

УДК 550.8

DOI 10.41748/0016-7894-2023-5-7-19

Тектоническое строение и история развития Анабаро-Хатангской седловины

© 2023 г. | Р.Р. Сабирьянова¹, А.О. Шуваев¹, О.А. Богданов²¹ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Россия; Regina.Sabiryanova@lukoil.com; Artem.Shuvaev@lukoil.com;²ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г.о. Ленинский, пос. Развилка, Московская обл., Россия; O_Bogdanov@vniigaz.gazprom.ru

Поступила 01.03.2023 г.

Доработана 07.07.2023 г.

Принята к печати 17.08.2023 г.

Ключевые слова: Анабаро-Хатангская седловина; Енисей-Хатангский региональный прогиб; тектонический анализ; палеотектонические реконструкции; история развития региона.

Аннотация: В рамках текущей ситуации в энергетическом мире остро встает вопрос освоения Арктики. Данный факт объясняет интерес к детальному изучению геологического строения Анабаро-Хатангской седловины. На сегодняшний день нет единого мнения о перспективности данной территории, что связано как и со сложным тектоническим строением и не менее сложной геодинамической историей развития, так и со сравнительно низкой геолого-геофизической изученностью. Целью исследований является изучение тектонического строения и эволюции осадочного чехла Анабаро-Хатангской седловины для дальнейшей оценки перспектив нефтегазоносности. В результате проведения палеотектонических реконструкций восстановлена история тектонического развития региона. Временной промежуток, охватывающий конец перми и начало триаса, является ключевым этапом в истории формирования осадочных бассейнов Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. Возникновение положительных структур на территории Анабаро-Хатангской седловины обусловлено, по всей видимости, не только глубинными нарушениями земной коры, но и влиянием соляных толщ кембрийского и, возможно, девонского возраста. Внедрение в осадочный чехол огромного объема интрузий привело к разогреву пород, термальному увеличению объема и повышению пластичности соляных толщ. Последним значимым в истории Таймыра геодинамическим событием является обновление структурного строения осадочного чехла в палеогене в связи с раскрытием Евразийского океана в Арктике.

Для цитирования: Сабирьянова Р.Р., Шуваев А.О., Богданов О.А. Тектоническое строение и история развития Анабаро-Хатангской седловины // Геология нефти и газа. – 2023. – № 5. – С. 7–19. DOI: 10.41748/0016-7894-2023-5-7-19.

Tectonic framework and history of Anabar-Khatanga Saddle evolution

© 2023 | R.R. Sabiryanova¹, A.O. Shuvaev¹, O.A. Bogdanov²¹LLC "LUKOIL-Engineering", Moscow, Russia; Regina.Sabiryanova@lukoil.com; Artem.Shuvaev@lukoil.com;²LLC "Gazprom VNIIGAZ", Leninsky district, Moscow Region, Russia; O_Bogdanov@vniigaz.gazprom.ru

Received 01.03.2023

Revised 07.07.2023

Accepted for publication 17.08.2023

Key words: Anabar-Khatanga Saddle; Yenisei-Khatanga Regional Trough; tectonic analysis; paleotectonic reconstructions; history of evolution.

Abstract: In the context of the present-day situation in world energy, the issue of Arctic development becomes acute. This fact explains the interest in a detailed study of the geological structure of the Anabar-Khatanga Saddle. At the moment, there is no consensus over the prospectivity of these lands; and the reasons are both complicated tectonic framework and equally complicated geodynamic history, and relatively low geological and geophysical exploration maturity. The purpose of the research is to study the tectonic framework and evolution of the Anabar-Khatanga saddle sedimentary cover for further assessment of hydrocarbon potential. The results of backstripping allowed the history of tectonic development of the region to be reconstructed. The time interval spanning the Permian end and the Triassic beginning is a key stage in the history of formation of sedimentary basins in Yenisei-Khatanga Regional Trough and Anabar-Khatanga Saddle. The occurrence of positive structures on the territory of the Anabar-Khatanga saddle is probably caused not only by deep crustal disturbances, but also by the influence of Cambrian and possibly Devonian salt formations. Emplacement of huge amount of intrusions into sedimentary cover caused heating of rocks, thermal volume expansion, and increase in ductility of salt formations. The last significant geodynamic event in Taimyr history is structural transformation of the sedimentary cover in Paleogene, which was related to the opening of the Eurasian Ocean in the Arctic.

For citation: Sabiryanova R.R., Shuvaev A.O., Bogdanov O.A. Tectonic framework and history of Anabar-Khatanga Saddle evolution. *Geologiya nefi i gaza*. 2023;(5):7–19. DOI: 10.41748/0016-7894-2023-5-7-19. In Russ.

Введение

Эпоха выработки легкоизвлекаемых запасов из залежей простого строения прошла, в настоящее время необходимо применять все более усовершенствованные методы поиска, разведки и добычи нефти, вкладывать больше средств, создавать новые технологии, вовлекать в процесс разработки более сложнопостроенные территории. В рамках текущей ситуации в энергетическом мире остро встает вопрос освоения Арктики. Данный факт объясняет интерес к детальному изучению геологического строения Анабаро-Хатангской седловины. Транспортировка добытых УВ из месторождений Анабаро-Хатангской седловины в том числе обеспечит загрузку Северного морского пути, сделав его полноценной транспортной артерией с круглогодичной навигацией.

Исследуемая территория расположена в юго-восточной части п-ова Таймыр, от оз. Таймыр до берега Хатангского залива, охватывая акваторию Хатангского залива и его южное побережье от пос. Хатанга на юге до о-ва Большой Бегичев на севере. Площадь изучаемой территории превышает 183 000 км². Орографически Анабаро-Хатангская седловина относится к Северо-Сибирской низменности, которая на севере ограничена горами Бырранга с высотами до 1146 м, а на юге — Анабарским плато Средне-Сибирского плоскогорья с высотами до 908 м.

Систематическое изучение рассматриваемой территории началось в 1930-х гг. после обнаружения Т.М. Емельянцевым выходов жидкой нефти из юрских отложений на п-ове Урюнг-Тумус. Однако на сегодняшний день нет единого мнения о перспективности данной территории, что связано как со сложным тектоническим строением и геодинамической историей развития, так и со сравнительно низкой геолого-геофизической изученностью (рис. 1).

По результатам бурения в первой половине XX в. были открыты месторождения на Нордвикской, Кожевниковской, Ильинской и Южно-Тигянской площадях, в основном с непромышленными запасами нефти. В последующие годы были пробурены глубокие скважины Восточно-Таймырская-1П и Центрально-Ольгинская-1. Скважина Центрально-Ольгинская-1, пробуренная в пределах Хатангского залива (шельф моря Лаптевых), открыла одноименное месторождение. В настоящее время на Государственном балансе в пределах Анабаро-Хатангской седловины числится одно месторождение Центрально-Ольгинское с запасами нефти 81 млн т по категориям $C_2 + C_1$ [1].

В пределах полигона исследований осадочные отложения имеют широкий стратиграфический диапазон — от рифея до кайнозоя, они представлены в основном толщами терригенного и карбонатного состава. Выделяются соленосные толщи кембрийского и девонского возраста, а также эффу-

зивные и интрузивные породы пермотриаса. Точный возраст соленосных толщ в данном регионе до сих пор остается дискуссионным вопросом.

Территория исследования приурочена к Анабаро-Хатангской седловине — зоне сочленения двух крупных элементов I порядка: Енисей-Хатангского и Лено-Анабарского региональных прогибов. С севера седловина ограничена Таймырской складчатой системой, с юга — Анабарской антеклизой.

Согласно схеме тектонического районирования (рис. 2), в пределах Анабаро-Хатангской седловины выделены Харатумусская впадина и Бегичевская котловина, разделяющие Кирыко-Тасскую зону поднятий, Нордвикский вал, Белогоро-Тигянскую зону поднятий и Тигяно-Анабарский вал¹. В пределах валов и приподнятых зон выявлено множество локальных антиклинальных структур III порядка.

Целью данных исследований является изучение тектонического строения и эволюции осадочного чехла Анабаро-Хатангской седловины для дальнейшей оценки УВ-потенциала территории. Реконструкции тектонического развития позволят выделить основные этапы тектонической активизации региона, определить время формирования ловушек УВ, а также оценить толщины эродированных осадков.

