

УДК 553.98

ТЕКТОНИКА СЕВЕРНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

© 2018 г. | А.П. Афанасенков, А.Н. Обухов, А.А. Чикишев, В.А. Шайдаков, А.В. Бордюг, С.Л. Каламкаргов

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт», Москва, Россия; afanasenkov@vnigni.ru; obukhov@vnigni.ru; chikishev@vnigni.ru; shaydakov@vnigni.ru; avbordiug@gmail.com; kalamkarov@vnigni.ru

TECTONIC SETTING OF THE NORTHERN SURROUNDINGS OF THE SIBERIAN PLATFORM BASED ON THE INTEGRATED STUDY OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA

© 2018 | A.P. Afanasenkov, A.N. Obukhov, A.A. Chikishev, V.A. Shaydakov, A.V. Bordyug, S.L. Kalamkarov

FGBU "All-Russian Research Geological Oil Institute", Moscow, Russia; afanasenkov@vnigni.ru; obukhov@vnigni.ru; chikishev@vnigni.ru; shaydakov@vnigni.ru; avbordiug@gmail.com; kalamkarov@vnigni.ru

Поступила 01.12.2017 г.

Принята к печати 25.12.2017 г.

Ключевые слова: *Енисей-Хатангский региональный прогиб; Лено-Анабарский прогиб; тектонические модели; рифт; структурно-формационные комплексы; структурно-тектонические карты; нефтегазоносные области.*

Представлены результаты тектонической интерпретации материалов регионального изучения северного обрамления Сибирской платформы (Енисей-Хатангский региональный прогиб и Лено-Анабарский прогиб, включая Анабаро-Хатангскую седловину), основанной на совместном анализе сейсморазведок 2000–2016 гг. и данных прошлого века. Построены структурно-тектонические карты Енисей-Хатангского региона по платформенному пострифтовому (последнижнетриасовому) и палеозойскому (досреднетриасовому) комплексам, имеющим принципиально разные площади распространения, формационно-литологические составы, типы тектонических деформаций. Карты основаны на новой рифтовой тектонической модели, обоснованной комплексным анализом сейсмогеологической информации, данных потенциальных полей и глубинного сейсмического зондирования.

Received 01.12.2017

Accepted for publication 25.12.2017

Key words: *Yenisei-Khatanga regional trough; Lena-Anabar trough; tectonic models; rift; stratigraphic sequences; structural and tectonic maps; oil and gas bearing areas.*

Integrated analysis of geological and geophysical results of the investigations carried out recently in the northern neighbourhood of the Siberian Platform (Yenisei-Khatanga regional trough, Anabar-Khatanga saddle, and Lena-Anabar trough) together with the previous studies, made it possible to make a more comprehensive and substantiated update of tectonic framework of the study area. The improved composite geological section of the north-western part of North-Asian Carton is presented with delineation of structural levels, stratigraphic sequences, and correlation of main reflecting horizons. Scale of tectonic events, deposodes and breaks is created, where five main structural levels are identified (pre-Riphean metamorphic basement, Riphean-Palaeozoic transition basement (of ancient platform); Upper Permian - Lower Triassic rift basement; Middle Triassic - Upper Cretaceous platform basement (of young platform); Paleogene-Quaternary (Alpine) for the Gydan-Yenisei-Khatanga, Anabar-Khatanga, Lena-Anabar zones and Khatanga-Lena delta. According to CDP seismic data, the results of magnetic and gravity surveys, Magnetotelluric Sounding, and Deep Seismic Sounding, the rift model of the Yenisei-Khatanga regional trough evolution is substantiated. Structural and tectonic elements within the Palaeozoic (pre-Middle Triassic) and post-rift (post-Lower Triassic) sequences are identified and/or updated. Tracking of the limits of the promising Neocomian clinof orm complex was for the first time carried out within the Yenisei-Khatanga regional trough eastward to the Anabar-Khatanga saddle. The proposals about licensing and on the program of the further exploration are presented.

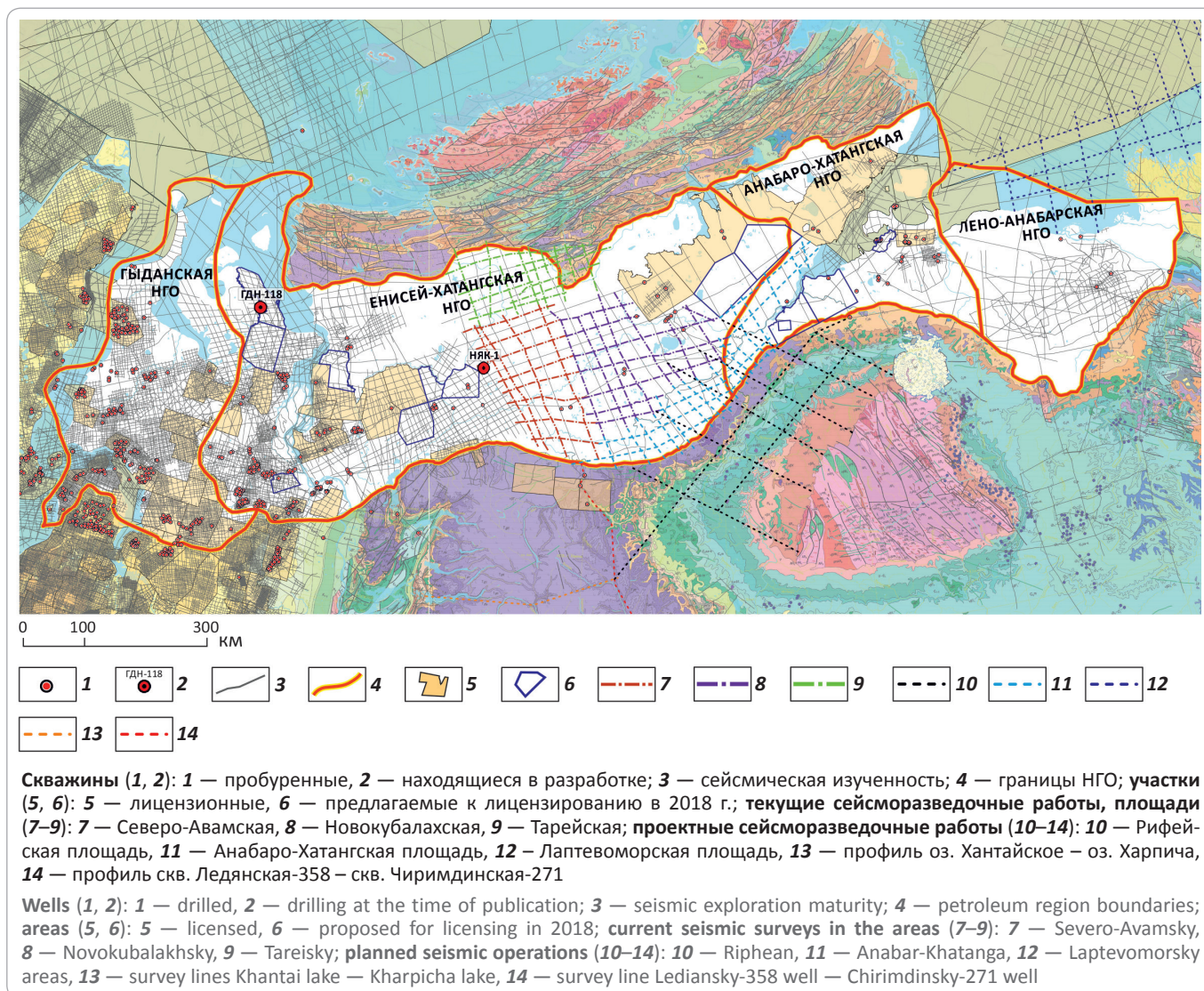
В тектоническом отношении северное обрамление Сибирской платформы включает складчатую систему Таймыра, Енисей-Хатангский и Лено-Анабарский региональные прогибы. Две последние геоструктуры разделены Анабаро-Хатангской сед-

ловиной. Геология этого региона изучалась такими крупными российскими геологами, как А.Ф. Миддендорф, Н.М. Урванцев, И.С. Грамберг и др. Основа современного структурно-тектонического районирования была заложена в 1960–1980-х гг. и представ-

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 1. Схема современной геолого-геофизической изученности северного обрамления Сибирской платформы и планируемые геолого-разведочные работы

Fig. 1. Map of geological and geophysical exploration maturity of the Siberian Platform northern neighbourhood and planned exploration



лена на картах Ю.Е. Погребницкого [14], Д.Б. Тальвирского [18]. Необходимо также отметить обобщения геолого-разведочных работ, проведенных Д.С. Соколовым, Г.Н. Карцевой, З.З. Ронкиной, Н.Е. Котт, Л.Л. Кузнецовым, В.И. Казаисом, Д.А. Вольновым, Д.Б. Лазуркиным, А.П. Афанасенковым, А.Э. Конторовичем, В.С. Старосельцевым, В.А. Конторовичем и многими другими исследователями. Этот этап суммирован на Тектонической карте нефтегазоносных провинций Сибирской платформы [16].

Новый этап регионального изучения начался в 2000-х гг., когда были проведены современные сейсморазведочные работы МОГТ общим объемом более 35 тыс. км (рис. 1).

В статье рассмотрены результаты проведенных региональных геолого-геофизических работ, пред-

ставлена единая структурно-тектоническая основа северного обрамления Сибирской платформы, уточнены геологические модели осадочного чехла, расширены объемы перспективных нефтегазоносных комплексов и выявлены новые перспективные объекты для оперативного планирования дальнейших геолого-разведочных работ на нефть и газ.

В последние годы крупный вклад в геологическое изучение и интерпретацию данных внесли работы научных и производственных коллективов: СНИИГТиМСа (В.С. Старосельцев, А.С. Ефимов), ИНГТ СО РАН (А.Э. Конторович, В.А. Конторович), ООО НПЦ «Геостра» (В.А. Балдин), ПАО «Сибнефтегеофизика» (С.Н. Варламов), АО «Таймырнефтегеофизика» (В.А. Казаис, Д.Г. Кушнир), АО «Южморгеология» (В.И. Савченко), МГУ имени М.В. Ломоносова (А.М. Ни-

кишин, А.В. Ступакова, С.В. Фролов), ГПКК «КНИИ-ГиМС» (Л.Л. Кузнецов, А.П. Романов), ФГБУ «ВСЕГЕИ» (А.И. Ларичев), ФГБУ «ВНИГНИ» (А.П. Афанасенков).

