



ИСТОРИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ АНТИКЛИНАЛЬНЫХ СТРУКТУР-ЛОВУШЕК ГЫДАНСКОЙ НГО (НА ПРИМЕРЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Дарья Владимировна Аюнова^{1,✉}, Владимир Алексеевич Конторович²

^{1,2}Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, Россия,

¹KontorovichDV@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3638-8147>

²KontorovichVA@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3484-3769>

Аннотация. На примере Геофизического месторождения рассмотрена история формирования антиклинальных структур-ловушек Гыданской нефтегазоносной области (НГО). Отмечено, что в Гыданской НГО, в отличие от Надым-Тазовского междуречья, основные скопления газа сконцентрированы не в сеномане, а в аптских песчаных пластах группы ТП. Сделан вывод о том, что такое перераспределение запасов по комплексам связано с различной историей формирования структур-ловушек. В отличие от Надым-Тазовского региона, где формирование контрастных поднятий происходило в посттуронское время, поднятия Гыданской НГО формировались на всех этапах мезозойско-кайнозойской истории, и высокий потенциал аптских отложений этого региона связан с увеличением амплитуд структур вниз по разрезу и с наличием в кровле апта яронгского флюидоупора и серии зонально-развитых глинистых пачек-покрышек.

Ключевые слова: сейсмический разрез, отражающий горизонт, сейсмогеологический комплекс, пласт, сеноман, апт, структура, поднятие, месторождение, залежь углеводородов

Финансирование: работа выполнена в рамках государственной программы фундаментальных научных исследований FWZZ-2022-0009.

Для цитирования: Аюнова Д.В., Конторович В.А. История тектонического развития и динамика формирования антиклинальных структур-ловушек Гыданской НГО (на примере Геофизического месторождения) // Геофизические технологии. 2024. № 4. С. 4–18. doi:10.18303/2619-1563-2024-4-4.

THE HISTORY OF TECTONIC DEVELOPMENT AND THE DYNAMICS OF THE FORMATION OF ANTICLINAL TRAP STRUCTURES OF THE GYDAN OIL AND GAS BEARING REGION (USING THE EXAMPLE OF A GEOPHYSICAL FIELD)

Darya V. Ayunova^{1,✉}, Vladimir A. Kontorovich²

^{1,2}Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Koptug Ave., 3, Novosibirsk, 630090, Russia,

¹KontorovichDV@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3638-8147>

²KontorovichVA@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3484-3769>

Abstract. Using the example of a Geophysical field, the work examines the history of the formation of anticlinal trap structures in the Gydan oil and gas area. It is noted that in the Gydan oil and gas region, unlike the Nadym–Taz interfluvium, the main gas accumulations are concentrated not in the Cenomanian, but in the Aptian sand layers of the TP group. It is concluded that such a redistribution of reserves across complexes is associated with a different history of the formation of trap structures.

Unlike the Nadym–Taz region, where the formation of contrasting uplifts occurred in the post-Turonian period, the uplifts of the Gydan oil and gas region were formed at all stages of the Mesozoic–Cenozoic history, and the high potential of the Aptian deposits of this region is associated with an increase in the amplitudes of structures down the section and with the presence of Yarong cap-rock in the roof of the apt and a series of zonally developed clay bundles – tires.

Keywords: seismic section, reflecting horizon, seismogeological complex, formation, Cenomanian, Aptian, structure, uplift, field, hydrocarbon reservoir

Funding: The study was carried out as part of government assignment to the Russian Academy of Sciences in basic research, Project FWZZ-2022-0009.

For citation: Ayunova D.V., Kontorovich V.A. The history of tectonic development and the dynamics of the formation of anticlinal trap structures of the Gydan oil and gas bearing region (using the example of a Geophysical field) // Russian Journal of Geophysical Technologies. 2024. No. 4. P. 4–18. (In Russ.). doi:10.18303/2619-1563-2024-4-4.

ВВЕДЕНИЕ

На севере Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции основные запасы свободного газа сконцентрированы в апт-альб-сеноманском комплексе пород (рис. 1).

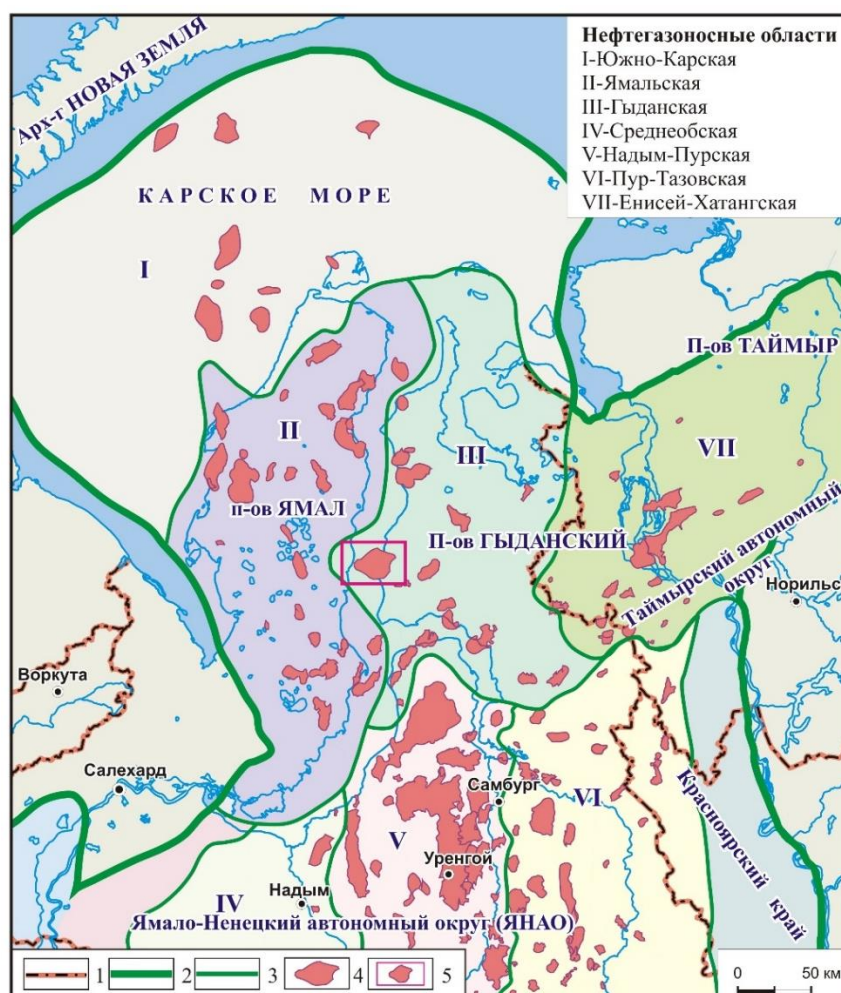


Рис. 1. Обзорная карта. Условные обозначения: 1 – административные границы, 2 – граница Западно-Сибирской НГП, 3 – границы НГО, 4 – месторождения, 5 – Геофизическое месторождение.

