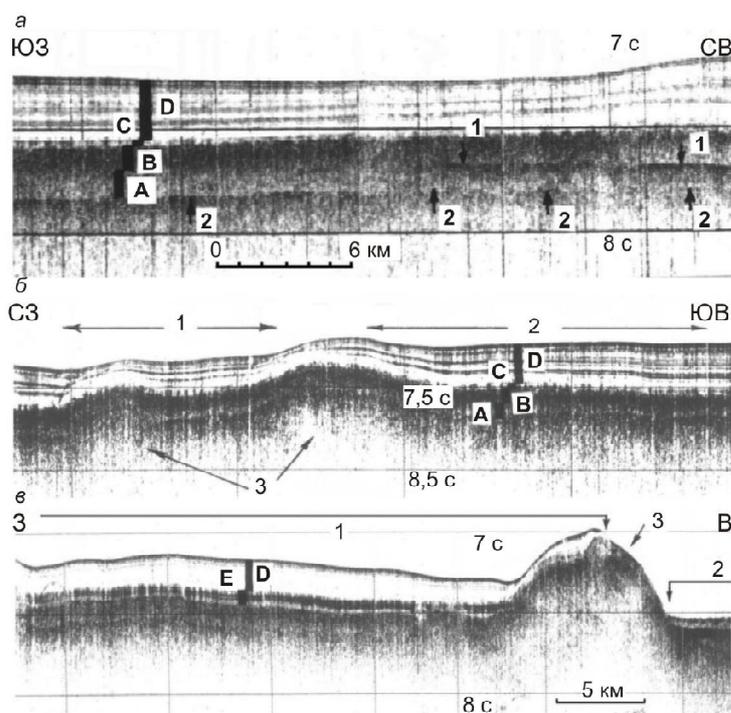


Рис. 6. Фрагменты профилей НСП с газовыми столбами и «нистями» в мезокайнозойском чехле (а–в); 1, 2 – финальные траппы мезозойской трапповой формации в карбонатной матрице толщи **А** (а); конседиментационные деформации срыва и многочисленные газовые столбы и «нити» в чехле; 1, 2 – абиссальное русло и намывная дамба Камчатского мегафана (б); сейсмокомплекс **Е** позднего палеогена в котловине Обручева, по данным скв. № 192: 1 – восточная лопасть мегафана, 2 – абиссальный канал Обручева, 3 – молодой диапировый (протрузия гранитов?) абиссальный холм (в). Положение фрагментов см. рис. 1

Fig. 6. Fragments of SCP profiles with gas columns and «threads» in the Meso-Cenozoic cover (a–v); 1, 2 – final traps of the Mesozoic trap formation in the carbonate matrix of stratum **A** (a); consedimentary glide deformations and numerous gas columns and «threads» in the cover; 1, 2 – abyssal channel and levee of the Kamchatka megafan (b); seimocomplex **E** of Late Paleogene in the Obruchev basin by the well 192 data: 1 – eastern lobe of the megafan, 2 – abyssal Obruchev channel, 3 – young diapiric (granites protrusion?) abyssal hill (v). For the position of profiles see Fig. 1

ком УВ (нефтегазоматеринский комплекс), вероятно, является подтрапповый первично-осадочный разрез раннего Тетиса (рифей-палеозой?) в слое 4 мощностью более 3 км. Он прогреет теплом трения дивергентного гравитационного срыва слоев 1–4, который развивается последние примерно 20 млн лет почти синхронно с затоплением Пацифики водами молодой Пацифики (Ломтев и др., 2004б). Заметим, что термогенерацию УВ сопровождают гранитизация первично-осадочных толщ раннего Тетиса с формированием в слое трения (4) ядер протыкания (бескорневые протрузии гранитов, см. рис. 4, 6, в) и повышенная сейсмичность, вызванная срывом и тектоникой фокальной зоны Тараканова (глубинный надвиг), падаю-

шей под краевой вал (Ломтев, 2010). Местами она превышает таковую на выходе фокальной зоны беньофа (тихоокеанский склон островной дуги).

Альтернативным источником метана называют серпентинизацию перидотитов слоя 4 в присутствии морской воды (Патрикеев, 2009; и др.). Однако на трансгрессивной кривой уровня Пацифики в кайнозойе (Хосино, 1986) нет спадов, кроме квартера, связанных с изъятием больших объемов воды на серпентинизацию. Она также не объясняет инверсию скорости (~0,5 км/с) в слое трения, обусловленную его дислоцированностью при срыве (Патрикеев, Ломтев, 1997; Ломтев, 2010). Нет отчетливых признаков газоносности платформенного разреза кровельной части автохтона (слой 5) на временном разрезе МОГТ 1 (Патрикеев, 2009; Ломтев и др., 2004а) (см. рис. 3).