Геолого-разведочные работы, проведенные в последнее время, позволили получить дополнительную информацию по геологическому строению и истории развития региона. Следует отметить, что характер построений первых исследователей принципиально не изменился. Однако полученные новые данные требуют внесения уточнений в структурно-тектоническое районирование по различным комплексам.

Для тектонических построений по региону фундаментальное значение имеют принципы, сформулированные Ю.Е. Погребницким, главным из которых является выделение в разрезе крупных структурно-формационных комплексов, разделенных пенеппелами (поверхностями крупных несогласий, размывов и тектонических перестроек) [14]. Эти несогласия явились базой для структурной интерпретации сейсмических данных (выделения основных отражающих горизонтов) и структурных этажей, которые представлены на сводном геологическом разрезе (рис. 2) и шкале тектонических и седиментационных событий, перерывов и структурно-формационных комплексов (рис. 3).

Структурный этаж — это комплекс крупных геолого-структурных подразделений, связанных между собой единством тектонического развития и деформаций и сформировавшихся в течение одного и того же крупного тектонического цикла. Структурно-формационный комплекс — это формационный ряд или ассоциация осадочных и вулканогенных пород, характеризующих определенную структуру или структурно-формационную зону [7].

На шкале тектонических и седиментационных событий представлены главные тектоноседиментационные зоны (с запада на восток), а также их относительное распространение внутри области исследований. Данные получены при построении новых структурных карт и сейсмогеологических разрезов.

Шкала тектонических и седиментационных событий включает пять структурных этажей (см. рис. 2, 3):

- метаморфический фундамент (AR-PR);
- рифей-палеозойский переходный (древней платформы);
- верхнепермско-нижнетриасовый рифтовый;
- среднетриас-верхнемеловой платформенный (молодой платформы);
- палеоген-четвертичный (альпийской активизации).

Осадочный чехол региона в целом представлен следующими структурно-формационными комплексами: *пассивно-окраинным шельфовым верхнепротерозой-*

нижнекаменноугольным терригенно-карбонатным, дельтовым угленосным среднекаменноугольно-пермским и платформенным терригенным (плитным, пострифтовым) среднетриас-юрско-меловым.

Эти комплексы разделены вулканогенным верхнепермско-нижнетриасовым *рифтовым* комплексом, вклад которого в осадочный чехол относительно незначителен, но влияние на строение и историю развития весьма существенно. Кайнозойский комплекс *альпийской активизации* слабо представлен дельтовыми, аллювиальными, эстуарными, терригенными осадками, однако большинство крупных структур региона имеет максимум развития и размывов именно в это время.

Фундамент — жесткое основание платформы или осадочного бассейна, сложенное деформированными осадочными, метаморфическими и магматическими породами и консолидированное в эпоху, предшествующую началу накопления осадочного чехла. При геофизических исследованиях тип и возраст коры не столь важны, как его жесткость и четкая выраженность кровли (консолидированный, акустический фундамент). Граница фундамент — чехол может изменяться во времени [7]. Для изучения строения северо-западной части Сибирской платформы использовались результаты сейсмогравимагнитного моделирования, выполненного в последние годы в АО «Таймыргеофизика» [3, 10, 13], подтвердившие высокую эффективность при выделении на северо-западе Сибирской платформы Северо-Путоранского, Дудинского и других валов, закартированных позднее сейсморазведкой МОГТ. В ООО «Геостра» выполнено структурно-тектоническое районирование фундамента на северо-западе Сибирской платформы с учетом данных сейсмогравимагнитного моделирования [4]. Наиболее уверенно отражающая граница (ОГ) Ф (или Хв), отождествляемая с кровлей эрозионной поверхности архей-нижнепротерозойских образований (AR+PR₁?), прослеживается в прибортовых зонах Сибирской платформы, Енисей-Хатангского регионального прогиба, а в пределах Анабаро-Хатангской седловины фундамент приподнят до 10–12 км.

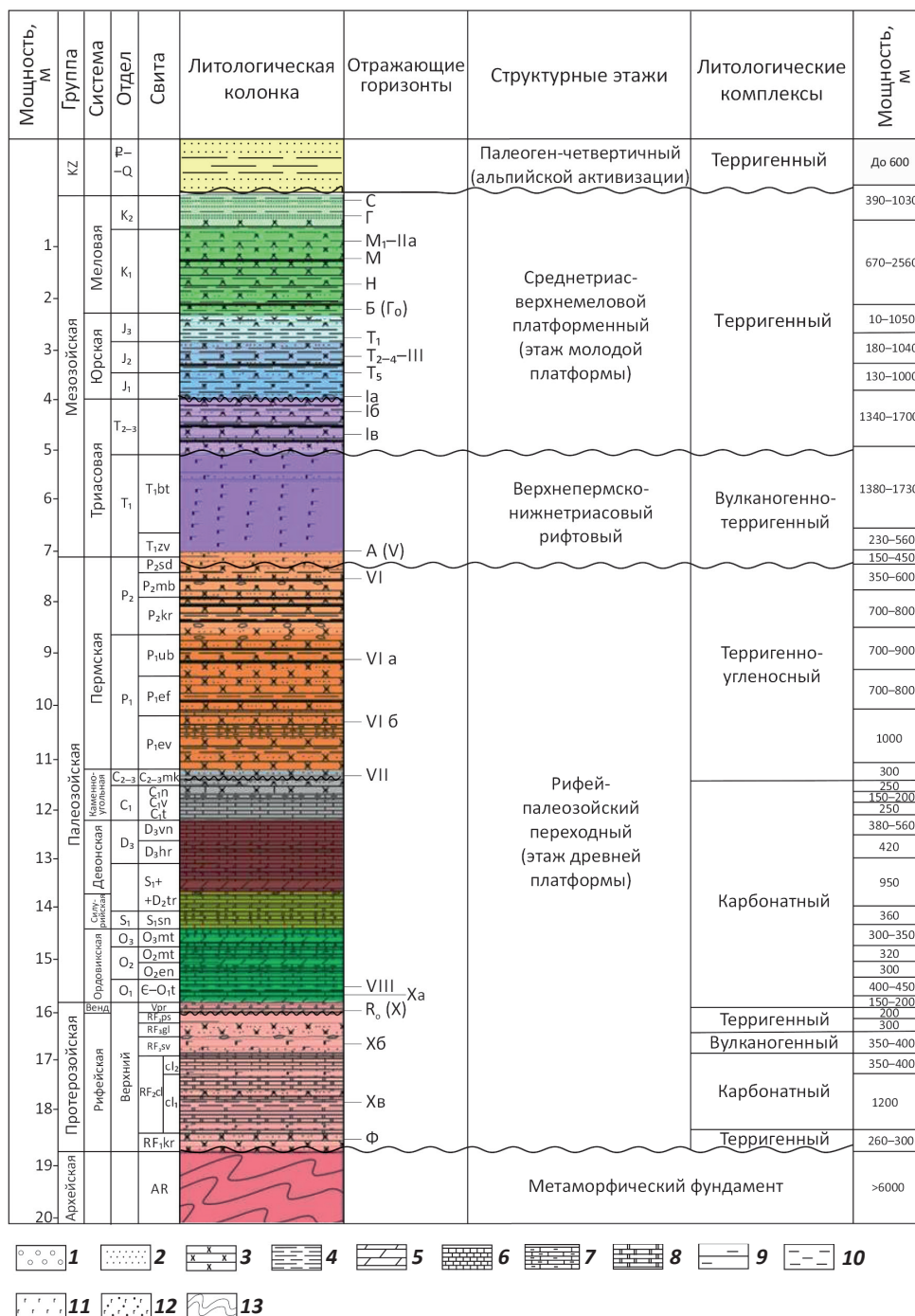
Структурно-формационные комплексы осадочного чехла северного обрамления Сибирской платформы

Осадочный чехол ограничен снизу поверхностью складчатого основания (ОГ Ф — фундамента), а стратиграфический диапазон осадочного слоя — от верхнего протерозоя до современных осадков. В разрезе осадочного чехла, в пределах территории исследования, выделяются следующие структурно-формационные комплексы.

Верхнепротерозойский (рифей-вендский) карбонатно-терригенный (доломитовый) комплекс. Результаты