В Надым-Тазовском междуречье, где находится большинство разрабатываемых с середины 70-х годов прошлого столетия уникальных месторождений, таких как Уренгойское, Медвежье, Ямбургское и

др., основные запасы газа локализованы в сеноманском песчаном горизонте ПК₁ и контролируются крупными контрастными антиклинальными структурами [Ермилов и др., 2004; Казаненков и др., 2014; Конторович и др., 2014, 2016, 2018].

В расположенной на континентальной окраине Западной Сибири Гыданской НГО ситуация иная. В этом регионе на Гыданском, Салмановском, Геофизическом и др. месторождениях основные скопления углеводородов также контролируются антиклинальными структурами, но локализованы в апт-альбе, в первую очередь, в аптских песчаных пластах ТП₁–ТП₅ танопчинской свиты, а сеноманские залежи в большинстве случаев незначительны по запасам [Ермилов и др., 2004; Скоробогатов, Строганов, 2006; Казаненков и др., 2014; Конторович и др., 2016–2018].

Результаты выполненного в ИНГГ СО РАН структурно-тектонического анализа показали, что такая дифференциация залежей УВ по нефтегазоносным комплексам в значительной мере связана с тектоническим фактором – отличием в истории развития этих регионов и в динамике формирования в них антиклинальных структур-ловушек. Существенное значение также имеет и литологический фактор – наличие флюидоупоров в апт-альбской части разреза.

В Надым-Тазовском междуречье большинство антиклинальных структур-ловушек в рельефе всех стратиграфических уровней, в том числе кровли сеномана, были сформированы благодаря интенсивным постсеноманским, в первую очередь, кайнозойским вертикальным тектоническим движениям, предопределившим формирование крупных контрастных поднятий [Конторович и др., 2016, 2018].

В Гыданской НГО, где апт-альб-сеноманские залежи углеводородов также контролируются антиклинальными структурами, динамика формирования ловушек была существенно иной [Конторович и др., 2018; Торопова, Конторович, 2019].

В настоящей работе на примере Геофизического месторождения рассмотрена история тектонического развития и этапы формирования антиклинальной структуры-ловушки, контролирующей многопластовые газовые залежи апт-альб-сеноманского комплекса.

Геофизическое нефтегазоконденсатное месторождение, на котором открыта самая крупная в Гыданской НГО сеноманская залежь, является классическим для Гыданской НГО. Основные газовые залежи Геофизического месторождения сконцентрированы в аптских песчаных пластах группы ТП танопчинской свиты (58 %), в меньшей степени в сеноманском горизонте ПК₁ (35 %); на долю юры и неокома приходится менее 7 % запасов.

Геофизическое месторождение расположено в Ямало-Ненецком автономном округе, в западной части полуострова Гыданский и в акватории Обской губы (см. рис. 1). В 460 км от месторождения расположен город Салехард. Гыданское месторождение открыто 1 августа 1975 г. поисковой скважиной № 41 Надымской нефтеразведочной экспедицией [Брехунцов, 2007]. На месторождении пробурено 15 поисково-разведочных скважин и проведена сейсморазведка.

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В разрезе мезозойско-кайнозойских отложений северных районов Западной Сибири выделяются шесть регионально развитых осадочных и сейсмогеологических мегакомплексов: триас-юрский, неокомский (берриас-нижнеаптский), средне-верхнеаптский, альб-сеноманский, турон-маастрихтский и кайнозойский (рис. 2). В кровлях осадочных комплексов залегают регионально развитые глинистые пачки – мегарегиональные и региональные флюидоупоры, которые имеют выдержанные мощности. Эти

глинистые пачки формировались в морских условиях в эпохи тектонического покоя и в первом приближении могут рассматриваться в качестве региональных поверхностей выравнивания и использоваться при палеотектонических реконструкциях. Принципиально важным является то, что мегарегиональные и региональные флюидоупоры обладают аномально низкими акустическими характеристиками и на них формируются энергетически выраженные отражающие горизонты – сейсмические реперы (табл. 1).

Таблица 1

Стратификация реперных отражающих горизонтов

Стратиграфический уровень	Сейсмический горизонт	Класс отражающего горизонта
Кровля палеозоя/подшва MZ–KZ осадочного чехла	A	Мегарегиональный
Кровля триаса	Tr	Региональный
Кровля гольчихинской свиты / кровля юры	Б	Мегарегиональный
Нейтинская пачка/кровля некома (берриас-нижнеаптского комплекса)	M	Мегарегиональный
Кровля танопчинской свиты/пласта ТП ₁ /кровля апта	M ₁	Региональный
Кузнецовская свита/кровля сеномана/гор-та ПК ₁	Г	Мегарегиональный
Кровля мела/кровля ганькинской свиты	С	Региональный

На рисунке 2 приведена геохронологическая шкала, на которой показано в соответствии со временем образования положение осадочных мегакомплексов и сейсмических реперов. Рядом приведен сейсмогеологический разрез по профилю, пересекающему Геофизическое месторождение.