ВЫВОДЫ

По результатам нефтегазогеологической интерпретации профиля МОГТ 1 и данных высокочастотного НСП МОВ в прикурильской части ложа Северо-Западной Пацифики обнаружены признаки газоносности (три аномалии типа «залежь» и многочисленные газопроявления различной формы) мезокайнозойского осадочно-траппового чехла (первая абиссальная нефтегазоносная провинция). Источником УВ, вероятно, являются подтрапповые осадочные толщи раннего Тетиса в слое 4 (нефтегазоматеринский комплекс и слой трения). Их термогенерация, по всей видимости, вызвана теплом трения гравитационного срыва слоев 1–4 (аллохтонная океаническая кора) по кровле слоя 5 (автохтон). Таким образом, перед исследователями открываются новые горизонты в геологии и геофизике этого и других регионов ложа Пацифики; необходима и корректура сложившихся представлений. Важно, чтобы такой вид интерпретации данных МОГТ и НСП МОВ предвзял выбор точек бурения, и не только в океане.

ЛИТЕРАТУРА

- Ломтев В. Л., Кононов В. Э., Гуринов М. Г. АТЗ-гигант и газовые окна на профиле НСП № 114 (СЗ Пацифики) // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 291–293.
- Ломтев В. Л., Жигулев В. В., Кононов В. Э., Агеев В. Н. Возможности метода непрерывного сейсмического профилирования (НСП) при нефтегазопроисковых исследованиях // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. – Ю.-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004а. – С. 107–119.
- Ломтев В. Л. К строению ложа Северо-Западной Пацифики // Уральский геофизический вестник. – 2010. – № 1(16). – С. 21–32.
- Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н., Сергеев К. Ф. и др. Пацифида, Тетис и Пацифика // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. – Ю.-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004б. – С. 131–144.
- Ломтев В. Л. Признаки газоносности чехла котловины Тускарора (СЗ Пацифика) // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 285–288.
- Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н., Немченко Г. С. Сейсмостратиграфия кайнозойского осадочного чехла Северо-Западной плиты Тихого океана // Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. – Ю.-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – С. 21–41.
- Медовский И. Г., Мустафаев К. А. О природе «слепых» зон при сейсморазведке в прибрежных районах Каспийского моря // Геофизическая разведка на нефть и газ. – М., 1959. – С. 31–37.
- Патрикеев В. Н. Атлас сейсмических разрезов Северо-Западной плиты Тихого океана. – М.: ГЕОС, 2009. – 207 с.
- Патрикеев В. Н., Ломтев В. Л., Немченко Г. С. Сейсмостратиграфия мезозойского осадочного чехла Северо-Западной плиты Тихого океана // Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. – Ю.-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – С. 5–20.
- Патрикеев В. Н., Ломтев В. Л. Сейсмостратиграфия Северо-Западной плиты Тихого океана на профиле МОГТ // Там же. – С. 42–64.
- Прогнозирование нефтегазоносности на акваториях. – М.: Недра, 1988. – 168 с.
- Строение дна северо-запада Тихого океана (геофизика, магматизм, тектоника). – М.: Наука, 1984. – 232 с.
- Хосино М. Морская геология. – М.: Недра, 1986. – 432 с.
- Choi D. R. Continental crust under the NW Pacific Basin // Journ. of Petroleum Geology. – 1987. – Vol. 10, No. 4. – P. 425–440.
- Gettrust J. F., Furukawa K., Kroenke L. W. Crustal structure of the Shatsky rise from refraction measurements // Journ. of Geophys. Res. – 1980. – Vol. B85. – P. 5411–5415.
- Nagumo S., Kubo A. et. al. Report on DELP 1986 Cruises in the Northwestern Pacific. Part 3: Seismic structure revealed by explosion experiments // Bull. Earthquake Inst. Univ. Tokyo. – 1990. – Vol. 65. – Pt. 1. – P. 105–133.

SIGNS OF MESO-CENOZOIC COVER GAS PRESENCE OF THE NORTH-WESTERN PACIFIC ABYSSAL FLOOR

V. L. Lomtev

Signs of the gas & possibly oil presence in the Meso-Cenozoic, sedimentary-trap cover of the NW Pacific abyssal seafloor (seaward of the Kuril deep-sea trench) are described from results of oil-gas geological interpretation of the CDP 1 profile and seismic continuous profiles (SCP): «field» type anomalies, gas windows, columns, and «threads» as zones of break or visible weakening of reflector intensity. Probable sources of hydrocarbons (originally-sedimentary deposits of the Early Tethys in Layer 4) and peculiarities of their thermogeneration discuss (friction heat of gravitational glide of Layers 1–4 or of the oceanic crust).

Key words: NW Pacific plate, bed glide of Layers 1–4, Meso-Cenozoic cover, «field» type anomaly, gas seeps (gas windows, columns, «threads»).