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

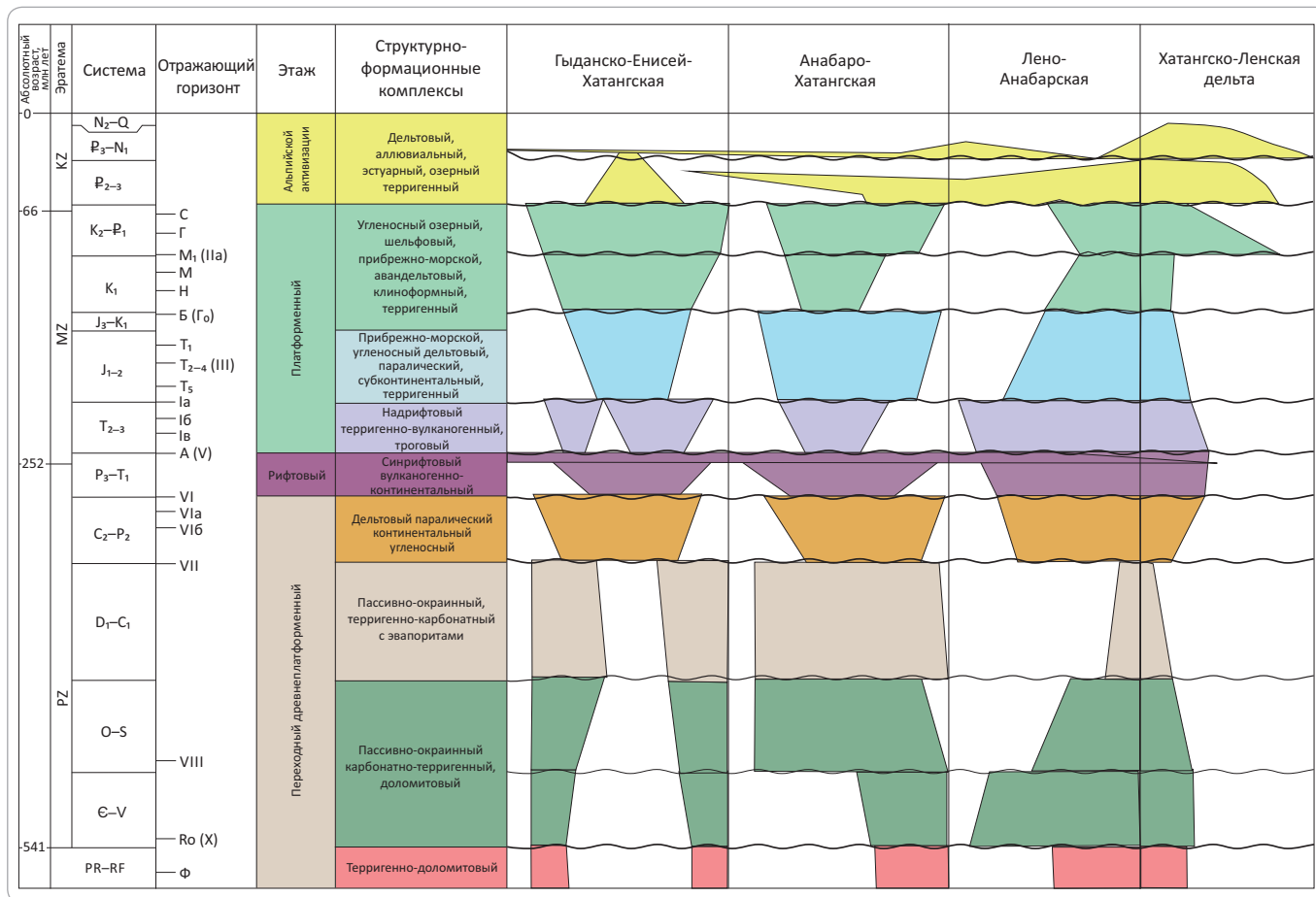
Рис. 2. Сводный геологический разрез северо-запада Северо-Азиатского кратона (составил А.П. Афанасенков (1986) с использованием данных Г.Н. Карцевой, А.П. Салманова, А.В. Мартынова, В.В. Беззубцева, О.П. Кривошеева) с дополнениями
Fig. 2. Composite geological cross-section of the north-western part of the North-Asian craton (prepared by A.P. Afanasenkov (1986) created with the use of data from G.N. Kartseva, A.P. Salmanov, A.V. Martynov, V.V. Bezzubtsev, O.P. Krivosheev), complemented



1 — брекчи, конгломераты, галька; 2 — пески, песчаники; 3 — алевриты, алевролиты; 4 — глины, аргиллиты, филлиты, сланцы; 5 — мергели; 6 — известняки, мраморы; 7 — глинистые известняки; 8 — доломиты; 9 — угли; 10 — кремнистые конкреции; 11 — долериты, габбро-долериты, базальты; 12 — туфы, туфобрекчи, туфопесчаники; 13 — метаморфические породы фундамента

1 — breccia, conglomerate, pebble; 2 — sand, sandstone; 3 — silt, siltstone; 4 — clay, claystone, phyllite, shale; 5 — marl; 6 — limestone, marble; 7 — argillaceous limestone; 8 — dolomite; 9 — coal; 10 — chert nodules; 11 — dolerite, gabbro-dolerite, basalt; 12 — tuff, tuff breccia, tuff sandstone; 13 — metamorphic and crystalline basement rocks

Рис. 3. Шкала тектонических и седиментационных событий, перерывов и структурно-формационных комплексов
Fig. 3. Scale of tectonic events and deposodes, breaks and stratigraphic sequences



проведенных сейсмических исследований в пределах северо-западной части Сибирской платформы показали, что комплекс имеет переходное строение. По сейсмическому рисунку его волновое поле разделено на нижний динамически выраженный подкомплекс (ОГ Хв–Хб), сопоставляемый со средним рифеем, и верхний неярко выраженный подкомплекс (ОГ Хб–Ха), характеризующий верхний рифей. Между двумя подкомплексами наблюдается угловое несогласие. Данный комплекс в целом сложен преимущественно карбонатными и терригенно-карбонатными, иногда терригенно-вулканогенными слабометаморфизованными породами, смятыми, относительно пологими, но высокоамплитудными складками платформенного типа. Глубина залегания средне-рифейских отложений в северо-западной, наиболее погруженной части площади составляет 19,5–20 км, а глубина залегания верхнерифейских отложений — 17–18 км в районе современного Агапского мегапрогиба. Мощность среднерифейских отложений на Таймыре ориентировочно составляет 3,5–4 км, постепенно уменьшаясь (вследствие эрозии) на разных бортах Енисей-Хатангского регионального прогиба

до 1,5–0,5 км, а мощность верхнерифейских отложений — 3,5–4 и 1,5–0,5 км соответственно.

Нижне-среднепалеозойский пассивно-окраинный карбонатно-терригенный комплекс сложен преимущественно карбонатными отложениями и ограничен в подошве эрозионной поверхностью докембрийских отложений (ОГ Ха), а в кровле — досреднекаменноугольной эрозионной поверхностью (ОГ VI). Кембрийские (венд-кембрийские?) отложения, составляющие базальную толщу, с угловым несогласием и стратиграфическим перерывом залегают на складчатом протерозойском фундаменте и эродированных верхнепротерозойских (рифей-вендских?) отложениях в грабенообразных прогибах. Внутреннее строение охарактеризовано отражающей границей VIII, которая делит его на два седиментационных сейсмических комплекса: нижнепалеозойский (кембрий – ордовик) и среднепалеозойский (силур – ранний карбон). По результатам ранее проведенных исследований на Сибирской платформе и Горном Таймыре было установлено повсеместное предъюрское эрозионное срезание ниже- и среднепалеозойских отложений [2, 4].

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Среднекаменноугольный – нижнепермский терригенно-угленосный комплекс представлен исключительно терригенными породами и отличается высокой угленосностью. Он ограничен опорными ОГ VI–VIa (на бортах – А(V), причем нижнее опорное отражение представлено динамически выраженным и устойчивым высокоинтенсивным двухфазным импульсом. По всей вероятности, этот отражающий горизонт приурочен к резкому изменению акустических свойств и характеризует подошву терригенных отложений вышележащего комплекса, несогласно перекрывающего эродированную поверхность карбонатов среднего – верхнего карбона. Это четко прослеживается даже на космических снимках за счет смены светло-серых ландшафтов на темные буроватые площади этого аналога тунгусской серии. Глубина залегания кровли средне-верхнекаменноугольного комплекса составляет 16–16,5 км, резко уменьшаясь на бортах.

Верхнепермско-нижнетриасовый рифтовый комплекс представлен вулканогенно-трапповыми толщами, образованными в результате рифтинга, расколовшего окраину Сибирской платформы. Терригенные прослои в этом комплексе часто представлены континентальными угленосными отложениями. Мощность комплекса в прибортовых зонах составляет не менее 2 км, увеличиваясь в осевых частях рифтов до нескольких километров, а в Агапском мегапрогибе, возможно, превышает 10 км.

Мезозойские бассейны северной окраины Сибирской платформы имеют резко отличный от палеозойских комплексов структурный план и в целом разделяются на три крупных элемента – Енисей-Хатангский региональный прогиб, Анабаро-Хатангскую седловину и Анабаро-Ленский прогиб. Формационный состав осадочного мезо-кайнозойского чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба представлен тремя терригенными комплексами.

Триасовый надрифтовый терригенный комплекс (ОГ А (V)–Ia (III)) выделен по сейсмофациям заполнения с особенностями, характерными для быстрого отложения осадков в депрессионных зонах при активных тектоническом и гидродинамическом режимах. В переходных зонах выделены бугристые и линзовидные сейсмофации, а на относительно спокойных участках в центральной части прогиба – попеременно-амплитудные субпараллельно-слоистые. На основе данных сейсморазведки, увязанных с ограниченными данными бурения на Рассохинском и Малохетском мегавалах, а также в пределах Южно-Таймырской моноклизы, прогнозируется, что комплекс сложен преимущественно терригенными отложениями среднего – верхнего триаса (тампейская серия). Прослеживание кровли триасовых отложений по материалам сейсморазведки (ОГ Ia (III)), увязанных с

ограниченными данными бурения на Рассохинском мегавалу и Южно-Таймырской моноклизе, позволяет выделить на севере Западно-Сибирского седиментационного бассейна два типа залегания пород на границе юры – триаса: относительно согласное залегание в пределах наиболее погруженных депрессионных зон и кровельное несогласие типа эрозионного среза триасовых отложений в прибортовых частях рассматриваемого бассейна. На территории исследования наличие интенсивного эрозионного среза в кровле триасовых отложений фиксируется отдельными полосами вдоль мегавалов Мессояхского, Танамо-Малохетского, Рассохинского, Балахинского (Обско-Лаптевская гряда, по В.А. Балдину), а также на бортах бассейна (Южно-Таймырская и Северо-Сибирская моноклизы). В целом ОГ Ia (III) характеризует строение эрозионной поверхности доюрского основания и выделен повсеместно. Современный структурный план кровли комплекса представляет собой обширную депрессию, совпадающую в плане с современными границами прогиба. Площадь терригенных отложений триаса заметно меньше – по бортам наблюдаются зоны отсутствия всех триасовых отложений. Наибольшая глубина залегания кровли терригенных отложений триаса достигает 10 км в районе Агапского мегапрогиба, а максимальная мощность комплекса в пределах погруженных зон, возможно, превышает 2 км.