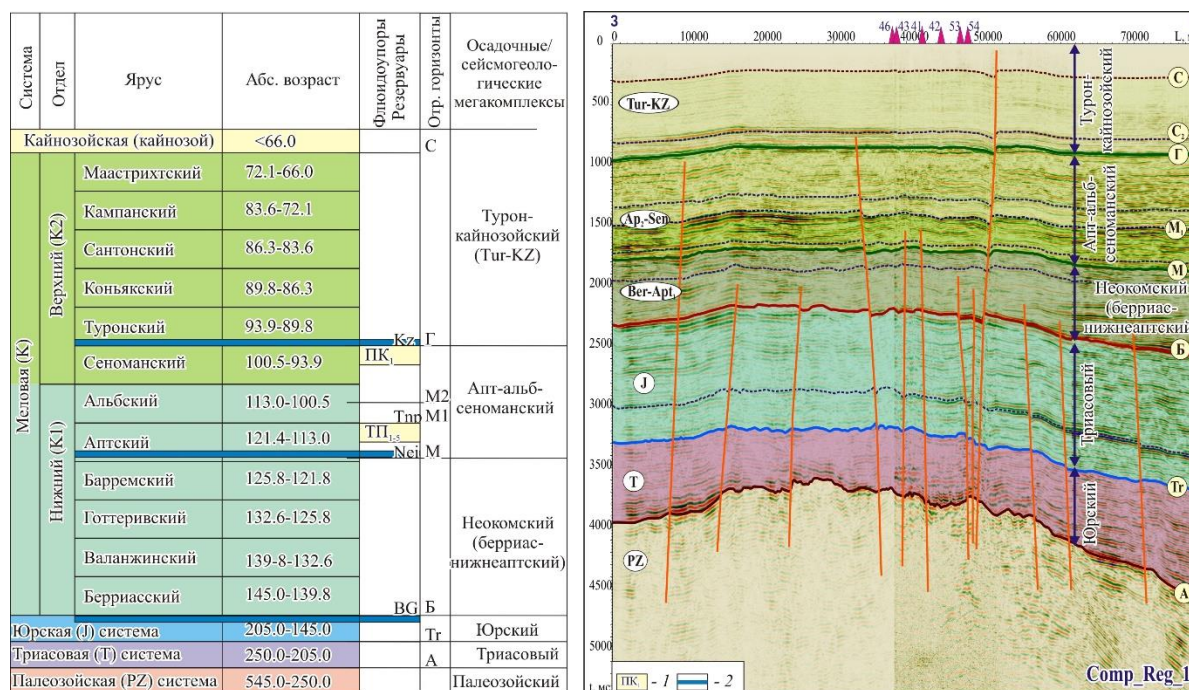


Рис. 2. Сейсмогеологическая характеристика и стратиграфическая приуроченность реперных сейсмических горизонтов (Геофизическое месторождение). Усл. обозн.: 1 – резервуары (пласты-коллекторы), 2 – мегарегиональные флюидоупоры.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ПАРАМЕТРЫ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПОДНЯТИЯ

Горизонт А (подошва осадочного чехла/кровля палеозоя). На Геофизическом месторождении и прилегающей территории абсолютные отметки кровли фундамента изменяются от –8000 до –5730 м. Наиболее погруженные участки расположены в северо-западной и юго-восточной частях рассматриваемого района. Наименьшие глубины залегания горизонта А фиксируются в центральной части Геофизического поднятия. В рельефе кровли фундамента Геофизическая структура вытянута в восточном (широтном) направлении и околтурена изогипсой –6550 м; длинная ось структуры (а) – 49.5 км, короткая (b) – 22 км. В структурном плане отражающего горизонта А площадь поднятия составляет 965 км², амплитуда – 820 м (рис. 3, А).

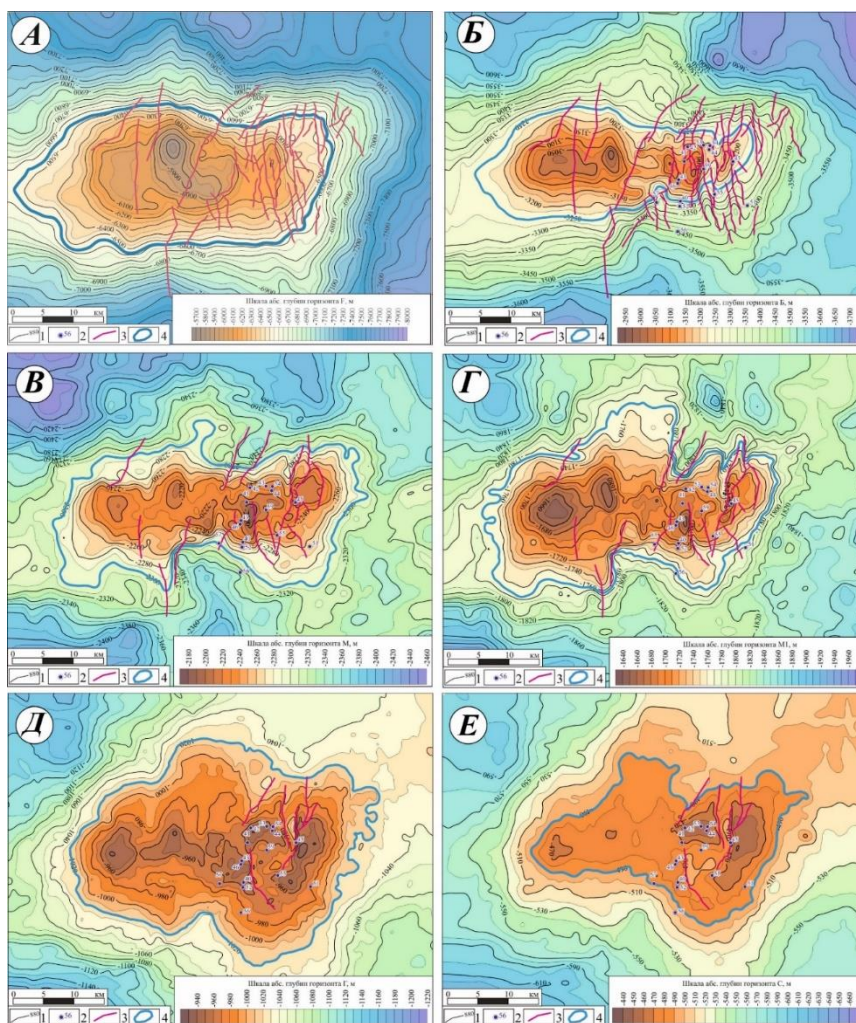


Рис. 3. Структурные карты по отражающим горизонтам А/кровля палеозоя (А), Б/кровля юры (Б), М/кровля неокома (В), М₁/кровля танопчинской свиты (Г), Г/кровля сеномана (Д), С₂/кровля мела (Е). Усл. обозн.: 1 – изолинии, 2 – скважины, 3 – разрывные нарушения, 4 – контур Геофизического поднятия.

Горизонт Б (кровля юры). В рельефе кровли юры абсолютные глубины изменяются в диапазоне от –2985 до –3750 м (см. рис. 3, Б). В структурном плане этой поверхности Геофизическое поднятие также вытянуто в широтном направлении, но имеет более изрезанную форму и осложнено серией куполов. Длинная ось структуры (а) – 46 км, короткая (b) – 16 км. В рельефе отражающего горизонта Б площадь структуры, околтуренной изогипсой –3250 м, составляет 575 км², амплитуда – 265 м.

Горизонт М. В пределах исследуемой территории в рельефе кровли неокомского комплекса абсолютные глубины изменяются в диапазоне –2183 ... –2460 м (см. рис. 3, В). В структурном плане этой поверхности Геофизическое поднятие также вытянуто в восточном направлении и осложнено серией куполов. Длинная ось структуры (а) – 46,5 км, короткая (b) – 17,5 км. В структурном плане отражающего горизонта М площадь Геофизического поднятия составляет 885 км², амплитуда – 130 м. Структура оконтурена изогипсой –2300 м.

Горизонт М₁. Структурный план кровли танопчинской свиты практически повторяет очертания горизонта М (см. рис. 3, Г). В рельефе этой поверхности Геофизическое поднятие также вытянуто в широтном направлении, имеет изрезанные границы и осложнено серией контрастных куполов.