История развития и особенности геологического строения осадочного чехла

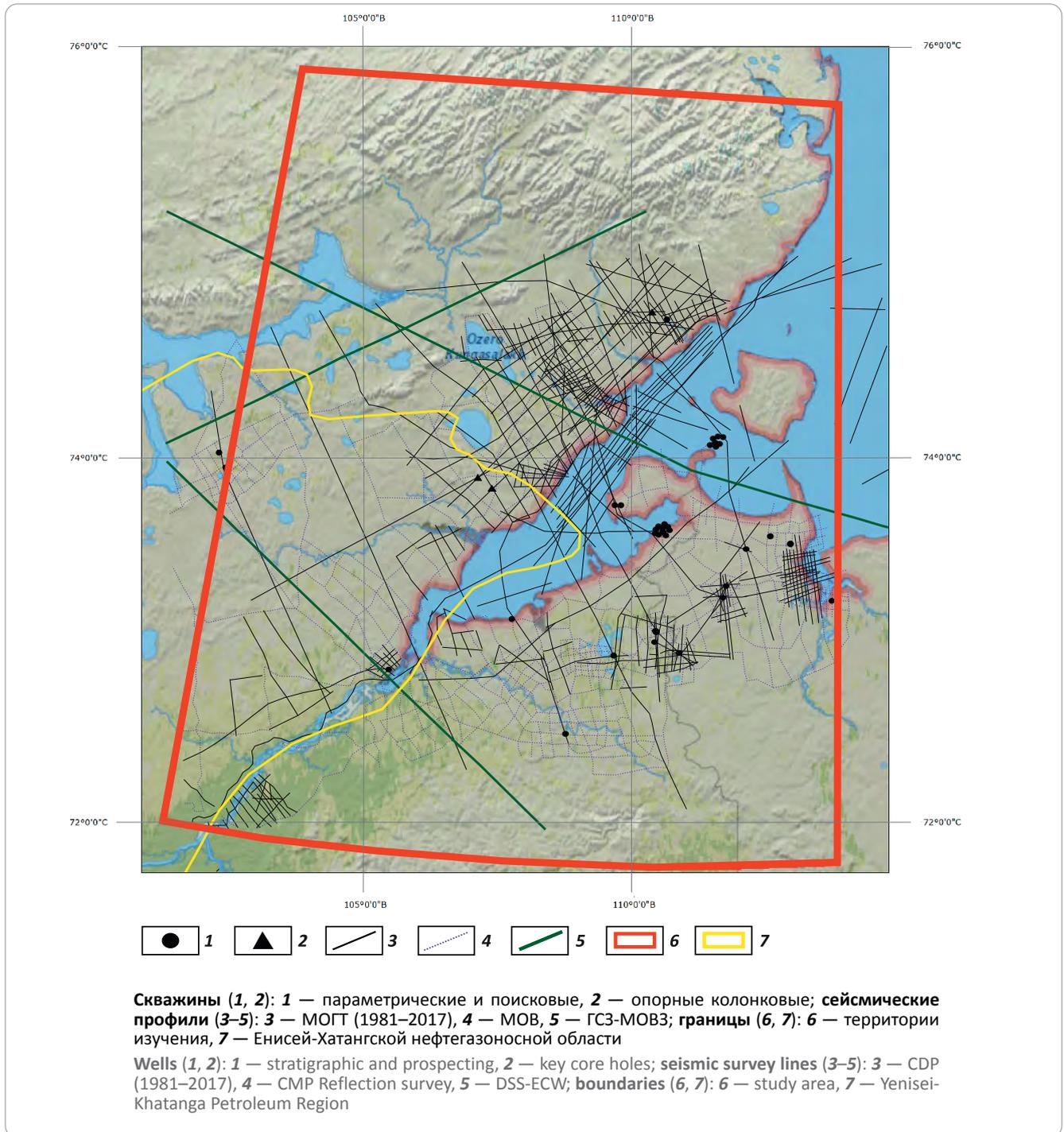
Для уточнения структурно-тектонической модели развития Анабаро-Хатангской седловины проводились палеотектонические реконструкции региональных сейсмических профилей. В качестве примера в статье приведены результаты реконструкции двух профилей, пересекающих изучаемую территорию с юго-запада на северо-восток и с севера на юг (рис. 3, 4).

Палеорекострукции выполнены в программном пакете MOVE, который основан на геометрическом подходе к восстановлению разрезов. В основе геометрического подхода лежит применение кинематических алгоритмов (trishear, shear, flexural slip, fault propagation fold и т. д.), согласно которым разрез восстанавливается к преддеформационному состоянию. При этом соблюдаются основные геометрические структурные правила: сохранение длин, площадей смещений по разлому и т. п.

При геометрической балансировке критерием «противоречивости» разреза служит нелогичная геометрия слоев разреза при его восстановлении к преддеформационному состоянию: «дыры» и «перекрытия» (gaps and overlaps), нелогичное значение смещения по разломам, разница в толщинах при постседиментационной тектонике и т. п.

¹Анализ геологоразведочных работ на Восточно-Таймырском ЛУ. Подготовка геологического отчета / ФГБУ ВНИГНИ; Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПнефть», г. Тюмень; А.И. Ларичев, В.И. Чеканов, Е.В. Оленникова и др. — 2019.

Рис. 1. Карта изученности Анабаро-Хатангской седловины сейсморазведочными работами и бурением¹
Fig. 1. Exploration maturity map of Anabar-Khatanga Saddle: seismics and drilling¹



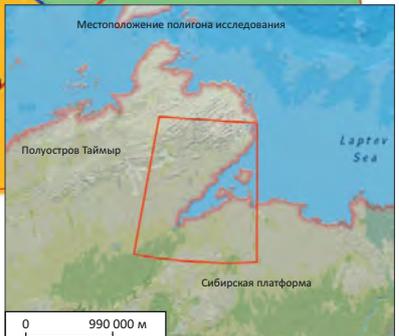
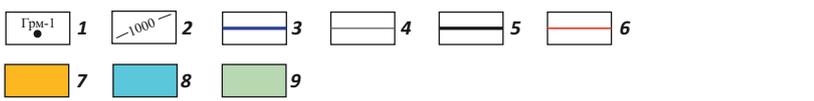
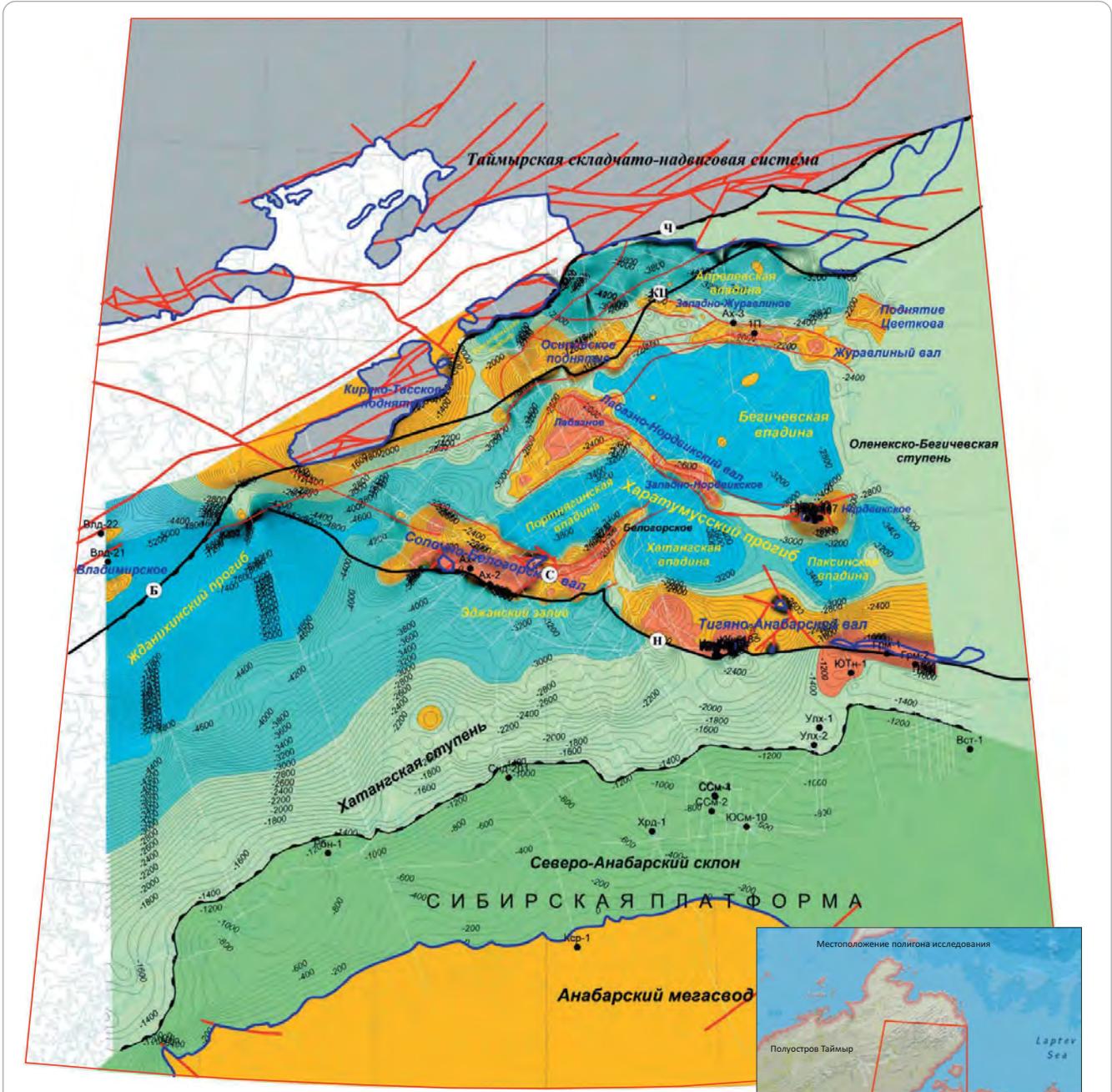
При восстановлении движений по разломам для различных типов тектонических нарушений использовались разные алгоритмы: для разломов взбросовой кинематики применялся алгоритм Fault Parallel Flow, для дизъюнктивов сбросовой кинематики — Simple Shear. Морфология взбросовых чешуй до этапа эрозии отображается с определенной долей условности в силу особенностей программного обеспечения.