Юрско-меловой терригенный комплекс по особенностям осадконакопления разделяется на два крупных седиментационных комплекса: юрский и меловой.

Юрский угленосный паралический комплекс (ОГ Ia (III) – Б (Go)) песчано-глинистых терригенных отложений преимущественно морского седиментогенеза (с присутствием дельтовых континентальных формаций) имеет широкое площадное развитие. Эта толща с размывом и угловым несогласием подстилает нижележащие разновозрастные вулканогенные и осадочные породы доюрского основания. Для юрского комплекса в целом характерно субгоризонтальное пологоволнистое залегание сейсмических границ с параллельно-слоистой записью с общим погружением к центру бассейна. Отражающие границы имеют переменную интенсивность, связанную с многочисленными локальными внутриформационными выклиниваниями и литологическими замещениями. По характеру волновой картины в юрском интервале разреза выделены нижнеюрский, среднеюрский и верхнеюрский сейсмокомплексы. Мощность юрских отложений в депрессионных зонах составляет 3,8–4,2 км, увеличиваясь в районе Агапского (до 7 км) и Боганидо-Жданихинского (до 6 км) мегапрогибов. Толща юрских отложений последовательно, снизу-вверх по разрезу, выклинивается в прибортовых зонах Таймырской и Северо-Сибирской моноклиз на

глубине около 1,0–0,5 км и менее, а также частично размыта и/или выклинивается на Мессояхском, Малохетском, Рассохинском и Балахнинском мегавалах.

В меловом прибрежно-морском клиноформном комплексе (ОГ Б(Го) – С или Г) по особенностям волнового поля в интервале разреза выделяется несколько сейсмокомплексов, из которых в первую очередь обращает на себя внимание неокомский клиноформный (ОГ Б – М), имеющий важнейшее значение в Енисей-Хатангском региональном прогибе. По новым сейсмическим данным удалось проследить его распространение вплоть до Балахнинского мегавала. На северном борту последнего клиноформы меняют свое падение на южное. Максимальные мощности мелового комплекса в пределах Енисей-Хатангского регионального прогиба достигают 4,2 км в Агапском и Боганидо-Жданихинском мегапрогибах. К востоку исследуемой территории отмечаются подъем юрско-мелового этажа и срезание его верхних частей. Неокомский и предчетвертичный размыты наиболее проявлены в сводовых частях приразломных мегавалов всей центральной системы мегавалов (Обско-Лаптевской гряды). На Тундровой площади Рассохинского мегавала меловые отложения полностью эродированы, сильно размыты они и на Балахнинском валу. Плавное сокращение мощности меловых отложений происходит к обрамлению Енисей-Хатангского регионального прогиба. На севере Сибирской платформы на прибортовой моноклинали меловые толщи выклиниваются, а на борту Таймырской складчатой системы — тектонически обрываются. В пределах последней был выделен небольшой прогиб Шренка в районе одноименной реки, показывающий, что большие территории Таймыра были покрыты маломощным (до 200–300 м) чехлом угленосных, скорее всего, континентальных юрско-меловых отложений.

В целом и юрский, и меловой структурно-формационные комплексы в пределах Енисей-Хатангского регионального прогиба отличаются смещением их депоцентров прогибания к Сибирской платформе, причем юрский депоцентр тяготеет к Боганидо-Жданихинскому мегапрогибу, а меловой — к Агапскому.

Палеоген-четвертичный структурно-тектонический комплекс альпийской активизации здесь маломощный и представлен в основном континентальными грубозернистыми аллювиальными и пролювиальными формациями. Вся кайнозойская история северной окраины Сибирской платформы — это размыты. Этот процесс достиг максимума в олигоцене – неогене, когда началось воздымание Таймыра и Сибирской платформы и относительное погружение Енисей-Хатангского бассейна.

Мезозойский этаж в пределах **Анабаро-Хатангской седловины** и **Анабаро-Ленского прогиба**

становится более выдержанным, менее мощным (около 1 км, редко — до 2,5 км). В основании он представлен *триасовым структурно-формационным комплексом*. На западе этого района трапповый оленекский ярус становится осадочно-вулканогенным и существенно морским, а средне- и верхнетриасовые отложения отличаются значительной латеральной изменчивостью и ритмичностью и представлены морскими, прибрежно-морскими и редко континентальными осадками. В целом он похож на дельтовую формацию. Отделен от выше- и нижележащих толщ слабыми структурными несогласиями и размывами.

Юрско-меловой комплекс также образован прибрежно-морскими терригенными формациями, но меловые отложения становятся здесь преимущественно континентальными и угленосными. На Лаптевоморской окраине нижне-верхнемеловые отложения залегают с угловым несогласием на полого-складчатых юрско-нижнемеловых образованиях.

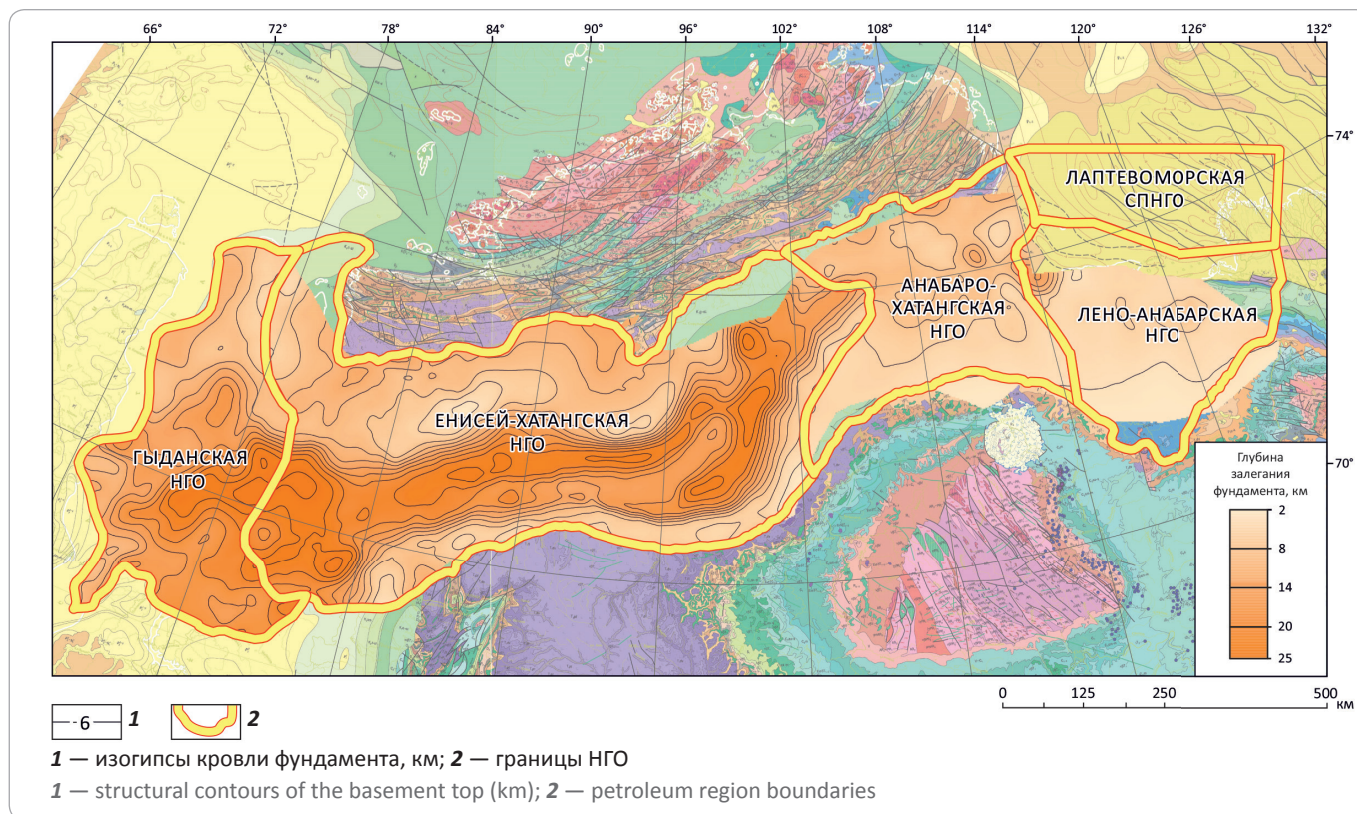
Палеоген-четвертичный дельтово-руслевой комплекс альпийской активизации здесь выражен только на побережье моря Лаптевых, где он плащеобразно перекрывает размытые триасовый и юрско-меловой комплексы. Существенная нарушенность мезозойского комплекса и весьма значительные масштабы его размыва сформировались в ходе кайнозойской истории. Рассеянный спрединг со стороны Рассохинско-Балахнинского триасового рифта и современного Лаптевоморского рифта способствовали существенной переработке осадочных толщ мезозойского чехла и снижению их нефтегазоносности.

Тектоника региона. Главными геотектоническими блоками региона являются: складчатая система Таймыра, ограниченная с севера Северо-Таймырским выступом и сложенная в основном палеозойским переходным древнеплатформенным комплексом; Енисей-Хатангский региональный прогиб, сложенный по бортам палеозойским переходным древнеплатформенным, а в центральной части прогиба — рифтовым, мезозойским платформенным и кайнозойским комплексами альпийской активизации; Анабаро-Ленский прогиб — палеозойским переходным древнеплатформенным и мезозойским платформенным комплексами. Анабаро-Хатангская седловина имеет наиболее полный состав чехла и включает все комплексы, но уменьшенной мощности.

Основная иерархия тектонических структур основана на Тектонической карте нефтегазоносных провинций Сибирской платформы [16]. В качестве надпорядковых элементов на этой карте выделяются региональные прогибы протяженностью до 1000 км при ширине до 400 км, а также суперпорядковые элементы — желоба, моноклизы, седловины, имеющие размеры до 800 × 300 км. На карте также отображены структурно-тектонические элементы I порядка

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 4. Структурная карта глубин залегания фундамента северного обрамления Сибирской платформы
 Fig. 4. Map of basement depths in the northern neighbourhood of the Siberian Platform



(мегапрогибы, мегавалы, впадины) размером до 500×200 км и II порядка (прогибы, валы, выступы, склоны) размером до $200 \times (20-50)$ км.