В структурном плане горизонта М₁ на Геофизической площади

- абсолютные глубины изменяются в диапазонах –1640 ... –1980 м,
- соотношение осей поднятия – 46.5×20.5 км,
- оконтуривающая изогипса проведена на абсолютной отметке –1770 м,
- площадь структуры – 955 км²,
- амплитуда структуры – 125 м.

В вышезалегающих верхнемеловых горизонтах Г и С, приуроченных к кровлям сеномана и мела, форма и амплитуда Геофизического поднятия существенно меняются.

Горизонт Г. Абсолютная глубина залегания кровли сеноманского комплекса изменяется от –1220 до –930 м (см. рис. 3, Д). В рельефе этой поверхности Геофизическое поднятие, оконтуренное изогипсой –1020 м, становится более изометричным; длинная ось структуры (а) составляет – 42 км, короткая (b) – 32 км. В структурном плане отражающего горизонта Г существенно возрастает площадь поднятия и уменьшается его амплитуда. Площадь структуры составляет 1215 км², амплитуда – 90 м.

Горизонт С. На исследуемой территории абсолютные отметки кровли ганькинской свиты изменяются от –670 до –450 м (см. рис. 3, Е). В рельефе этой поверхности Геофизическое поднятие также имеет близкую к изометричной форму и несколько вытянуто в восточном направлении. Длинная ось структуры (а) – 37.5 км, короткая (b) – 22.5 км. В рельефе отражающего горизонта С площадь структуры, которая контролируется изогипсой –490 м, составляет 645 км², амплитуда – 40 м.

Параметры Геофизического поднятия в структурных планах реперных сейсмических горизонтов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры геофизического поднятия

Стратиграфический уровень	ОГ	L, м	A, м	S, км ²
Кровля палеозоя/подошва MZ–KZ осадочного чехла	А	–6550	820	965
Кровля баженовской свиты/кровля юры	Б	–3250	265	575
Нейтинская пачка/кровля неокома/(берриас-нижнеаптского) комплекса	М	–2300	130	885
Кровля танопчинской свиты/пласта ТП ₁ /кровля апта	М ₁	–1770	125	955
Кузнецовская свита/кровля сеномана/гор-та ПК ₁	Г	–1020	90	1215
Кровля мела/кровля ганькинской свиты	С	–490	40	645

Усл. обозн.: ОГ – отражающий горизонт, L – оконтуривающая изогипса Геофизического поднятия, A – амплитуда поднятия, S – площадь поднятия.

ДИЗЬЮНКТИВНАЯ ТЕКТОНИКА

На приведенных выше структурных картах показаны разрывные нарушения, секущие различные отражающие горизонты. При выделении разломов на временных сейсмических разрезах использовались классические сеймостратиграфические критерии: смещение осей синфазности отражающих горизонтов, столбообразное уменьшение амплитуд, расфазировка сейсмической записи и т. д. Трассирование горизонтов по площади производилось с учетом современного рельефа различных отражающих горизонтов, карт изопохит сейсмокомплексов и карт градиентов.

На разрезах Геофизической площади выделено три класса разрывных нарушений (рис. 4):

1. Разломы, секущие триас-юрские отложения и проникающие в неом (время формирования – берриас-валанжин);
2. Разломы, секущие триас-юрские и неомские отложения и проникающие в апт-альб (время формирования – поздний апт-альб);
3. Разломы, секущие триас-юрские и меловые отложения и проникающие в кайнозой (время формирования – поздний палеоцен).

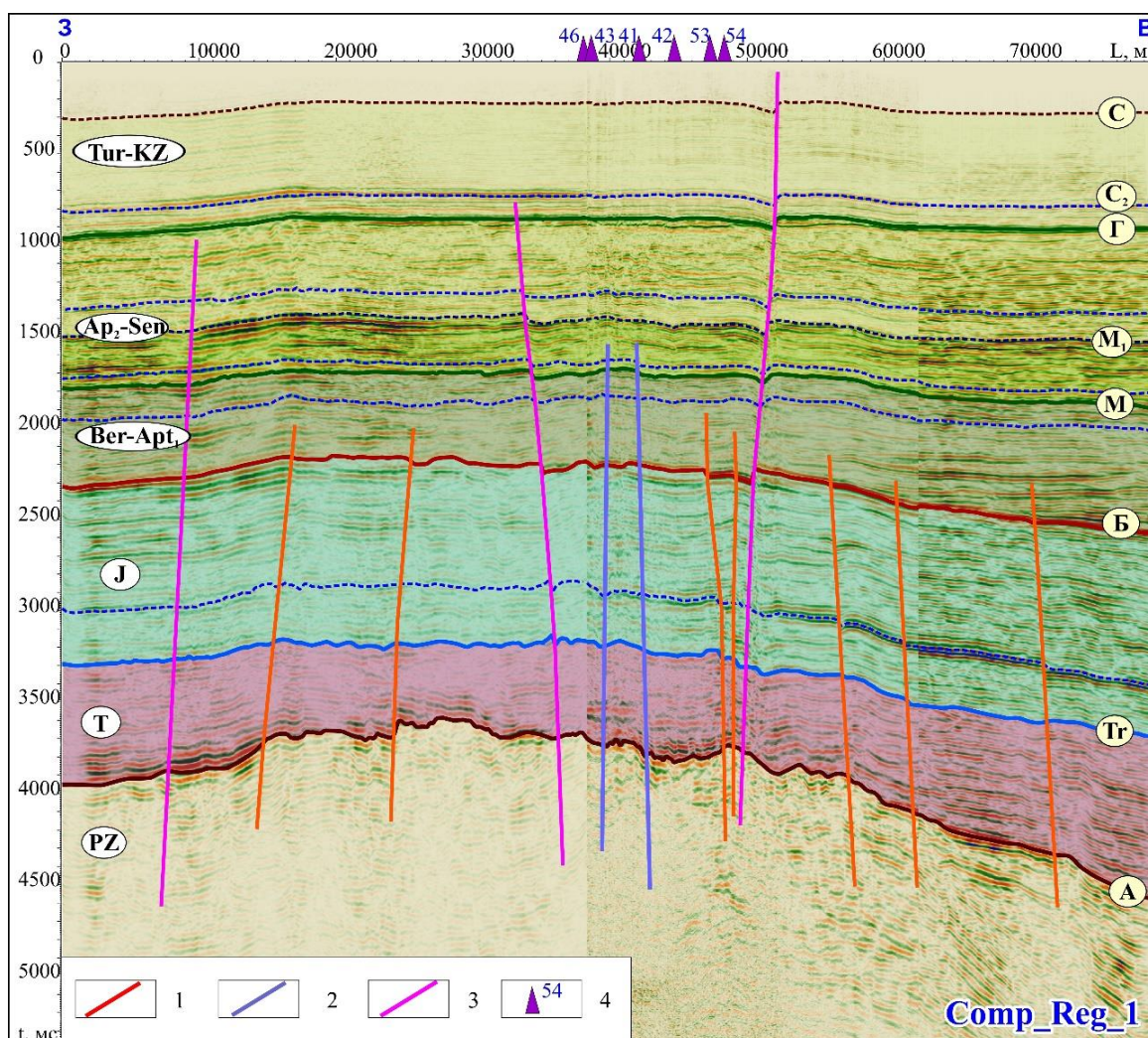


Рис. 4. Временной разрез по композитному профилю Reg_1. Усл. обозн.: 1 – разрывные нарушения 1 типа (берриас-валанжинские), 2 – разрывные нарушения 2 типа (поздний апт-альбские), 3 – разрывные нарушения 3 типа (позднепалеоценовые), 4 – скважины.