Восстановление разреза происходило поэтапно методом Backstripping. Для повышения корректно-

сти реконструкций при восстановлении разреза на определенный стратиграфический уровень проводилась процедура разуплотнения осадков.

Таймырский регион расположен в области сочленения северной окраины древней Сибирской платформы и смежной метаплатформенной зоны, ограниченной с севера складчатыми горными сооружениями. Геодинамическая история развития региона в той или иной степени рассматривалась рядом исследователей (В.А. Верниковский, Н.Л. Добрецов [2–4], В.Е. Хаин, Н.И. Филатова [5] и др.). Тем

Рис. 2. Карта тектонического районирования верхнепалеозойских отложений в пределах Анабаро-Хатангской седловины¹
Fig. 2. Tectonic zoning map of the Upper Palaeozoic deposits within the Anabar-Khatanga Saddle¹

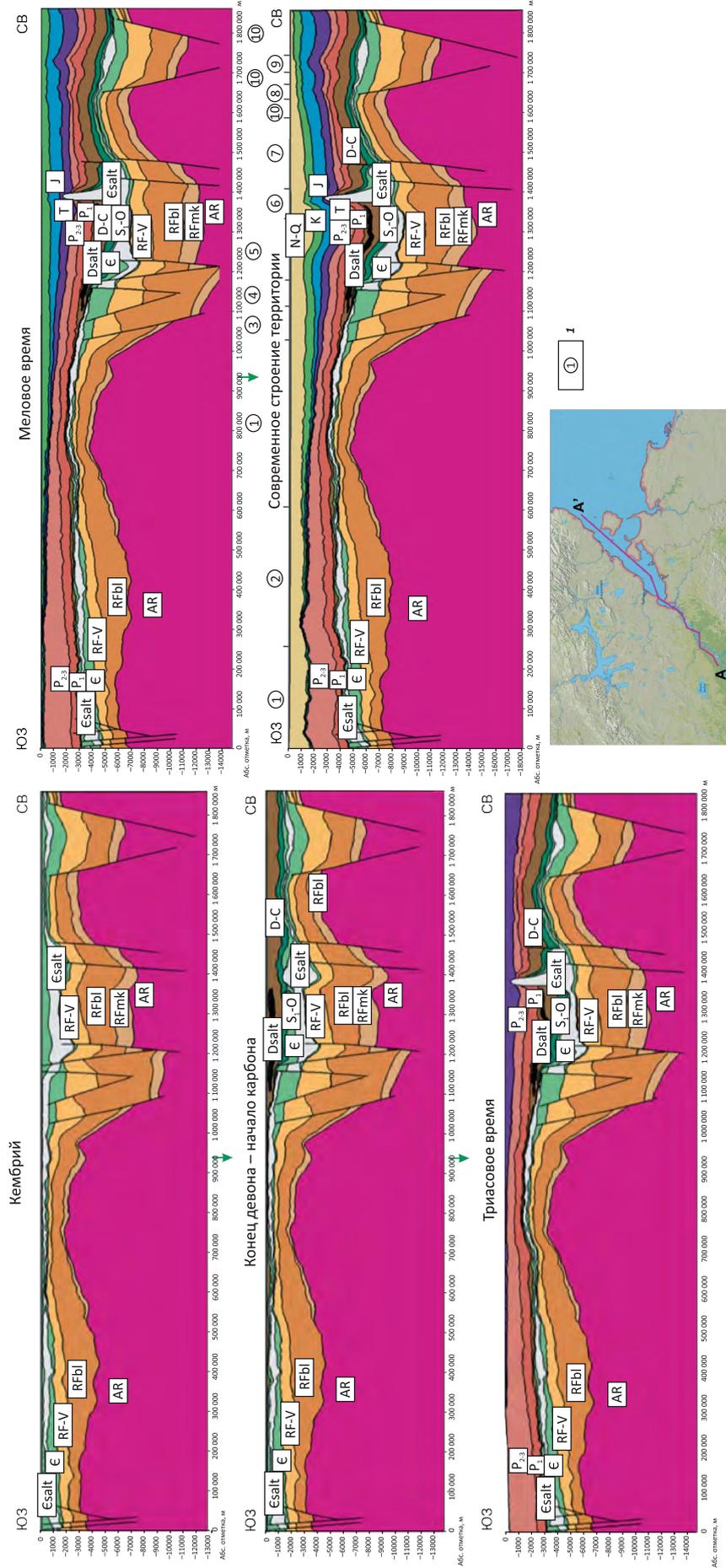


1 — глубокие скважины; **2** — изогипсы кровли верхнекожевниковской свиты (ОГ VI), м; **3** — граница распространения юрско-мелового осадочного чехла; **4** — сейсмические профили МОГТ (1981–2017), интерпретированные во ФГБУ «ВСЕГЕИ»; **5** — главные разломы взбросовой кинематики, выделенные по материалам сейсморазведки и геологической съемки (Ч — Чернохребетинский, Б — Балахнинский, Н — Нордвикский, КЦ — Киряко-Цветковский, С — Сопочный); **6** — разрывные нарушения, выявленные по материалам сейсморазведки и геологической съемки; **тектонические элементы (7–9): 7** — положительные, **8** — отрицательные, **9** — промежуточные

1 — deep wells; **2** — structural contours of Verkhnekozhnevnikovsky Fm (VI Reflector), m; **3** — outline of Jurassic-Cretaceous sedimentary cover occurrence; **4** — CDP seismic lines (1981–2017) interpreted in VSEGEI; **5** — main faults of thrust fault (reverse) kinematics identified from seismic and geological survey data (Ч — Chernokhreibetinsky, Б — Balakhninsky, Н — Nordviksky, КЦ — Kiryako-Ysvetkovsky, С — Sopochny); **6** — faults identified from seismic and geological survey data; **tectonic elements (7–9): 7** — positive, **8** — negative, **9** — intermediate