Глубинное строение региона по интерпретации региональных магнитных и гравитационных полей сложнодифференцированное, но явно прослеживается его единство с Сибирской платформой, от которой Таймырский блок отделен четко выраженной субширотной зоной линейных аномалий. Эти аномалии по результатам комплексного анализа потенциальных полей, данных электроразведки, глубинного сейсмического зондирования и сейсморазведки МОГТ-2D с длительностью записи до 18 с интерпретируются как Рассохинско-Балахнинская (Енисей-Хатангская) рифтовая зона [1–3]. Рифтовое происхождение Енисей-Хатангского регионального прогиба было предложено не только авторами данной статьи, но и рядом известных геологов [5, 6, 9, 17]. Особой характеристикой рифта является мощный (на западе более 25 км) чехол, прослеживаемый на сейсмических профилях до 10–15 с в виде узкой полосы шириной до 100 км при длине до 800 км.

Структурные карты, построенные по данным сейсморазведки, являются основой тектонического районирования. При этом только грави- и магнитометрические данные позволяют делать предположения о фундаменте и вещественном составе глубоких

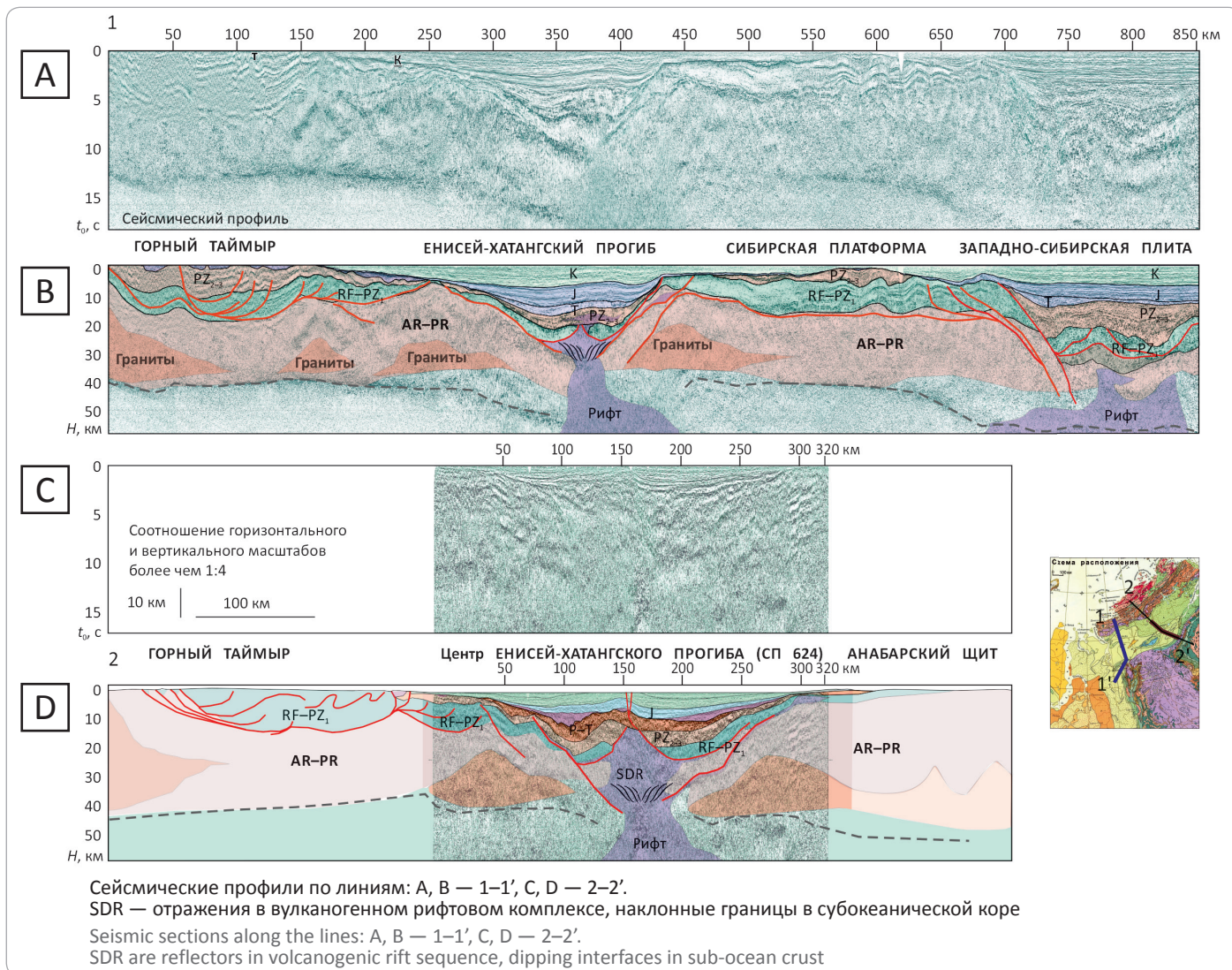
горизонтов. Существенные уточнения в структурные построения вносит электроразведка МТЗ. Кроме того, большое значение имеет выбранная модель строения региона. При тектонических построениях сформированы модели строения, развития и деформаций в фундаменте и осадочном чехле.

При интерпретации тектонических событий в модель развития заложено предположение о наличии обширного нижнетриасового вулканического поля. На рубеже перми и триаса на Сибирской платформе и прилегающих территориях произошла вспышка траппового магматизма. В настоящий момент пермотриасовые траппы обнажены непосредственно на Сибирской платформе и Таймыре. По U-Pb- и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датировкам показано, что длительность основной фазы базальтового вулканизма составляла всего около 1 млн лет [12]. Таким образом, в конце раннетриасового времени существовало единое трапповое поле («вулканическая печать»), зоны отсутствия которого показывают масштаб горизонтальных рифтовых подвижек.

Признаваемый большинством исследователей (С.В. Аплонов, Н.Л. Добрецов, В.С. Сурков, В.Е. Хаин и др.) пермотриасовый рифтинг находит фактическое подтверждение на сейсмических разрезах. Данные сейсморазведки фиксируют резкое погружение фундамента в регионе (рис. 4), а их комплексный анализ

Рис. 5. Модель глубинного строения западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба [20]

Fig. 5. Deep structure model of the western part of the Yenisei-Khatanga regional trough [20]



с данными потенциальных полей позволил подтвердить рифтовую модель строения наиболее важного геотектонического элемента — Енисей-Хатангского регионального прогиба, которая и была заложена в основу новых структурно-тектонических карт [2, 3].

Рифтовая система Енисей-Хатангского регионального прогиба в рельефе фундамента фиксируется в виде глубокой линейной зоны погребенных грабен, заполненных на всю мощность консолидированной коры магматическими образованиями основного и ультраосновного составов (субокеаническая кора, в том числе и с наклонными границами SDR (Seaward dipping reflectors) [21]), переслаивающимися с осадочно-вулканогенными формациями (рис. 5).

В целом картина домезозойской тектоники выглядит следующим образом — северная окраина Сибирской платформы в течение всего палеозоя представ-

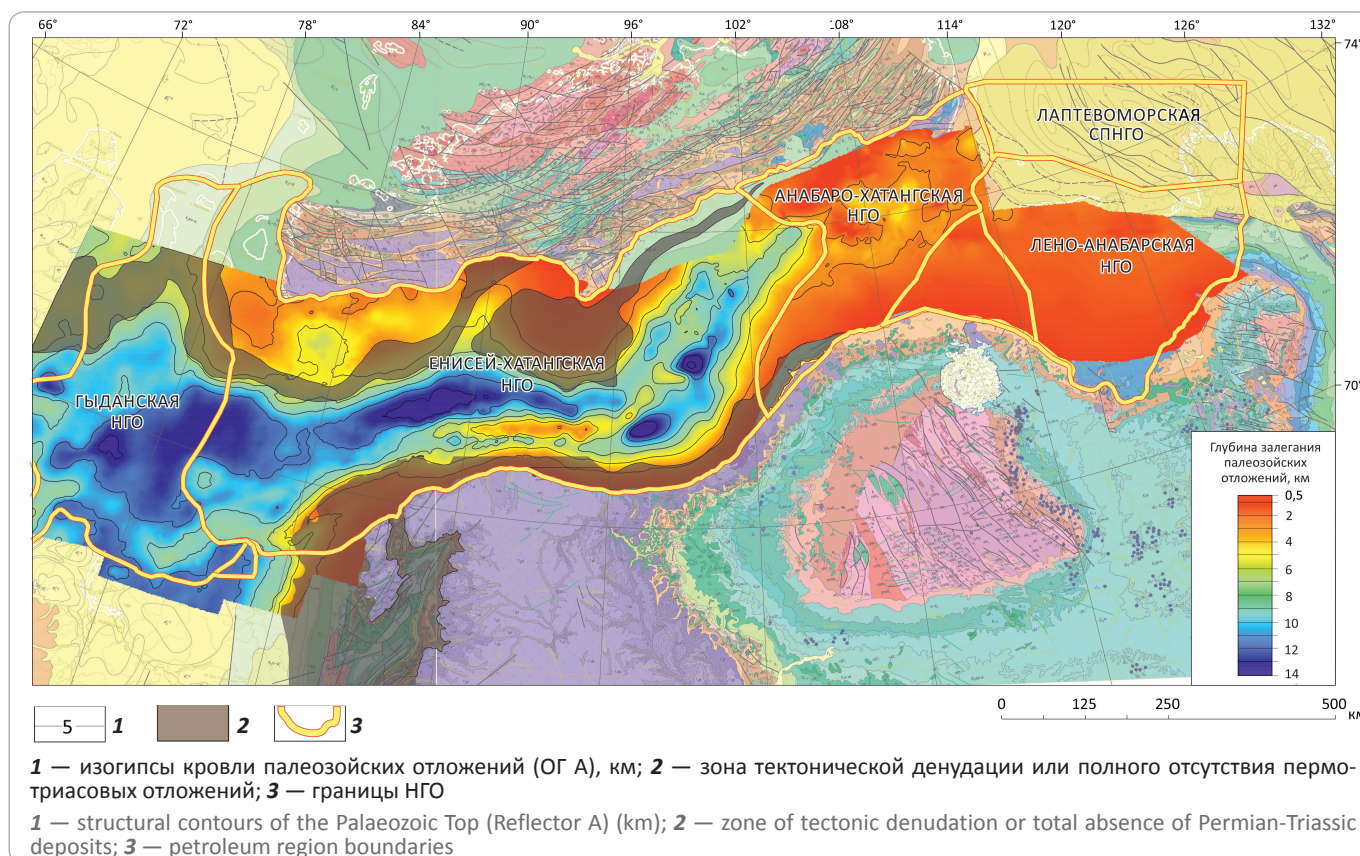
ляла собой пассивную окраину с мощным бассейном континентального склона на севере. В раннем палеозое по условиям осадконакопления это была преимущественно карбонатная платформа, а в позднем палеозое здесь накапливались терригенно-угленосные дельтовые отложения. В среднепермско-триасовое время внутриконтинентальный рифтинг развивался как боковая ветвь более мощного рифта Западной Сибири (Колтогорско-Уренгойского), который расколол северную часть Сибирской платформы с образованием Енисей-Хатангского регионального прогиба и Таймырской складчатой системы на севере.