На результирующих структурных картах по кровлям палеозоя и юры выделяются многочисленные разрывные нарушения преимущественно меридионального направления. При этом наиболее сильно разломами разбита восточная часть поднятия.

Вверх по разрезу количество разрывных нарушений существенно сокращается. И горизонты М, М₁, М₂, Г и С осложнены небольшим количеством разломов, секущих практически весь мезозойско-кайнозойский осадочный чехол. Большая часть разрывных нарушений выделяется в восточной части Геофизической структуры в районе восточного купола поднятия.

Подводя итог структурной характеристики рассматриваемого района, отметим, что на исследуемой территории от нижних горизонтов к верхним:

- существенно уменьшается контрастность рельефов: в структурных планах подошвы осадочного чехла и кровли юры перепад абсолютных отметок достигает соответственно 2270 и 765 м; в рельефах нижнемеловых горизонтов М, М₁ и М₂ составляет порядка 330–340 м; в кровлях сеномана и мела уменьшается до 290 и 220 м соответственно;

- Геофизическое поднятие из вала трансформируется в куполовидное поднятие: в рельефе кровли юры отношение длинной оси к короткой (а/б) составляет 2.9, в структурном плане кровли сеномана – 1.3;

- значительно увеличивается площадь Геофизического поднятия и уменьшается его амплитуда: от кровли юры к кровле сеномана площадь поднятия возрастает более чем в два раза с 575 до 1215 км²; амплитуда поднятия уменьшается в три раза с 265 до 90 м.

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПОДНЯТИЯ

При палеотектонических реконструкциях для восстановления истории тектонического развития территории был использован «метод мощностей» [Белоусов, 1940; Гарецкий, Яншин, 1960; Машкович, 1976; Нейман, 1984].

Триас-юрский этап развития (205–250 млн л.) (рис. 5, А). Анализ карты изопахит триас-юрских отложений, залегающих между сейсмическими горизонтами А и Б, показал, что толщины этого комплекса изменяются в диапазоне от 2600 до 4400 м (перепад толщин 1800 м), что говорит о том, что в триас-юрское время на рассматриваемом участке происходили интенсивные тектонические движения и Геофизическое поднятие активно формировалось.

В палеорельефе кровли фундамента на время формирования горизонта Б эта структура практически повторяла очертания современного поднятия, выделяющегося в структурном плане горизонта А, и его площадь составляла 890 км² – 92 % площади современного поднятия. Амплитуда палеоподнятия была 575 м – 70 % амплитуды современной структуры.

Берриас-раннеаптский этап развития (124–145 млн л.) (см. рис. 5, Б). Анализ распределения толщин отложений, залегающих между горизонтами Б и М, показал, что на этом этапе происходили те же тектонические движения, что и в триас-юрское время (триас-юрские тектонические процессы унаследовали тенденции предыдущего этапа). Исследуемая территория продолжала интенсивно развиваться – толщины берриас-нижнеаптских отложений изменяются в диапазоне 760–1380 м (перепад толщин – 620 м).

В палеорельефе кровли юры на время формирования нейтинской пачки (горизонт М/ранний апт) Геофизическое поднятие было вытянуто в широтном направлении и осложнено серией более мелких

куполов. Очертания и размеры этой палеоструктуры, которая выделялась в рельефе кровли юры в раннем апте, повторяли контуры современного поднятия, выделяемого на этой структурной поверхности: площадь палеоподнятия составляла 527 км² (92 % площади современной структуры); амплитуда палеоструктуры – 185 м (70 % амплитуды современного поднятия).

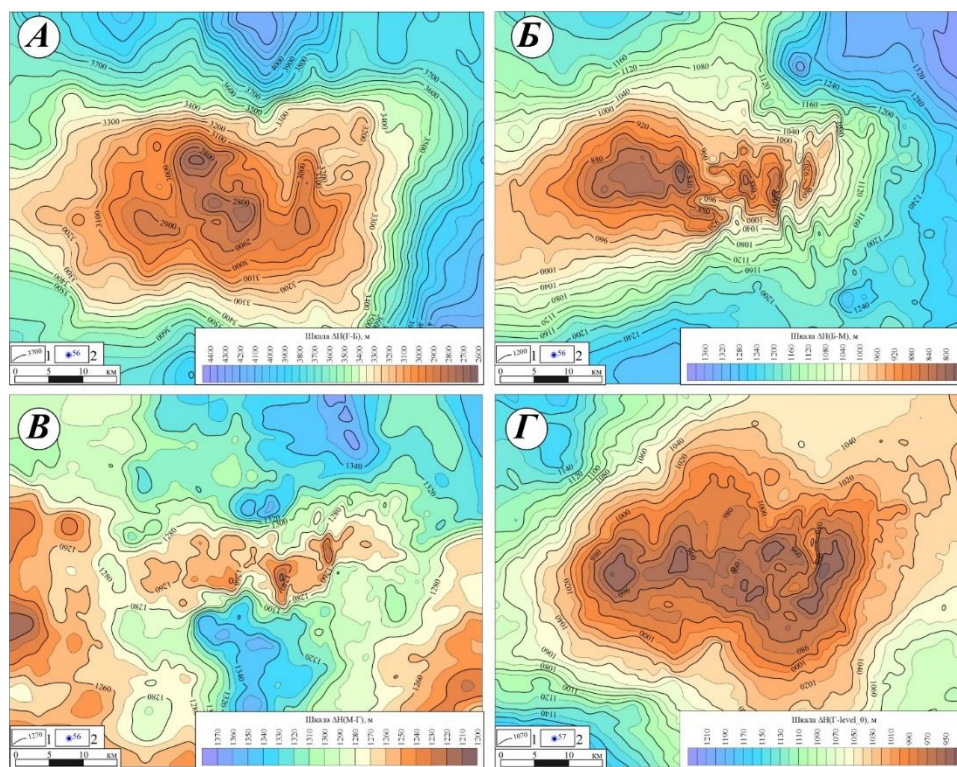


Рис. 5. Карты изопакит триас-юрских (А), берриас-нижнеаптских (Б), апт-альб-сеноманских (В), турон-кайнозойских (Г) мегакомплексов. Усл. обозн.: 1 – изолинии, 2 – скважины.