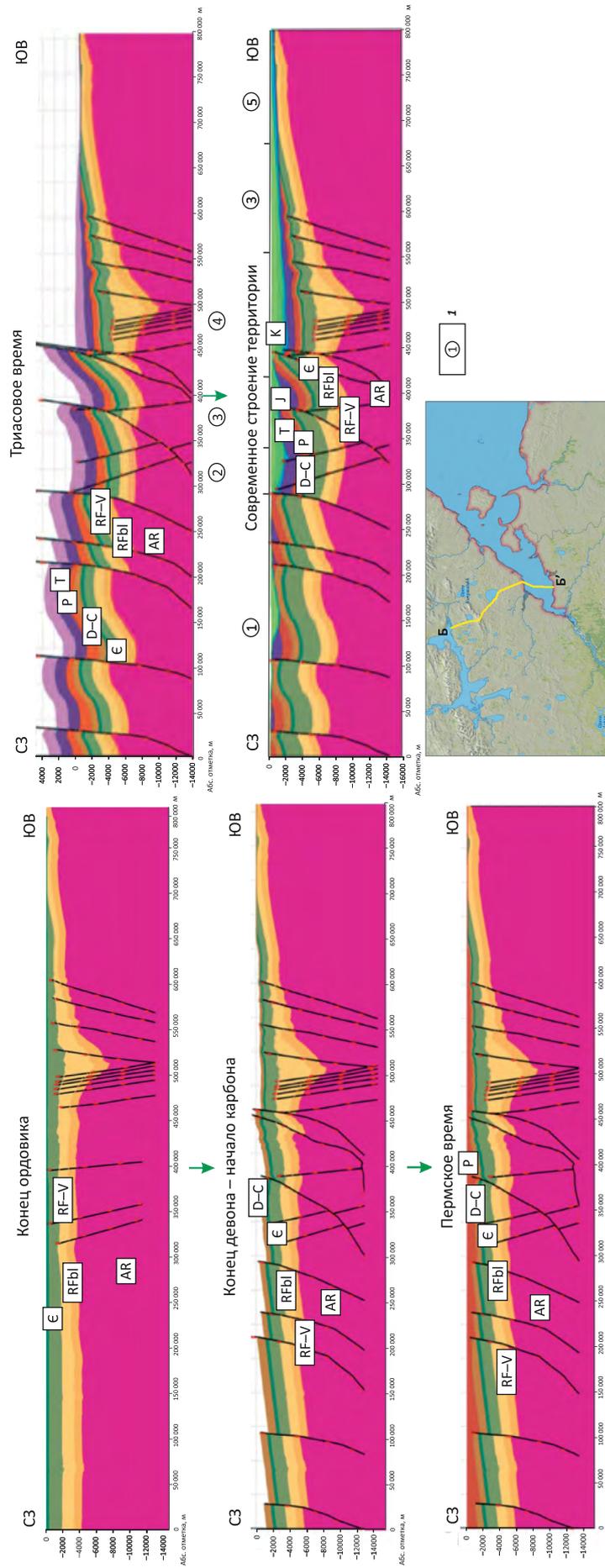
Рис. 3. Результаты палеотектонической реконструкции по профилю А-А'
Fig. 3. Results of paleotectonic reconstruction along A-A' Line



1 — тектонические элементы (1 — Хатангская ступень, 2 — Северо-Анабарский склон, 3 — Эдханский прогиб, 4 — Тигано-Анабарский вал, 5 — Хатангская впадина, 6 — Западно-Нордвикское поднятие, 7 — Бегичевская впадина, 8 — Журавлиный вал, 9 — поднятие Цветкова, 10 — Оленеко-Бегичевская ступень)
1 — tectonic elements (1 — Khatangsky flat, 2 — North Anabarsky slope, 3 — Edzhansky trough, 4 — Tiguano-Anabarsky swell, 5 — Khatangsky depression, 6 — West Nordviksky high, 7 — Begichevsky depression, 8 — Zhuravliny swell, 9 — Tsvetkova high, 10 — Oleneksky-Begichevsky flat)



Рис. 4. Результаты палеотектонической реконструкции по профилю Б–Б'
Fig. 4. Results of paleotectonic reconstruction along Б–Б' Line



1 — тектонические элементы (1 — Киряко-Тасское поднятие, 2 — Оленеко-Бегичевская ступень, 3 — Эджанский прогиб, 4 — Сопочно-Белогорский вал, 5 — Хатангская ступень)
1 — tectonic elements (1 — Kiryako-Tassky high, 2 — Oleneksky-Begichevsky flat, 3 — Edzhansky trough, 4 — Soporchno-Belogorsky swell, 5 — Khatangsky flat)

не менее между имеющимися описаниями истории развития и фактическими геолого-геофизическими данными о строении осадочного чехла часто имеются противоречия и нестыковки. Однако большинство исследователей склоняются к мнению, что формирование осадочного чехла во многом было обусловлено именно геодинамическими процессами развития региона.

Согласно геодинамическим реконструкциям, горно-складчатые сооружения Северного Таймыра сформированы в результате коллизии Сибирской платформы с плитой Карского микроконтинента [3, 4, 6, 7].

Поскольку исследуемая территория расположена в метаплатформенной зоне, зажатой между Сибирской платформой и Карским микроконтинентом, то можно однозначно утверждать, что история развития региона во многом обусловлена межплитным взаимодействием этих двух блоков земной коры.

Историю развития региона, по-видимому, следует рассматривать начиная с раннего протерозоя, поскольку фундамент осадочного чехла сложен, вероятнее всего, нижнепротерозойскими складчатыми поясами на нижнепротерозойской коре (продолжение Хапчанского блока Анабарского массива в пределах Анабаро-Хатангской седловины). В мезопротерозое территория (или, по крайней мере, ее часть) представляла собой пассивную континентальную окраину Сибирского континента. В позднем протерозое в пределах Северо-Таймырской и Центрально-Таймырской зон Горного Таймыра формируется островодужная система [6]. Аккреция с севера (в современных географических координатах) островодужных террейнов и последовавшая за этим коллизия с Сибирью происходят в раннем рифее. Вероятно, в это время были впервые сформированы Енисей-Хатангский и Анабаро-Хатангский бассейны седиментации.

С начала среднего рифея, вследствие продолжающейся трансгрессии, существовавшая в раннем рифее суша полностью скрылась под водой и на ее месте шло накопление мелководных толщ строматолитовых карбонатов. Обширная область суши сместилась к востоку. На территории Анабаро-Хатангской седловины в это время накапливались монотонные карбонатные толщ с небольшими примесями терригенного материала.

Средний – поздний рифей характеризуется развитием окраинно-континентального рифтогенеза. С этого времени начинают формироваться контрастные структурно-тектонические особенности, повлиявшие в дальнейшем на процессы осадконакопления. Согласно сейсмическим данным, в пределах Анабаро-Хатангской седловины в нижней части осадочного чехла выделяется грабенообразная структура, заполненная рифейскими и вендскими осадками. Грабен ориентирован в северо-западном направлении и выделяется преимущественно на субширотных сейсмических профилях.

Следует отметить, что по региональным данным в северной части Сибирской платформы известны рифейские авлакогены субмеридионального простираения: Котуйский и Уджинский. Уджинский авлакоген протягивается вдоль восточной границы Анабарского щита и выходит своей северной оконечностью к устью Хатангского залива. Можно предположить, что выявленная на территории Анабаро-Хатангской седловины грабенообразная рифейская структура является ответвлением или окончанием Уджинского авлакогена (рис. 5).

На севере Сибири раннепалеозойский (венд-девонский) интервал характеризуется ростом Анабарского поднятия и формированием окружающих его крупных синформ, заполненных эпиконтинентальными морями, в пределах которых накапливались преимущественно карбонатные отложения [8]. Также продолжал свое развитие глубоководный трог, образовавшийся в конце докембрия на месте передового прогиба вдоль фронта надвигов Центрально-Таймырского пояса [6].