В связи со сложностью строения региона были построены две структурно-тектонические карты, которые стали основой для нефтегазогеологического районирования, бассейнового моделирования и количественной оценки нефтегазоносности региона.

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 6. Структурная карта глубин залегания кровли палеозоя (ОГ А) северного обрамления Сибирской платформы

Fig. 6. Map of the Palaeozoic Top (Reflector A) depths in the northern neighbourhood of the Siberian Platform



Структурно-тектоническая карта палеозойского комплекса северного обрамления Сибирской платформы описывает тектонику нижнего переходного палеозой-нижнетриасового этажа, имеющего принципиально иные, чем мезо-кайнозойский комплекс, площади распространения, формационно-литологический состав, типы тектонических деформаций.

Нижней границей палеозойского комплекса является кровля фундамента, которая трудно картируется сейсморазведкой и чаще всего представлена ОГ Ф, а в погруженных регионах уточняется по материалам анализа потенциальных полей [3] (см. рис. 4). Кровлей разновозрастных палеозойских отложений является ОГ А (V), связанный с региональным досреднетриасовым несогласием. В наиболее погруженной зоне (Боганидо-Жданихинский, Агапский мегапрогибы и Носковский прогиб) глубина залегания кровли палеозойских отложений составляет 11–14 км (рис. 6).

Особенностью палеозойского этажа являются зоны отсутствия пермотриасовых отделов, а часто всего верхнепалеозойского терригенного комплекса. К бортам эти толщи довольно быстро выклиниваются, но после склоновых валов (выступов ниже-

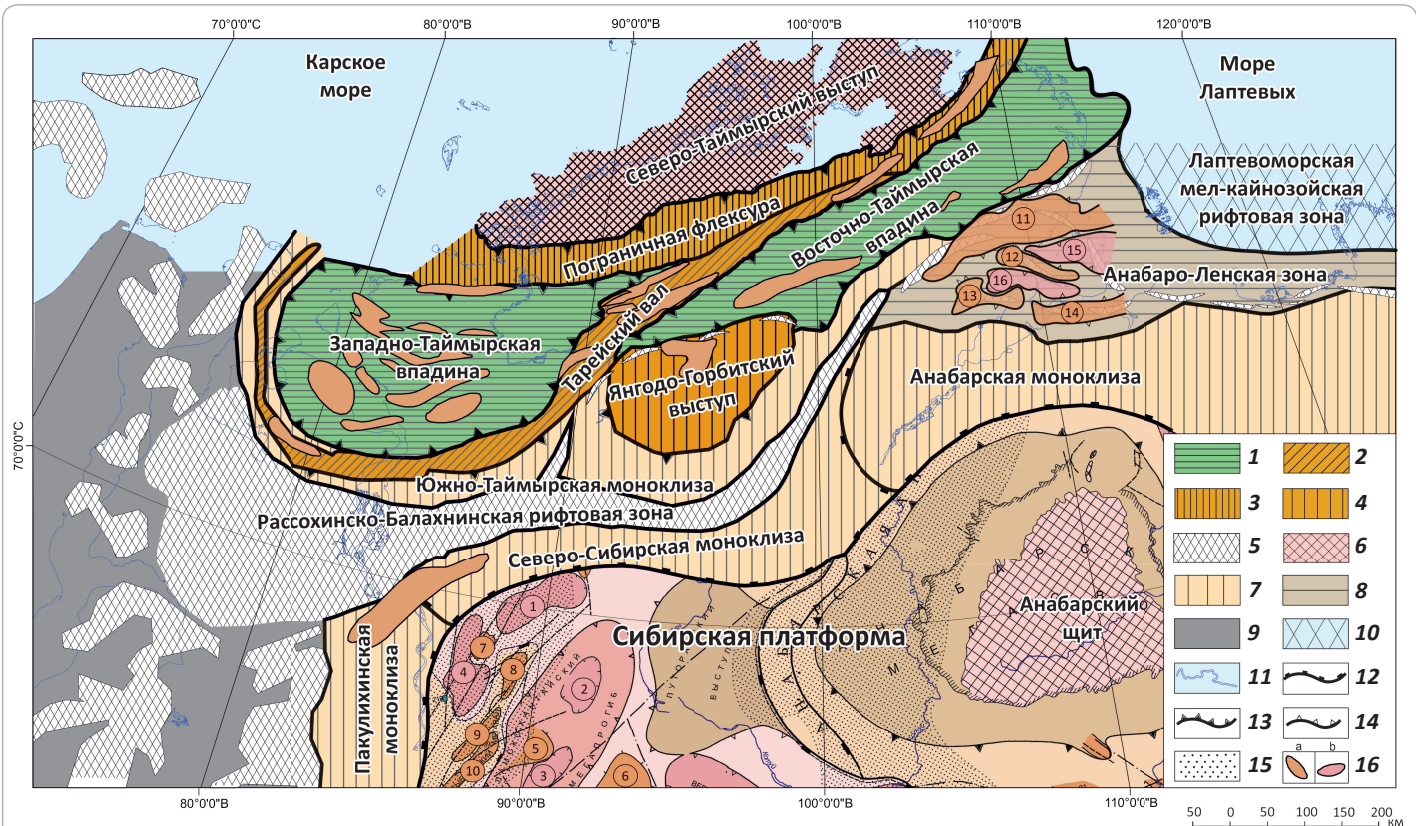
палеозойского комплекса) далее к Таймыру вновь образуют локальные прогибы, часто полуграбены. На южной бортовой зоне (Северо-Сибирской моноклизе) они также выклиниваются или срезаются, но через 20–30 км вновь появляются под траппами плато Путорана (см. рис. 6).

В пределах исследуемой территории в палеозойском этапе выделены крупные надпорядковые и суперпорядковые тектонические элементы (рис. 7), к ним отнесены:

- положительные — Сибирская платформа, Анабарский щит, Северо-Таймырский выступ (Северо-Таймырская зона [3]), Тарейский вал, Янгодо-Горбитский выступ, Пограничная флексура [14], огибающая зону выходов архей-протерозойских метаморфических и кристаллических толщ, названная на карте Северо-Таймырским выступом (суша Карского геоблока);
- отрицательные — Западно-Таймырская и Восточно-Таймырская впадины, Анабаро-Ленская зона, Ямало-Гыданская переходная зона, Рассохинско-Балахнинская и Лаптевоморская рифтовые зоны;
- промежуточные элементы — Южно-Таймырская, Пакулихинская, Северо-Сибирская и Анабарская моноклизы.

Рис. 7. Структурно-тектоническая карта по палеозойскому комплексу северного обрамления Сибирской платформы и прилегающих территорий с использованием данных Ю.Е. Погребницкого, В.С. Старосельцева, В.А. Балдина, В.Ф. Проскурнина и др.

Fig. 7. Structural and tectonic map over the Palaeozoic sequence within the Siberian Platform northern neighbourhood and adjacent lands created with the use of data from Yu.E. Pogrebitsky, V.S. Staroseltsev, V.A. Baldin, V.F. Proskurnin et al.



1 — Западно-Таймырская и Восточно-Таймырская палеозойские впадины; 2 — Тарейский вал; 3 — Пограничная флексура; 4 — Янгодо-Горбитский выступ; 5 — Рассохинско-Балахнинская и другие нижнетриасовые рифтовые зоны; 6 — Северо-Таймырский выступ, Анабарский щит; 7 — моноклизы: Южно-Таймырская, Пакулихинская, Северо-Сибирская, Анабарская; 8 — Анабаро-Ленская зона; 9 — предполагаемые палеозойские блоки в основании Западно-Сибирского бассейна; 10 — Лаптевоморская мел-кайнозойская рифтовая зона; 11 — береговая линия; **границы тектонических элементов (12–14):** 12 — надпорядковых, 13 — суперпорядковых, 14 — I порядка; 15 — зоны интенсивного рифейского прогибания; 16 — **структурно-тектонические элементы I и II порядков** (a — положительные, b — отрицательные): Сибирской платформы: 1 — Хараелахско-Иконский прогиб, 2 — Верхнекетская котловина, 3 — Кулюмбинская котловина, 4 — Норильско-Вологодчанский прогиб, 5 — Хантайский структурный мыс, 6 — Анамское куполовидное поднятие, 7 — Южно-Пясинское куполовидное поднятие, 8 — Рыбинское куполовидное поднятие, 9 — Хантайский вал, 10 — Кулюмбинский структурный мыс; Анабаро-Ленской зоны: 11 — Киряко-Тасская зона поднятий, 12 — Нордвикский вал, 13 — Белогоро-Тигянская зона поднятий, 14 — Тигяно-Анабарский вал, 15 — Бегичевская котловина, 16 — Харатумусская впадина