Апт-альб-сеноманский этап развития (94–124 млн л.) (см. рис. 5, В). Анализ карты толщин отложений, залегающих между горизонтами М и Г, показал, что в апт-альб-сеноманское время интенсивность тектонических движений существенно снизилась, толщины этого комплекса пород изменяются в диапазоне от 1200 до 1370 м, перепад толщин составляет 170 м, что почти в три раза меньше чем в неокоме, и в 10 раз меньше чем в триас-юрское время. На этом этапе Геофизическое поднятие продолжало испытывать тенденцию к росту, но гораздо менее интенсивно.

В палеорельефе кровли горизонта М на время формирования горизонта Г структура также была вытянута в восточном направлении, но ее площадь составляла 315 км² (41 % площади современной структуры по горизонту М), а амплитуда была 50 м (35 % амплитуды современной структуры по горизонту М).

Постсеноманский этап развития (<94 млн л.) (см. рис. 5, Г). Тектонические процессы постсеноманского этапа характеризует структурная карта по отражающему горизонту Г, которая одновременно является картой толщин отложений, залегающих между кровлей сеномана и уровнем моря (абсолютная отметка – 0). Анализ распределения толщин турон-кайнозойских отложений позволяет отметить, что на этом этапе интенсивность тектонических движений вновь возросла, мощность постсеноманских отложений изменяется в диапазоне от 930 до 1260 м, перепад толщин составляет 286 м. В позднем мелу и кайнозое Геофизическое поднятие продолжало испытывать тенденцию к относительному росту.

На этом этапе в рельефе кровли сеномана была сформирована антиклинальная структура изометричной формы, площадь которой составляет 1215 км², амплитуда – 90 м.

На рисунке 6 показаны палеоразрезы и современные временные разрезы по профилям, пересекающим Геофизическое месторождение в широтном и меридиональном направлениях.

Современный временной разрез отражает тектонические процессы, протекавшие на протяжении всей мезозойско-кайнозойской истории развития территории, палеоразрезы характеризуют рельефы нижележащих горизонтов на время формирования нейтинской пачки и кузнецовской свиты – региональных флюидоупоров, к которым приурочены реперные отражающие сейсмические горизонты М и Г соответственно.

Анализ полученных палеоразрезов подтверждает сделанные ранее выводы о том, что Геофизическое поднятие формировалось на всех этапах мезозойско-кайнозойской истории – амплитуда Геофизического поднятия в рельефах всех реперных горизонтов увеличивается от молодых горизонтов к древним.

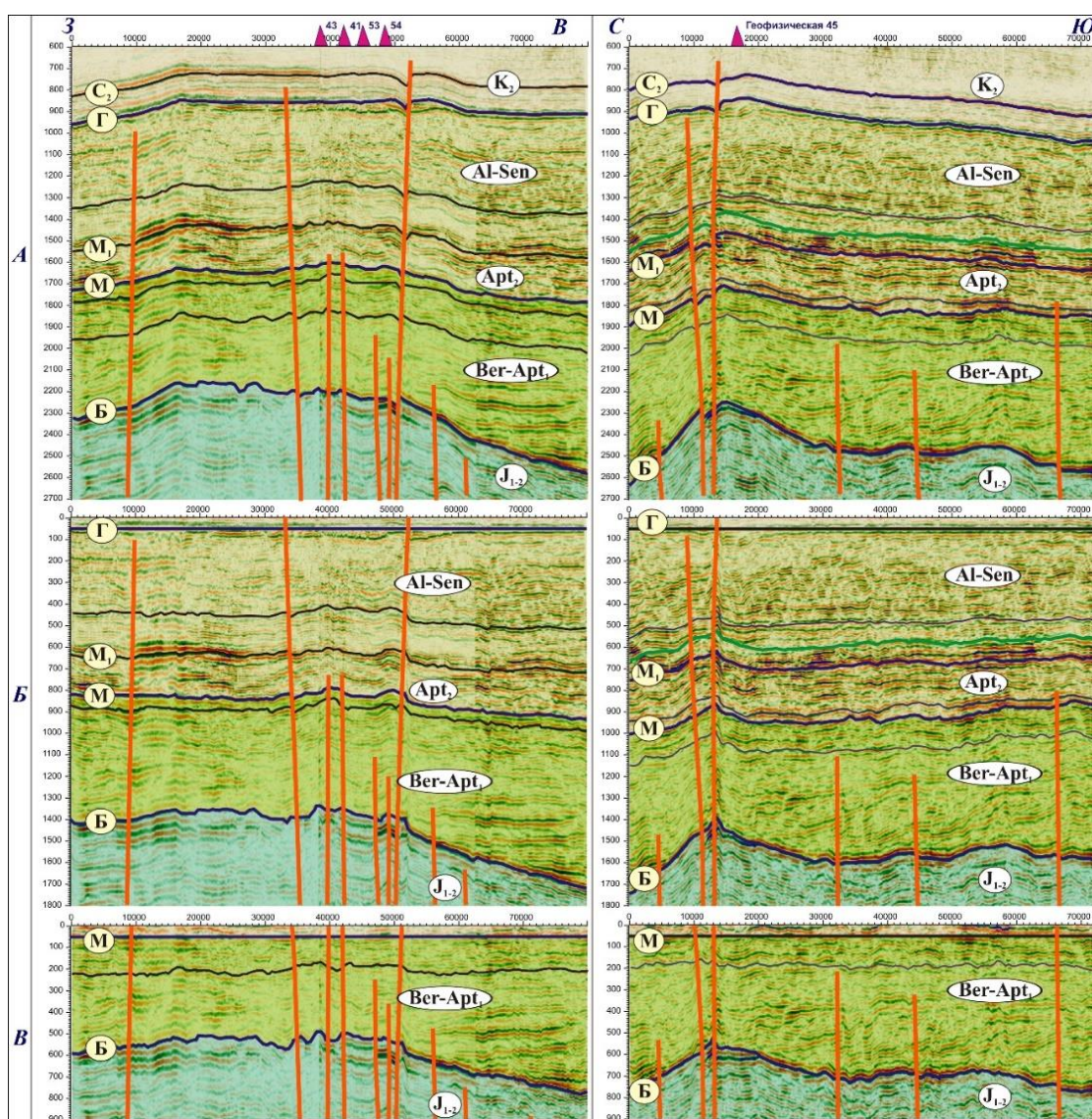


Рис. 6. Современные временные разрезы (А) и палеоразрезы (Б, В), Геофизическая площадь.