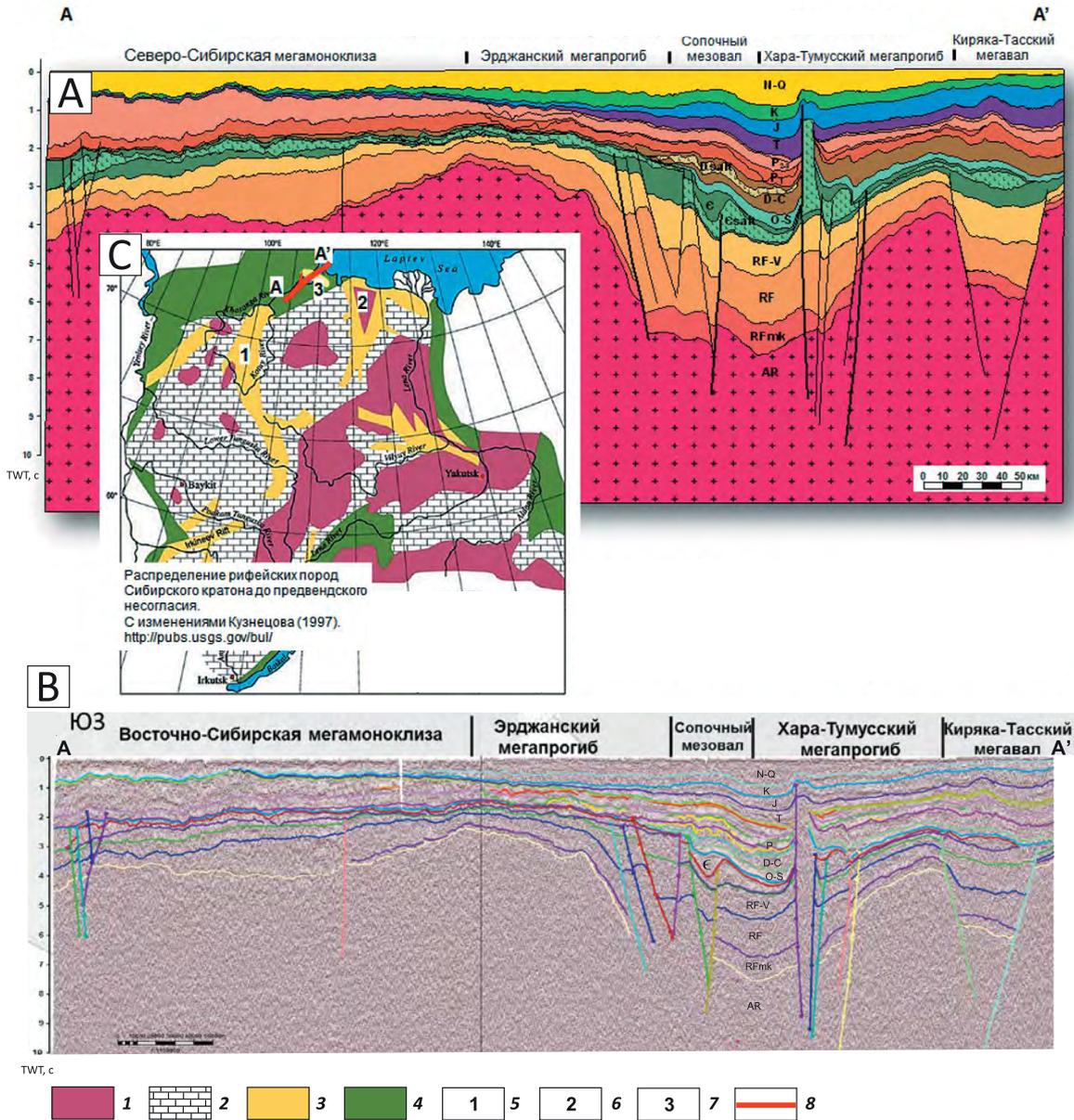
Венд-кембрийское время характеризуется трансгрессивно-регрессивным циклом развития территории. Морфология дна бассейна седиментации, существенно выположенного за счет заполнения отрицательных структур мощной толщей осадков, определялась дифференциальным уплотнением чехла. Наиболее погруженные участки территории, вероятно, были унаследованы от рифейского грабена.

Кембрийская регрессия способствовала формированию на территории Анабаро-Хатангской седловины соляной толщи, оказавшей в последующем значительное влияние на структурообразование надсолевого интервала осадочного чехла. Область развития солей связана, по всей видимости, с наиболее депрессионными участками бассейна седиментации, связанными с рифейскими грабенами. Наличие солей в отложениях кембрия определяется по несогласному залеганию кровли и подошвы интервала, а также по морфологическим признакам: в интервале толщи выделяются седиментационные тела, имеющие форму соляных подушек, и т. п. (рис. 6). В настоящее время наличие соленосного интервала в кембрийской толще не подтверждено скважинными данными. Соляные диапиры, выходящие на поверхность (например, в районе п-ова Нордвик), не дают однозначного понимания возраста осадков. По результатам анализов кепрока нордвикского соляного диапира возраст солей был установлен условно девонским [10]. Однако согласно сейсмическим материалам, основание диапира приурочено к интервалу кембрия или еще более древним отложениям (см. рис. 6).

По результатам палеотектонических реконструкций рост соляных куполов происходил стадийно (см. рис. 3). Основными стадиями роста являлись периоды тектонической активизации территории – в начале триасового времени и в послемеловой период.



Рис. 5. Геологический (А) и интерпретированный (В) сейсмические разрезы по профилю А–А' со схемой распределения рифейских пород Сибирского кратона (С) (схема по [9] с дополнениями)
Fig. 5. Geological (A) and interpreted (B) seismic sections along A–A' Line with the scheme of Riphean rock occurrence in Siberian craton (C) (scheme after [9], complemented)



1 — дорифейские кристаллические породы; 2 — рифейская платформенная секвенция; 3 — рифейские интракратонные рифты; 4 — рифейские пассивные окраины; **авлакогены** (5, 6): 5 — Котуйский, 6 — Уджинский; 7 — рифейский грабен, выявленный на территории Анабаро-Хатангской седловины; 8 — положение сейсмического профиля А–А'

1 — pre-Riphean crystalline rocks; 2 — Riphean platform sequence; 3 — Riphean intra-cratonic rifts; 4 — Riphean passive margins; **aulacogens** (5, 6): 5 — Kotuisky, 6 — Udzhinsky; 7 — Riphean graben identified in the Anabar-Khatanga saddle territory; 8 — position of A–A' seismic line

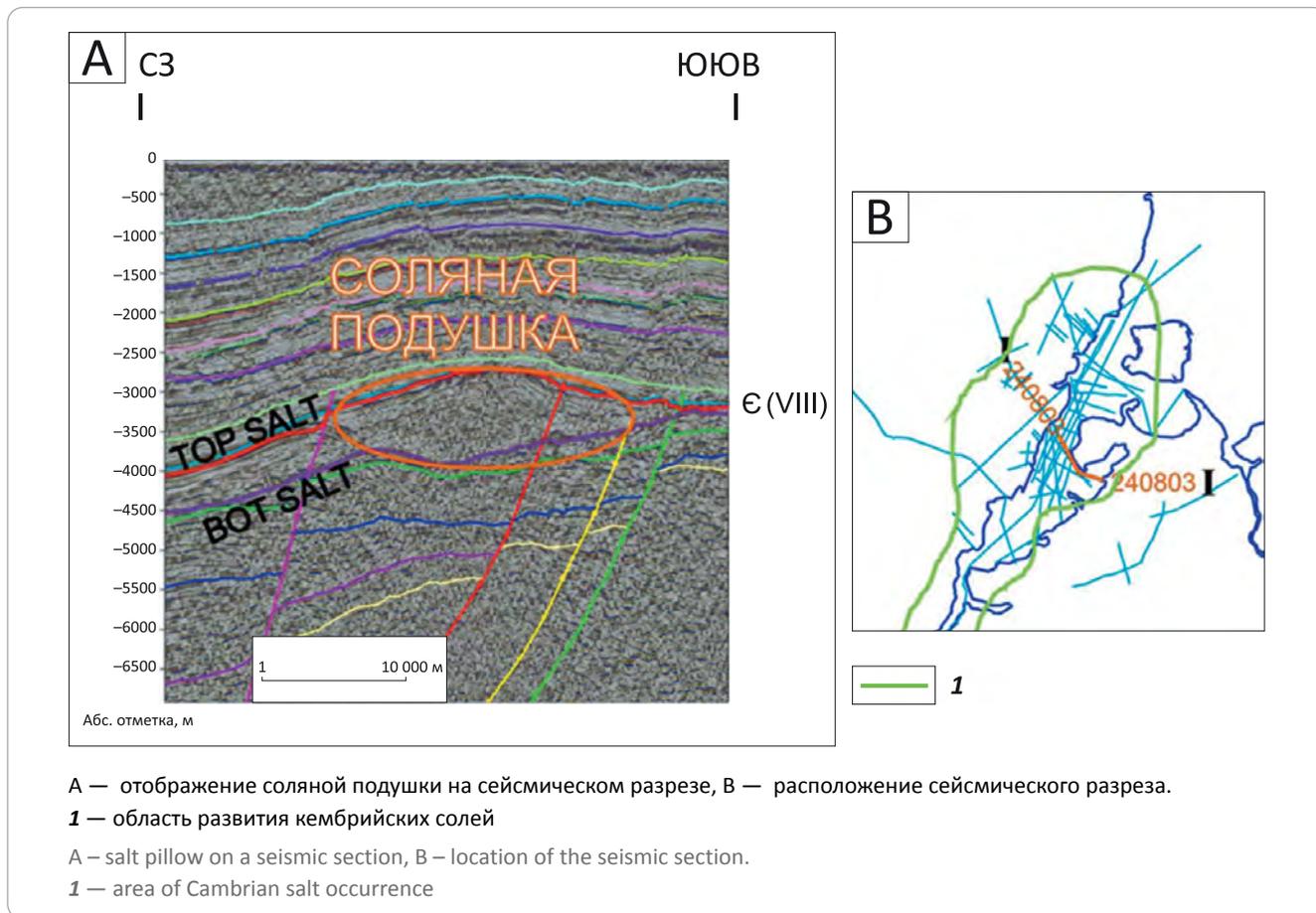
В ордовик-силурийское и затем в девонское время территория продолжала испытывать пострифтовое термальное прогибание, характеризующееся компенсированным карбонатным осадконакоплением.