1 — Palaeozoic depressions: West Taimyr, East Taimyr; 2 — Tarey swell; 3 — Pogranchny flexure; 4 — Yangodo-Gorbitsky uplift; 5 — Rassokhinsky-Balakhninsky and other Lower Triassic rift zones; 6 — North Taimyr uplift, Anabar shield; 7 — monocline: South Taimyr, Pakulikhinsky, North Siberian, Anabar; 8 — Anabar-Lena zone; 9 — assumed Palaeozoic blocks in the basal part of the West Siberian basin; 10 — Laptevovorsky Cretaceous-Cenozoic rift zone; 11 — shoreline; **boundaries of tectonic elements (12–14):** 12 — super-order, 13 — supra-order, 14 — I-st order; 15 — zones of intense Riphean downwarping; 16 — **I-st and II-nd order structural and tectonic elements** (a — positive, b — negative): Siberian Platform: 1 — Kharaelakh-Ikonsky trough, 2 — Verkhneketsky basin, 3 — Kulyumbinsky basin, 4 — Norilsk-Vologochansk trough, 5 — Khantaisky structural nose, 6 — Anamsky dome, 7 — Yuzhno-Pyasinsky dome, 8 — Rybninsky dome, 9 — Khantaisky swell, 10 — Kulyumbinsky structural nose; Anabar-Lena zone: 11 — Kiryako-Tassky zone of highs, 12 — Nordwik swell, 13 — Belogoro-Tigyansky zone of highs, 14 — Tigyano-Anabar swell, 15 — Begichev basin, 16 — Kharatumussky depression

Полученные новые сейсмические и электро-разведочные данные, а также комплексный анализ гравитационных и магнитных полей и данных ГСЗ и МОВЗ позволили провести детальное картирование важнейшего элемента — пермтриасового рифта (как крупной Рассохинско-Балахнинской рифтовой зоны, так и его сопряженных ветвей) [3].

В северной части **Сибирской платформы** (на карте под редакцией В.С. Старосельцева, 2005), а именно в пределах плато Путорана, выделяются следующие структурно-тектонические элементы I и II порядков. К отрицательным отнесены: *Хараелахско-Иконский прогиб*, *Верхнекетская котловина*, *Кулюмбинская котловина*, *Норильско-Вологодчанский*

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

прогиб; к положительным — *Хантайский структурный мыс, Анамское, Южно-Пясинское, Рыбнинское куполовидные поднятия, Хантайский вал, Кулюмбинский структурный мыс.*

Восточнее плато Путорана расположен *Анабарский щит*. Здесь на поверхность выходят складчато-метаморфические образования архей-протерозойского возраста с субмеридиональным простиранием тектонических элементов.

Северная окраина Сибирской платформы представляет собой моноклиальный склон, характеризующийся небольшими углами падения (1–3°, иногда до 5°), включающий следующие тектонические элементы:

Пакулихинскую моноклизу, расположенную в западной Приенисейской части платформы, характеризующуюся субмеридиональным простиранием, более крутыми углами залегания (4–5°), наличием системы горизонтальных срывов с зонами детачментов;

Северо-Сибирскую моноклизу субширотного простирания, приуроченную к северному окончанию платформы. В пределах моноклизы повсеместно отмечается довольно устойчивая мощность (4–5 км) отложений палеозойского возраста. Однако вдоль края плато Путорана по сейсмическим данным выявлена зона отсутствия триасовых, а в районе Южно-Пясинского куполовидного поднятия — каменноугольно-пермских и, возможно, более древних формаций (см. рис. 7);

Анабарскую моноклизу, обрамляющую с севера Сибирскую платформу и характеризующуюся субширотным простиранием и пологим залеганием. Здесь палеозойские формации отличаются устойчивой мощностью (до 5 км), а рифейский этаж имеет явно поперечное простирание, однако сейсмогеологические условия в восточной части изучаемой территории столь плохие, что до сих пор нет того качества сейсмических данных, которое достигнуто на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба. Возможно, рифейские прогибы имеют субмеридиональное простирание, характерное для гравитационного и магнитного полей северо-востока Сибирской платформы. Этот важный для нефтегазоносности вопрос требует дальнейшего изучения Лено-Анабарской зоны после проведения опытно-методических работ для повышения качества полевых сейсморазведочных исследований;

Рассохинско-Балахнинская рифтовая зона представляет собой узкое субширотно вытянутое зияние в сплошном покрове траптов и полей развития палеозойских формаций. Важно отметить отсутствие палеозойских отложений в осевой части рифтовой зоны Енисей-Хатангского регионального прогиба, что связано с формированием рифта в позднепермско-раннетриасовое время. Эта зона явно принадлежит

грандиозному Сибирскому центру пермотриасового вулканизма. С юга она сочленяется с перечисленными моноклизами Сибирской платформы, а с севера ограничена их геологическим аналогом — Южно-Таймырской моноклизой. То есть рифтовая зона разорвала пассивную палеозойскую окраину Сибирского континента и отодвинула на 120 км к северу Таймырский блок на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба. Действительно, именно западная часть региона, относящаяся к Западно-Сибирскому мегабассейну, характеризуется широким распространением рифтовых зон, в которых как бы «плавают» изолированные палеозойские блоки. По всем геолого-геофизическим данным здесь происходит тройное сочленение Рассохинско-Балахнинского рифта с Уренгойско-Колтогорской рифтовой зоной (см. рис. 7).

Севернее Рассохинско-Балахнинской рифтовой зоны расположена *Южно-Таймырская моноклиза* (аналог *Северо-Сибирской моноклизы*). На ней также наблюдается протяженная зона отсутствия пермотриасовых отложений, под которой находится крупное валообразное поднятие — *Тарейский вал*. Однако примерно в 400 км к востоку от Енисея субширотный Тарейский вал разворачивается в северо-восточном направлении и выходит к Горному Таймыру, образуя на поверхности обширную полого-складчатую зону выходов карбонатной платформы нижнепалеозойского комплекса, хорошо фиксируемую на космических снимках в виде белой полосы. Этот тектонический разворот хорошо прослеживается в потенциальных полях и связан, скорее всего, с рифтовой ветвью, которая обособила еще один важный элемент — стабильный *Янгодо-Горбитский выступ*. Здесь резко (на юге до полного отсутствия) сокращена мощность пермотриасовых отложений и существенно — ниже- и среднепалеозойских. Этот выступ архейского фундамента обуславливал геодинамику центрального района Енисей-Хатангского регионального прогиба в течение всей мезо-кайнозойской истории. Этот выступ контролировал структуру крупнейших мезозойских Агапского и Боганидо-Жданихинского мегапрогибов и связанных с ними клиноформ.

Следующая группа элементов контролируется **Таймырской складчатой системой**. В нее входят глубокие (до 10 км) палеозойские *Западно-Таймырская и Восточно-Таймырская впадины*, отделяемые друг от друга нижнепалеозойским *Тарейским валом* и обрамляемые на севере *Пограничной флексурой*.

Западно- и Восточно-Таймырские впадины являются зонами развития мощного (не менее 8 км) палеозойского окраинно-континентального бассейна (переходный древнеплатформенный структурный этаж), входящего в ряд шельфовых окраинно-

континентальных палеозойских формаций Сибирской платформы. Толщи смяты в очень пологие складки, хорошо картируемые сейсморазведкой, причем верхние наддевонские толщи деформированы сильнее и существенно дискордантно по отношению к нижним пологозалегающим рифей(?)-нижнепалеозойским толщам, что характерно для бассейнов, содержащих соли. Здесь по сейсмическим и электро-разведочным данным предполагается развитие солей [13]. Выходы среднедевонских солей известны на Западном Таймыре и в Норильском районе.

Рассматриваемая территория ограничена на севере континента *Северо-Таймырским выступом*, сложенным глубокометаморфизованными протерозой-архейскими образованиями, пронизанными гранитными интрузиями.

С запада на восток Рассохинско-Балахнинская рифтовая зона сужается, что подтверждается сейсмическими данными и картами потенциальных полей [3], и переходит в зону рассеянного спрединга в выделенной авторами статьи палеозойской Анабаро-Ленской зоне с субгоризонтальным в региональном плане залеганием палеозойских комплексов. Строение Анабаро-Ленской зоны характеризуется как сложное, здесь отмечаются крупные взбросовые разломы с амплитудой до 2 км, активно проявляется соляно-купольная тектоника. Но уже отсутствует разрыв дотриасовых палеозойских формаций, и окраина Сибирской платформы осталась относительно сплошной за исключением северо-востока. С этой стороны окраина подверглась мел-кайнозойскому рифтингу с центром по хребту Гаккеля (Лаптевоморская рифтовая зона). Этот современный рифтинг отчетливо наблюдается в гравитационных полях и представляет собой систему рифтового опускания или даже обрушения по листрическим сбросам, по которым блоки архейского фундамента с останцами палеозойского разреза погружаются к новообразованной океанической коре рифта моря Лаптевых [19].

В пределах Анабаро-Ленской зоны (тектоническая принадлежность этой зоны будет уточнена после проведения информативных геофизических работ) выделяются *Кирыко-Тасская зона поднятий*, *Нордвикский вал*, *Белогоро-Тиганская зона поднятий*, которая переходит в *Тигяно-Анабарский вал*, *Харатумусскую впадину* и *Бегичевскую котловину*. Нордвикский вал расположен севернее Харатумусской впадины и протягивается субширотно от района верхнего течения р. Новой к западу. Ширина приподнятой зоны составляет 20–25 км. Мощность юрских и меловых отложений в ее пределах изменяется от 800 до 1800 м, триасовых и палеозойских — от 3500 до 4000 м (см. рис. 7).

Структурно-тектоническая карта мезо-кайнозойского комплекса северного обрамления Сибирской платформы является продолжением и развитием

ранее подготовленных карт [16]. Она существенно уточнена новыми сейсмическими, геофизическими, литолого-стратиграфическими и полевыми материалами.