В целом анализ тектонического развития Геофизического поднятия показал, что оно развивалось на всех этапах геологической истории. Наиболее интенсивно структура формировалась в триас-юрское и берриас-раннеаптское время. На момент формирования нейтинской пачки (кровля нижнего апта) амплитуда Геофизического поднятия составляла 680 м в рельефе кровли палеозоя и 185 м в структурном плане кровли юры.

В апт-альб-сеномане интенсивность тектонических движений существенно снизилась. На этом этапе развития амплитуда Геофизического поднятия возросла на 50 м.

В постсеноманское время на этапе формирования турон-кайнозойских отложений тектонические процессы активизировались, благодаря чему в рельефе кровли сеномана была сформирована крупная антиклинальная структура-ловушка, площадью 1215 км² и амплитудой 90 м, с которой связана сеноманская газовая залежь в горизонте ПК₁.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Арктические регионы Западной Сибири, в административном отношении охватывающие территорию Ямало-Ненецкого автономного округа, являются одной из крупнейших в мире газоносных провинций, в которой основные запасы газа сконцентрированы в апт-альб-сеноманских отложениях.

На севере Западной Сибири основные газовые залежи сконцентрированы в апт-альб-сеноманском комплексе пород и контролируются антиклинальными структурами-ловушками.

В Надым-Тазовском междуречье, где находится большинство разрабатываемых с середины 70-х годов прошлого столетия уникальных залежей, основные запасы газа локализованы в сеноманском песчаном горизонте ПК₁, а залежи в неокомских и апт-альбских песчаных пластах носят второстепенный, сопутствующий характер.

В Гыданской НГО основные газовые скопления локализованы в аптских песчаных пластах таноппинской свиты, а сеноманские залежи в большинстве случаев незначительны по запасам.

Результаты выполненного в ИНГГ СО РАН структурно-тектонического анализа показали, что такая дифференциация залежей УВ по нефтегазоносным комплексам в значительной мере связана с тектоническим фактором – отличием в истории развития этих регионов и в динамике формирования в них антиклинальных структур-ловушек.

В Надым-Пурском междуречье большинство антиклинальных структур в рельефах всех стратиграфических уровней были сформированы благодаря интенсивным постсеноманским вертикальным тектоническим движениям, предопределившим формирование в рельефе кровли сеномана крупных контрастных поднятий.

В Гыданской НГО, где апт-альб-сеноманские залежи углеводородов также контролируются антиклинальными структурами, процесс формирования структур-ловушек протекал по другим законам.

В настоящей работе на базе анализа геолого-геофизических материалов по эталонному Геофизическому месторождению, расположенному в центральной части Гыданской НГО, выполнен структурно-тектонический анализ и восстановлена динамика формирования антиклинальной структуры-ловушки, контролирующей крупные аптские газовые залежи.

Анализ истории тектонического развития Геофизического поднятия показал, что оно развивалось на всех этапах мезозойско-кайнозойской геологической истории, и наиболее интенсивно структура формировалась в триас-юрское и берриас-раннеаптское время.

В апт-альб-сеномане интенсивность тектонических движений существенно снизилась. В постсеноманское время тектонические процессы несколько активизировались, благодаря чему в рельефе кровли сеномана была сформирована антиклинальная структура, с которой связана сеноманская газовая залежь в горизонте ПК₁.

Совокупность этих процессов привела к тому, что в рельефах современных стратиграфических уровней от нижних более древних горизонтов к верхним на Геофизическом месторождении:

- существенно уменьшается контрастность рельефов,
- Геофизическое поднятие из вала трансформируется в куполовидное поднятие,
- увеличивается площадь Геофизического поднятия и одновременно существенно уменьшается его амплитуда – от кровли юры к кровле сеномана площадь поднятия возрастает в два раза; амплитуда уменьшается в три раза.

По результатам проведенного анализа сделан вывод о том, что в Гыданской НГО интенсивность относительного роста структур на постсеноманском этапе развития была существенно ниже и не сопоставима с процессами формирования поднятий в Надым-Пурской и Пур-Тазовской НГО. Это обстоятельство предопределило тот факт, что в Гыданской НГО в рельефе кровли сеномана отсутствуют крупные высокоамплитудные структуры-ловушки, способные концентрировать значительные по запасам массивные газовые залежи в горизонте ПК₁. С этим связан невысокий потенциал сеномана Гыданской НГО.

В то же время в этом регионе открыты уникальные по запасам газовые залежи в апт-альбских отложениях. Высокие перспективы этих резервуаров связаны как с тектоническим, так и с литологическим факторами.

В отличие от Надым-Тазовского междуречья, где в разрезе апт-альбских отложений отсутствуют региональные и даже зональные флюидоупоры, в Гыданской НГО хорошими экранирующими свойствами обладают яронгский (ханты-мансийский) региональный флюидоупор, перекрывающий танопчинскую свиту, и серия выдержанных по латерали глинистых пачек-покрышек, разделяющих аптские песчаные пласты. Наличие надежных флюидоупоров, разделяющих песчаные пласты группы ТП, а также увеличение амплитуд структур в рельефе кровли танопчинской свиты (относительно сеномана) благоприятно сказалось на формировании многопластовых месторождений Гыданской НГО, на которых наибольшие по запасам газовые залежи сконцентрированы в аптском резервуаре.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Белоусов В.В.** Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология. 1940. № 2–3. С. 14–28.
- Брехунцов А.М.** Геофизическое нефтегазоконденсатное месторождение // Горные ведомости. 2007. № 6. С. 90–92.
- Гарецкий Р.Г., Яншин А.Л.** Тектонический анализ мощностей // Методы изучения тектонических структур. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 115–166.
- Ермилов О.М., Карогодин Ю.Н., Конторович А.Э., Тер-Саакян Ю.Г., Агалаков С.Е., Беляев С.Ю., Борисова Л.С., Букреева Г.Ф., Бурштейн Л.М., Гордеев В.Н., Дмитрук В.В., Жилина И.В., Конторович В.А., Красавчиков В.О., Супруненко О.И., Чупова И.М., Фурсенко Е.А.** Особенности геологического

строения и разработки уникальных залежей газа крайнего севера Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 140 с.

Казаненков В.А., Ершов С.В., Рыжкова С.В., Борисов Е.В., Пономарева Е.В., Попова Н.И., Шапорина М.Н. Геологическое строение и нефтегазоносность региональных резервуаров юры и мела в Карско-Ямальском регионе и прогноз распределения в них углеводородов // Геология нефти и газа. 2014. № 1. С. 27–49.