Начавшаяся в позднем силуре регрессия достигла своего максимума в начале девона. Единый бассейн распался на ряд мелких морей и лагун, в которых накапливались глинисто-карбонатные и

соленосные осадки. Анабарская равнина, слившаяся в силуре с Ангарской, превратилась в гигантский материк, получивший в исторической геологии название «Ангарида».

В течение раннего девона на севере Таймыра, как и в прежние времена, существовал открытый морской бассейн, в пределах которого в застойных условиях иловой впадины аккумулировались черные углеродсодержащие доломиты, ритмично

Рис. 6. Форма седиментационного тела в кембрийском интервале, характерная для соляных подушек
Fig. 6. Shape of sedimentary body typical of salt pillows, Cambrian interval



переслаивающиеся с углеродистыми глинистыми и кремнисто-глинистыми сланцами. В пределах южной зоны находилась осолоненная лагуна, где накапливались пестроцветные седиментационные доломиты с редкими прослоями гипсов. В среднем и позднем девоне на территории Анабаро-Хатангской седловины, возможно, возобновилось формирование эвапоритовых толщ.

В карбоне происходит одно из значительных событий в геодинамической истории развития территории. Согласно результатам палеотектонического анализа, выполненного с использованием палеомагнитных данных, в карбоне начинается взаимодействие окраины Сибири с Карским микроконтинентом. Это послужило причиной формирования коллизионного орогена на севере Таймыра, которое сопровождалось гранитоидным магматизмом и региональным метаморфизмом [3, 4]. Карбонатный режим осадконакопления сменился терригенным.

В Южно-Таймырской зоне с этим этапом связано возникновение передового прогиба, выполненного мощной толщей терригенных флишеидных осадков². Некоторые исследователи предполагают,

что передовой прогиб может представлять собой новый нефтегазоперспективный бассейн предгорного (форландового) типа по рифей-палеозойским отложениям, в котором прогнозируется широкое развитие пород со значительным нефтегазогенерационным потенциалом и условий, способствующих образованию скоплений УВ³. На территориях Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины, оказавшихся в это время в обстановке субмеридионального сжатия, могли формироваться взбросы субширотного простирания или инверсионная реактивация ранее сформированных сбросов.

На протяжении большей части пермского времени продолжалось терригенное осадконакопление в спокойной тектонической обстановке (см. рис. 3, 4). Происходила пенепленизация территории. Основным источником поступления терригенного осадочного материала, по всей видимости, служили горно-складчатые сооружения Северного Таймыра.

Временной промежуток, охватывающий конец перми и начало триаса, является ключевым этапом в истории формирования осадочных бассейнов Енисей-Хатангского регионального прогиба и Ана-

²Полянский О.П. Континентальный рифтогенез и метаморфическая зональность как следствие термических процессов в литосфере : дис. ... док. геол.-минерал. наук. – Новосибирск, 2005. – С. 39.

³Мунасыпов Н.З. Геологическое строение и оценка перспектив нефтегазоносности Таймырской системы надвигов : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Екатеринбург, 2013. – С. 27.

баро-Хатангской седловины. На данном этапе, на фоне интенсивных проявлений траппового магматизма и внедрения большого количества мощных интрузий в осадочные породы, происходит образование собственно Енисей-Хатангского рифта и серии складчатых валов на территории Анабаро-Хатангской седловины.

В географическом отношении Енисей-Хатангский региональный прогиб протягивается с юго-запада на северо-восток, где ширина и глубина триасового рифта уменьшаются и прогиб, как региональный тектонический элемент, исчезает. Далее на северо-восток прогиб довольно резко переходит в Анабаро-Хатангскую седловину. Несмотря на такое тесное соседство, формирование этих крупных надпорядковых тектонических элементов происходило практически одновременно в принципиально различных условиях.

Образование Енисей-Хатангского рифта обусловлено обстановкой субмеридионального растяжения, в то время как формирование антиклиналей на территории Анабаро-Хатангской седловины — обстановкой мощного субмеридионального сжатия. В пределах приподнятых структур мезозойские отложения перекрывают палеозойские с разрывом кровли последних. Вопрос о формировании Енисей-Хатангского рифта более детально рассмотрен в работе [11].

Смена обстановки растяжения обстановкой сжатия с запада на восток объясняется вращательным движением по часовой стрелке плиты Карского микроконтинента при его взаимодействии с Сибирской платформой. Вращательные движения обусловлены геодинамической обстановкой. На западе карский блок удалялся от Сибирской платформы. Возникающая при этом обстановка растяжения обусловила формирование Енисей-Хатангской рифтовой системы⁴ [12, 13]. На востоке блок сближался с Сибирской платформой, что явилось причиной проявления обстановки сжатия. Скорость вращения Карского микроконтинента могла превышать скорость вращения Сибирской платформы, что и привело к различиям в геодинамической обстановке на западе и востоке Таймыра. При этом, в результате разгрузки сжимающих напряжений, сформировалась система высокоамплитудных взбросовых чешуй (см. рис. 4).

Формирование положительных структур на территории Анабаро-Хатангской седловины обусловлено, по всей видимости, не только глубинными нарушениями земной коры, но и влиянием соляных толщ кембрийского и, возможно, девонского возраста. Внедрение в осадочный чехол огромного объема интрузий привело к разогреву пород, термальному увеличению объема и повышению пластичности соляных толщ.

Начиная с позднего триаса и до конца юрского периода территория развивалась в спокойной геодинамической обстановке. Осадками заполнялись преимущественно отрицательные формы рельефа, происходило выравнивание территории.

В конце юры и начале мела территория Таймыра подверглась напряжениям субмеридионального сжатия, как и север Западной Сибири. Напряжения сжатия, возможно вызванные раскрытием Амерзийского (Канадского) бассейна в Арктике [2], возникли на огромной по протяженности территории.

Явных проявлений интенсивного сжатия на рубеже юры и мела на территории Анабаро-Хатангской седловины по сейсмическим данным не наблюдается. Юрские породы в большинстве случаев согласно перекрываются отложениями мела. Однако вблизи границ бассейна меловые отложения контактируют с подстилающими породами юры по несогласной границе типа подошвенного прилегания, отмечаются маломощные очень пологие и протяженные образования клиноформного типа (рис. 7). Крупные взбросовые деформации, возникшие в триасе, к концу юры либо еще не были перекрыты осадками, либо вновь испытали воздымание и эрозию. Возможно, в это время также имела место реактивация соляно-купольной тектоники.

На протяжении практически всего мелового и палеогенового времени территория Таймыра формировалась в относительно спокойной геодинамической обстановке. Происходило выравнивание рельефа, отложение и переотложение терригенного осадочного материала.

Последним наиболее значимым в истории Таймыра геодинамическим событием является обновление структурного строения осадочного чехла в палеогене, в котором можно выделить две стадии. Первая стадия характеризуется активизацией тектонических движений в обстановке субмеридионального сжатия. В конце палеогена происходит раскрытие Евразийского океана в Арктике [5], что и является причиной возобновления давления на территорию региона с севера — со стороны Карской плиты.

Вторая стадия обусловлена довольно резкой сменой климатических условий, связанных с резким падением уровня мирового океана (рис. 8).

Общее понижение уровня океана началось около 50 млн лет назад на рубеже ипрского и лютетского веков эоцена и достигло максимума в олигоцене (около 27 млн лет). За это время уровень мирового океана понизился в среднем на 180–200 м [14].