Конторович В.А., Конторович Д.В., Сурикова Е.С. История формирования крупных антиклинальных структур-ловушек для уникальных газовых залежей на севере Западной Сибири (на примере Медвежьего месторождения) // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 5–6. С. 862–873.

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Губин И.А., Ершов С.В., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Канаков М.С., Соловьев М.В., Сурикова Е.С., Шестакова Н.И. Сейсмостратиграфия, история формирования и газонасность структур Надым-Пурского междуречья (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57, № 8. С. 1583–1585. doi:10.15372/GiG20160810.

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Губин И.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Конторович А.Э., Малышев Н.А., Скворцов М.Б., Соловьев М.В., Сурикова Е.С. История тектонического развития арктических территорий и акваторий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 3–4. С. 423–444. doi:10.15372/GiG20170307.

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Гусева С.М., Калинина Л.М., Калинин А.Ю., Канаков М.С., Соловьев М.В., Сурикова Е.С., Торопова Т.Н. Сейсмогеологическая характеристика осадочных комплексов и нефтегазоносность Ямальской, Гыданской и Южно-Карской нефтегазоносных областей (Арктические регионы Западной Сибири, шельф Карского моря) // Геофизические технологии. 2018. № 4. С. 10–26. doi:10.18303/2619-1563-2018-4-3.

Машкович К.А. Методы палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. М.: Недра, 1976. 221 с.

Нейман В.Б. Теория и методика палеотектонического анализа. М.: Недра, 1984. 80 с.

Скоробогатов В.А., Строганов Л.В. Гыдан: геологическое строение, ресурсы углеводородов, будущее... М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. 261 с.

Торопова Т.Н., Конторович В.А. История тектонического развития и нефтегазоносность центральной части полуострова Гыданский (северо-восток Западной Сибири) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14, № 3. С. 7. doi:10.17353/2070-5379/28_2019.

REFERENCES

Belousov V.V. Sediment thickness as an expression of the mode of oscillatory movements of the Earth's crust // Sovetskaya Geologiya. 1940. No. 2–3. P. 14–28. (In Russ.).

Brekhtunsov A.M. Geophysical oil and gas condensate field // Mining Reports. 2007. No. 6. P. 90–92. (In Russ.).

Garetsky R.G., Yanshin A.L. Tectonic analysis of capacities // Methods of studying tectonic structures (In Russ.). Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, 1960. P. 115–166.

Ermilov O.M., Karogodin Yu.N., Kontorovich A.E., Ter-Sahakyan Yu.G., Agalakov S.E., Belyaev S.Yu., Borisova L.S., Bukreeva G.F., Burstein L.M., Gordeev V.N., Dmitruk V.V., Zhilina I.V., Kontorovich V.A., Krasavchikov V.O., Suprunenko O.I., Chupova I.M., Fursenko E.A. Features of the geological structure and

development of unique gas deposits in the far north of Western Siberia (In Russ.). Publishing House of SB RAS, Novosibirsk, 2004. 140 p.

Kazanenkov V.A., Ershov S.V., Ryzhkova S.V., Borisov E.V., Ponomareva E.V., Popova N.I., Shaporina M.N. Geological structure and oil and gas potential of Jurassic and Cretaceous regional reservoirs in Kara-Yamal region and prognosis of hydrocarbon distribution // Russian Oil and Gas Geology. 2014. No. 1. P. 27–49. (In Russ.).

Kontorovich V.A., Kontorovich D.V., Surikova E.S. Formation history of large anticlinal trap structures for unique gas pools in northern West Siberia (by the example of the Medvezh'e field) // Russian Geology and Geophysics. 2014. Vol. 55 (5–6). P. 681–690. doi:10.1016/j.rgg.2014.05.011.

Kontorovich V.A., Ayunova D.V., Gubin I.A., Ershov S.V., Kalinin A.Yu., Kalinina L.M., Kanakov M.S., Solov'ev M.V., Surikova E.S., Shestakova N.I. Seismic stratigraphy, formation history and gas potential of the Nadym-Pur interfluvial area (West Siberia) // Russian Geology and Geophysics. 2016. Vol. 57 (8). P. 1248–1258. doi:10.1016/j.rgg.2016.08.010.

Kontorovich V.A., Ayunova D.V., Gubin I.A., Kalinin A.Yu., Kalinina L.M., Kontorovich A.E., Malyshev N.A., Skvortsov M.B., Solov'ev M.V., Surikova E.S. Tectonic evolution of the Arctic onshore and offshore regions of the West Siberian petroleum province // Russian Geology and Geophysics. 2017. Vol. 58 (3–4). P. 343–361. doi:10.1016/j.rgg.2016.09.010.

Kontorovich V.A., Ayunova D.V., Guseva S.M., Kalinina L.M., Kalinin A.Yu., Kanakov M.S., Soloviev M.V., Surikova E.S., Toropova T.N. Seismic and geological characteristics of sedimentary sequences and petroleum potential of Yamal, Gydan and South Kara petroleum areas (Arctic regions of West Siberia, the Kara Sea shelf) // Russian Journal of Geophysical Technologies. 2018. No. 4. P. 10–26. (In Russ.). doi:10.18303/2619-1563-2018-4-3.

Mashkovich K.A. Methods of paleotectonic research in the practice of oil and gas prospecting (In Russ.). Nedra, Moscow, 1976. 221 p.

Neiman V.B. Theory and methodology of paleotectonic analysis (In Russ.). Nedra, Moscow, 1984. 80 p.

Skorobogatov V.A., Stroganov L.V. Gydan: geological structure, hydrocarbon resources, the future (In Russ.). Nedra-Businesscenter LLC, Moscow, 2006. 261 p.

Toropova T.N., Kontorovich V.A. Structural history and petroleum potential of the central part of the Gydan Peninsula (northeast of Western Siberia) // Oil and Gas Geology. Theory and Practice. 2019. Vol. 14 (3). P. 7. (In Russ.). doi:10.17353/2070-5379/28_2019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АЮНОВА Дарья Владимировна – научный сотрудник лаборатории сейсмогеологического моделирования природных нефтегазовых систем и лаборатории проблем геологии, разведки и разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН. Основные научные интересы: комплексная интерпретация данных сейсморазведки и ГИС, анализ истории тектонического развития и прогноз нефтегазоносности южных, центральных и северных районов Западной Сибири.

КОНТОРОВИЧ Владимир Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН, заведующий лабораторией сейсмогеологического моделирования природных нефтегазовых систем

Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН. Основные научные интересы: сейсмостратиграфия, тектоника, региональная и нефтяная геология осадочных бассейнов, проблемы нефтегазоносности Западной и Восточной Сибири.

*Статья поступила в редакцию 12 декабря 2024 г.,
одобрена после рецензирования 13 декабря 2024 г.,
принята к публикации 16 декабря 2024 г.*