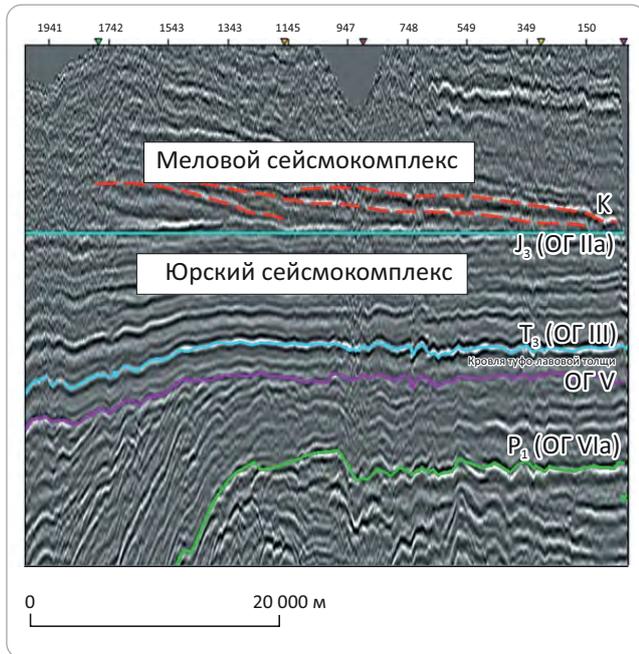
Эрозия верхней части осадочного чехла значительной толщины (см. рис. 3, 4) привела к снижению горного давления и разбалансированию давлений в куполах и мульдах соленосных толщ бассейна Анабаро-Хатангской седловины, что вызвало реактивацию роста соляных куполов и диапиров.

Заключительная палеоген-неогеновая структурная перестройка и эрозия привели к формированию современного строения осадочного чехла.

⁴ Отчет о результатах региональных сейсморазведочных работ МОВ, выполненных Портнягинской с/п № 84/80-81 на западном побережье Хатангского залива / ТГЭ ПГО «Енисейгеофизика»; А.С. Ткач, В.А. Шайдаков. — Дудинка, 1981. — 143 л.

Рис. 7. Пример несогласного залегания пород мелового возраста на юрских осадках в районе Журавлиного поднятия Анабаро-Хатангской седловины (фрагмент сейсмического профиля, выравнивание по кровле юрских пород)

Fig. 7. Example of discordant bedding of Cretaceous rocks on Jurassic sediments, area of Zhuravliny high, Anabar-Khatanga Saddle (fragment of seismic line; flattening to the Jurassic Top)



Регион Анабаро-Хатангской седловины характеризуется длительной и богатой на тектонические события историей развития. Учет истории региона в полной мере позволил оценить интенсивность разрушений уже сформированных ловушек УВ во время эпизодов тектонической активизации региона. Ловушки, деформация которых происходила после фаз интенсивного накопления УВ, могли быть разрушены. К таким объектам относятся антиклинали, рост которых приходится на заключительную палеоген-неогеновую стадию активизации. Ловушки древнего заложения, а также объекты, связанные с соленосными отложениями, могут быть не столь сильно подвержены влиянию тектонических перестроек и сохранить в себе большой объем УВ.

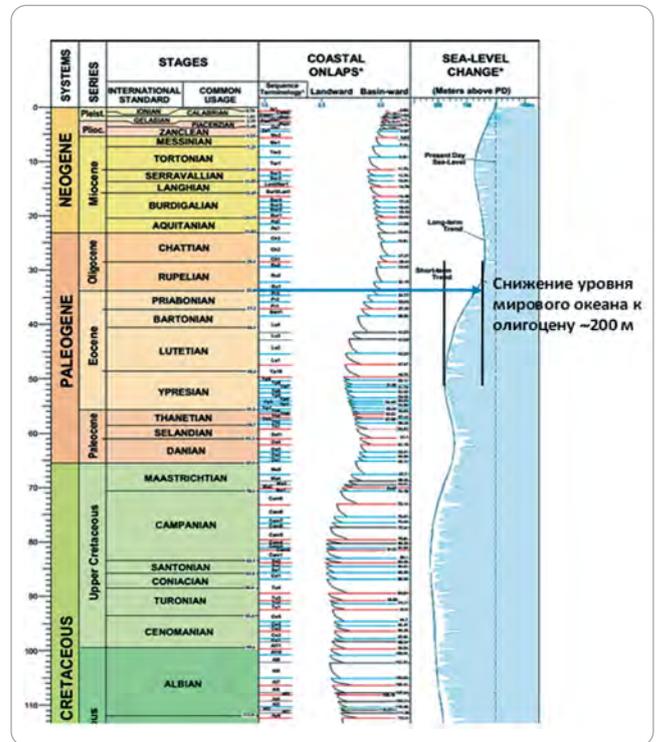
Заключение

На сегодняшний день довольно сложно дать точную оценку перспектив нефтегазоносности Анабаро-Хатангской седловины. Результаты глубокого бурения последних лет довольно неоднозначны. Неудачи при поиске залежей УВ могут быть связаны как со слабой изученностью региона, так и со сложным геологическим строением, недоучетом роли тектонических событий в истории развития.

Для минимизации возможных рисков следует иметь более полное представление о геологическом строении территории, особенно учитывая сложную и богатую на события геологическую историю развития региона исследований.

Рис. 8. Падение уровня мирового океана на глобальной эвстатической кривой (по материалам John W. Snedden and Chengjie Liu [14])

Fig. 8. Fall of Ocean level on the global eustatic diagram (according to John W. Snedden and Chengjie Liu [14])



В результате проведения палеотектонических реконструкций восстановлена история тектонического развития региона. Временной промежуток, охватывающий конец перми и начало триаса, является ключевым этапом в истории формирования осадочных бассейнов Енисей-Хатангского регионального прогиба и Анабаро-Хатангской седловины. На данном этапе, на фоне интенсивных проявлений траппового магматизма и внедрения большого количества мощных интрузий в осадочные породы, происходит образование собственно Енисей-Хатангского рифта и серии складчатых валов на территории Анабаро-Хатангской седловины. Формирование положительных структур на территории Анабаро-Хатангской седловины обусловлено, по всей видимости, не только глубинными нарушениями земной коры, но и влиянием соляных толщ кембрийского и, возможно, девонского возраста. Внедрение в осадочный чехол огромного объема интрузий привело к разогреву пород, термальному расширению и повышению пластичности соляных толщ. Последним значимым в истории Таймыра геодинамическим событием является обновление структурного строения осадочного чехла в палеогене в связи с раскрытием Евразийского океана в Арктике.

Анабаро-Хатангская седловина характеризуется достаточно сложным тектоническим строением. Фиксируются этапы роста и разрушения структур, формирование разломов и их дальнейшая реакти-

визация, а также эрозионные процессы. Перечисленные факторы оказывают сильное влияние на характер миграции и аккумуляцию УВ. Влияние особенностей соляной тектоники, траппового магматизма и в целом тектонической активности необходимо учитывать для корректной оценки данного региона на перспективность нефтегазоносности.

На основании вышеизложенного Анабаро-Хатангская седловина характеризуется длительной и сложной историей развития. Процессы тектонической активизации могли оказывать существенное и негативное влияние на сохранность уже сформированных залежей УВ. Ловушки, деформации которых происходила после фаз активной генерации УВ, могли быть разрушены. К таким объектам относятся структуры, рост которых приходится на заключительную палеоген-неогеновую стадию ак-

тивизации. Ловушки древнего заложения, а также объекты, связанные с соленосными отложениями, могут быть не столь сильно затронуты тектоническими движениями и сохранить УВ.

Таким образом, исторические реконструкции развития территории позволяют выделить основные этапы тектонической активизации региона, определить время формирования ловушек УВ, а также оценить толщины эродированных осадков. Для определения перспектив нефтегазоносности региона необходимо привлечь технологию бассейнового моделирования, что позволит смоделировать процессы генерации, миграции и аккумуляции УВ, а также спрогнозировать зоны нефтегазоаккумуляции и оценить сохранность всех выделенных структур.

Литература

1. Подарок от Роснефти. ГКЗ подтвердила запасы нового Центрально-Ольгинского месторождения на Хатанге [Электронный ресурс]. – Neftegaz.ru. – Режим доступа: <https://neftgaz.ru/news/Geological-exploration/206300-podarok-ot-rosnefti-gkz-podtverdila-zapasy-novogo-tsentralno-olginnskogo-mestorozhdeniya-na-khatange> (дата обращения: 30.01.2023).
2. Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Метелкин Д.В., Матушкин Н.Ю., Кулаков И.Ю. Проблемы тектоники и тектонической эволюции Арктики // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1083–1107.
3. Верниковский В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1996. – 202 с.
4. Верниковский В.А., Неймарк Л.А., Пономарчук В.А. и др. Геохимия и возраст коллизионных гранитоидов и метаморфитов Карского микроконтинента (Северный Таймыр) // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 12. – С. 50–64.
5. Хаин В.Е., Филатова И.Н., Полякова И.Д. Тектоника, геодинамика и перспективы нефтегазоносности восточно-арктических морей и их континентального обрамления // Труды Геологического института. – 2009. – Вып. 601. – 227 с.
6. Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мезозоя: палеомагнитная запись и реконструкции // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 7. – С. 883–899.
7. Подурушин В.Ф. Тектоника и особенности нефтегазоносности Геофизического мезовала (север Западной Сибири) // Вести газовой науки. – 2014. – Т. 19. – № 3. – С. 82–88.
8. Богданов Н.А., Хаин В.Е., Шпилов Э.В., Розен О.М. и др. Тектоническая карта морей Карского и Лаптевых и севера Сибири (масштаб 1:2 500 000): объяснительная записка // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты : мат-лы XXXI тектонического совещания (Москва, 1 января – 31 декабря, 1998 г.). – М. : ГЕОС, 1998. – Т. 1. – С. 58–60.
9. Калинин М.К. Геология и нефтеносность полуострова Нордвик (Юрюнг-Тумус). – Л., М. : Главсевморпуть, 1953. – 167 с.
10. Kuznetsov V.G. Riphean hydrocarbon reservoirs of the Yurubchen-Tokhom zone, Lena-Tunguska province // Journal of Petroleum Geology. – Т. 20. – № 4. – 1997. – С. 459–474.
11. Шуваев А.О., Мухихин К.В., Сабирьянова Р.Р. и др. Влияние особенностей тектонического развития Енисей-Хатангского регионального прогиба на эволюцию углеводородных систем // Электронная библиотека OnePetro, SPE-196942-MS. – 2019.
12. Баженов М.Л., Моссаковский А.А. Горизонтальные перемещения Сибирской платформы в триасе, по палеомагнитным и геологическим данным // Геотектоника. – 1986. – № 1. – С. 59–69.
13. Роль сдвиговой тектоники в структуре литосфер Земли и планет земной группы / Ред. П.С. Воронов. – СПб. : Наука, 1997. – С. 591.
14. John W. Snedden and Chengjie Liu. A Compilation of Phanerozoic Sea-Level Change, Coastal Onlaps and Recommended Sequence Designations // AAPG Bulletin № 40594. – 2010. – С. 43.

References

1. Podarok ot Rosnefti. GKZ podtverdila zapasy novogo Tsentral'no-Ol'ginnskogo mestorozhdeniya na Khatange [Rosneft's gift. State Reserves Committee confirmed the reserves of the new Central-Olginskoye field at Khatanga]. Neftegaz.ru. Available at: <https://neftgaz.ru/news/Geological-exploration/206300-podarok-ot-rosnefti-gkz-podtverdila-zapasy-novogo-tsentralno-olginnskogo-mestorozhdeniya-na-khatange> (accessed 30.01.2023). In Russ.
2. Vernikovskiy V.A., Dobretsov N.L., Metelkin D.V., Matushkin N.Yu., Kulakov I.Yu. Issues of the Arctic tectonics and tectonic evolution. *Russian geology and geophysics*. 2013;54(8):1083–1107. In Russ.
3. Vernikovskiy V.A. Geodynamic evolution of Taimyr folded area. Novosibirsk: SB RAS; 1996. 202 p. In Russ.
4. Vernikovskiy V.A., Neimark L.A., Ponomarchuk V.A. et al. Geochemistry and the age of collisional granitoids and metamorphites located in Kara microcontinent [Russian Geology and Geophysics]. 1995;36(12):50–64. In Russ.
5. Khain V.E., Filatova I.N., Polyakova I.D. Tectonics, geodynamics and oil and gas potential of the East Arctic seas and their continental framing. In: Trudy geologicheskogo instituta. 2009;(601):227 p. In Russ.
6. Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Kazansky A.Yu. Tectonic evolution of the Siberian paleocontinent from the Neoproterozoic to the Late Mesozoic: Paleomagnetic record and reconstructions. *Russian geology and geophysics*. 2012;53(7):675–688. In Russ.

7. Podurushin V.F. Tectonics of the geophysical mezoval (north of the Western Siberia). *Vesti gazovoy nauki*. 2014;19(3):82–88. In Russ.
8. Bogdanov N.A., Khain V.Y., Shipilov E.V., Rosen O.M. et al. Tektonicheskaya karta morei Karskogo i Laptevskikh i severa Sibiri (mashtab 1:2 500 000): ob'yasnitel'naya zapiska [Explanatory notes for the Tectonic Map of the Kara and Laptev Seas and Northern Siberia (Scale: 1:2 500 000)]. In: Tektonika i geodinamika: obshchie i regional'nye aspekty : mat-ly XXXI tektonicheskogo soveshchaniya (Moscow, 1 January – 31 December, 1998). Moscow: Institute of Lithosphere of Marginal Seas RAS; 1998. pp. 58–60. In Russ.
9. Kalinko M.K. Geologiya i neftenosnost' poluostrova Nordvik (Yuryung-Tumus) [Geology and oil content of the Nordvik Peninsula (Yuryung-Tumus)]. Leningrad, Moscow : Izdatel'stvo Glavsevmorput'; 1953. 167 p. In Russ.
10. Kuznetsov V.G. Riphean hydrocarbon reservoirs of the Yurubchen-Tokhom zone, Lena-Tunguska province. *Journal of Petroleum Geology*, 1997;20(4):459–474. In Russ.
11. Shuvaev A.O., Musikhin K.V., Sabiryanova R.R. Vliyanie osobennostei tektonicheskogo razvitiya Enisei-Khatangskogo regional'nogo progiba na evolyutsiyu uglevodorodnykh sistem [Tectonic Development of Yenisei-Khatanga Regional Trough and its Influence on Petroleum Systems Evolution]. *OnePetro*, 2019. In Russ.
12. Bazhenov M.L., Mossakovsky A.A. Gorizontallye peremeshcheniya Sibirskoi platformy v triase, po paleomagnetnym i geologicheskim dannym [Horizontal movements of the Siberian Platform in the Triassic: paleomagnetic and geological evidence]. *Geotektonika*, 1986;(1): 59–69. In Russ.
13. Rol' sdvigovoi tektoniki v strukture litosfer Zemli i planet zemnoi gruppy [The role of a strike-slip-fault tectonics in the structure of the Earth's lithospheres and terrestrial planets]. Ed. P.S. Voronov. St. Petersburg: Nauka; 1997. 591 p. In Russ.
14. John W. Snedden and Chengjie Liu. A Compilation of Phanerozoic Sea-Level Change, Coastal Onlaps and Recommended Sequence Designations. *AAPG Bulletin* № 40594, 2010. 43 p. In Russ.

Информация об авторах

Сабирьянова Регина Рафаилевна

Геолог 1-й категории

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,

109028 Москва, Покровский б-р, д. 3, стр. 1

e-mail: Regina.Sabiryanova@lukoil.com

ORCID ID: 0009-0007-7807-1166

Шуваев Артем Олегович

Кандидат геолого-минералогических наук,
начальник отдела

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,

109028 Москва, Покровский б-р, д. 3, стр. 1

e-mail: Artem.Shuvaev@lukoil.com

ORCID ID: 0009-0008-4522-0206

Богданов Олег Александрович

Кандидат геолого-минералогических наук,
заместитель начальника

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

142717 Московская область, г.о. Ленинский, пос. Развилка,
ул. Газовиков, зд. 15, стр. 1

e-mail: O_Bogdanov@vniigaz.gazprom.ru

ORCID 0000-0001-8471-4665

SPIN-код: 1622-9958

Information about authors

Regina R. Sabir'yanova

1st Category Geologist

LLC «LUKOIL-Engineering»,

3/1 Pokrovsky Blvd, Moscow, 109028, Russia

e-mail: Regina.Sabiryanova@lukoil.com

ORCID ID: 0009-0007-7807-1166

Artem O. Shuvaev

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Head of Department

LLC «LUKOIL-Engineering»,

3/1 Pokrovsky Blvd, Moscow, 109028, Russia

e-mail: Artem.Shuvaev@lukoil.com

ORCID ID: 0009-0008-4522-0206

Oleg A. Bogdanov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Deputy Head

LLC "Gazprom VNIIGAZ",

15 str. 1, ul. Gazovikov, Moskovskaya oblast', g.o. Leninskii,
p. Razvilka, 142717, Russia

e-mail: O_Bogdanov@vniigaz.gazprom.ru

ORCID 0000-0001-8471-4665

SPIN-код: 1622-9958