Основой построений авторов статьи по мезокайнозойскому комплексу является структурная карта масштаба 1:1 000 000 по ОГ Ia, приуроченному к основанию платформенного структурного этажа, начинающегося в регионе со среднетриасовых отложений. По периферии Енисей-Хатангского региона эта граница является границей нижнеюрского комплекса, перекрывающего разновозрастные, преимущественно палеозойские формации нижнего структурного этажа (рис. 8). Таким образом, на этой структурно-тектонической карте представлены элементы Западно-Сибирского, Енисей-Хатангского и Лено-Анабарского мезозойских осадочных бассейнов (рис. 9):

Северная часть Западно-Сибирской плиты. Крупные суперпорядковые тектонические элементы: *Пакулихинская моноклиза* и *Ямало-Гыданская переходная зона*, а также элементы I порядка: отрицательные — *Пендомаяхская впадина*, *Долганский прогиб*, *Ямало-Гыданская синеклиза*; положительные — *Сузунско-Ванкорский вал*, *Мессояхский мегавал*, *Гыданская седловина*;

Енисей-Хатангский региональный прогиб, в котором выделяются следующие крупные (протяженностью более 800 км) суперпорядковые тектонические элементы: *Северо-Сибирская моноклиза*, *Центрально-Таймырский желоб* и *Таймырская моноклиза*, а также элементы I порядка (300–500 км): отрицательные — *Гыдано-Хатангская переходная зона*, *Носковский прогиб*, *Дудыттинский мегапрогиб*, *Агапский мегапрогиб*, *Пясинский полуграбен*, *Боганидо-Жданихинский мегапрогиб*, *Турку-Логатский прогиб*; положительные — *Мессояхский мегавал*; *Танамо-Малохетский мегавал*, *Рассохинский мегавал*, *Балахнинский мегавал*, *Кубалахский вал*, *Таймырский выступ*, *Енисей-Янгодский склон*, *Янгодо-Горбитский выступ*, *Горбито-Байкурский склон*;

Анабаро-Ленский прогиб включает следующие крупные суперпорядковые тектонические элементы: *Анабарскую моноклизу*, *Анабаро-Хатангскую седловину*, *Лено-Анабарскую впадину*, а также элементы I порядка: отрицательный — *Харатумусскую впадину*; положительные — *Сопочную зону поднятий*, *Нордвикский вал* и *Тигяно-Анабарскую зону поднятий*;

Лаптевоморская рифтовая система на рассматриваемой территории представлена суперпорядковым элементом — *Юго-Западно-Лаптевоморской впадиной*;

Сибирская платформа характеризуется следующими элементами I порядка: отрицательными —

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 8. Структурная карта глубин залегания подошвы юрских отложений (ОГ Ia) северного обрамления Сибирской платформы
 Fig. 8. Map of the depths of the Jurassic Bottom deposits (Reflector Ia) in the northern neighbourhood of the Siberian Platform

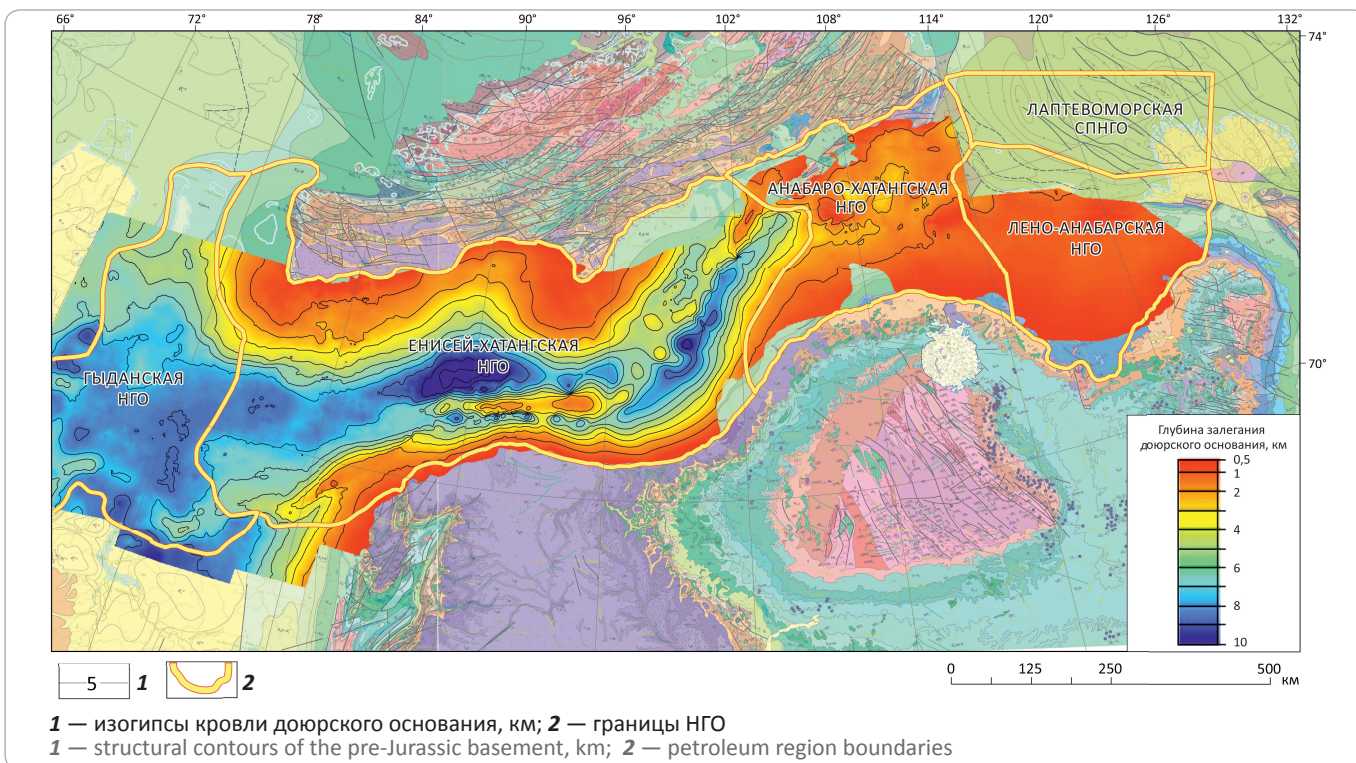
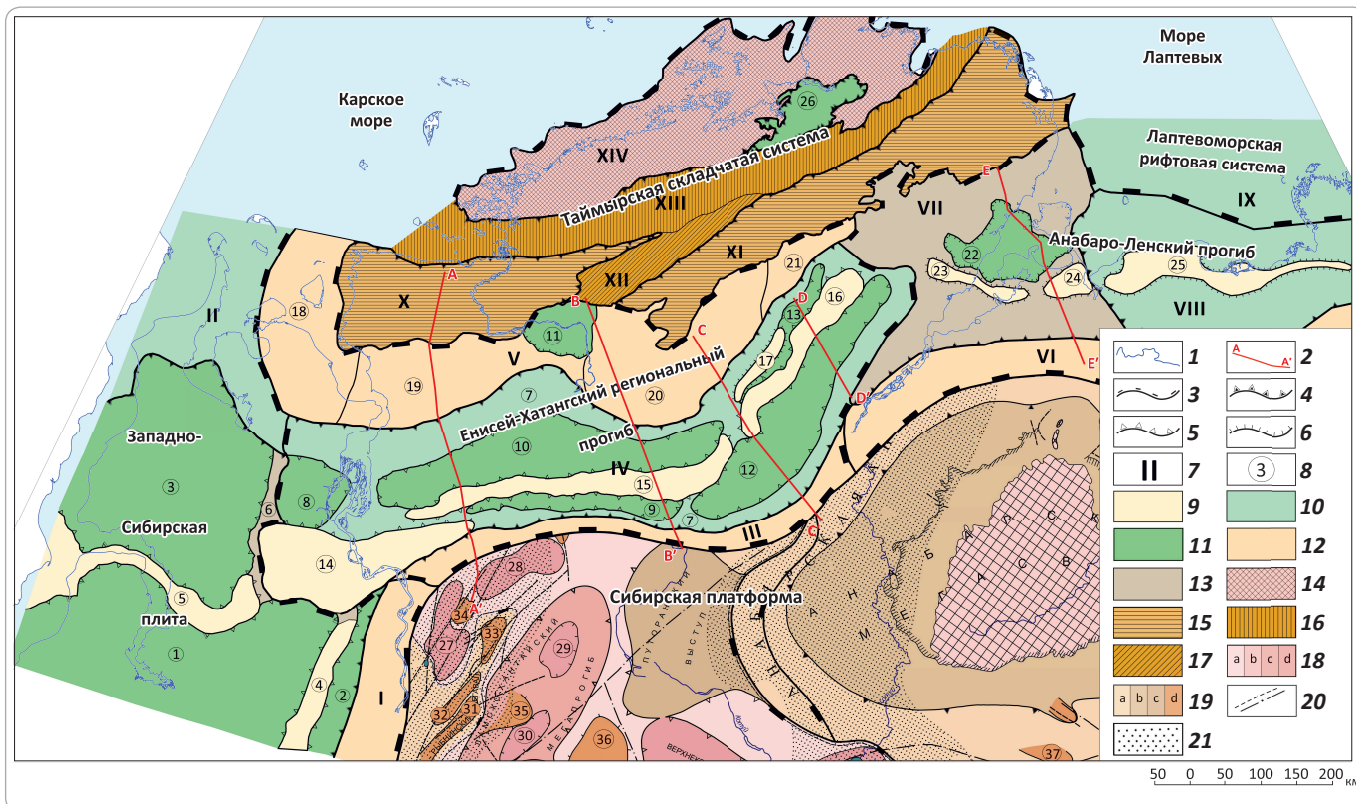


Рис. 9. Структурно-тектоническая карта мезо-кайнозойского комплекса северного обрамления Сибирской платформы с использованием данных В.С. Старосельцева, В.А. Балдина и др.

Fig. 9. Structural and tectonic map over the Mesozoic-Cenozoic sequence within the Siberian Platform northern neighbourhood created with the use of data from V.S. Staroseltsev, V.A. Baldin et al.



Усл. обозначения к рис. 9

1 — береговая линия; **2** — линии геолого-геофизических разрезов; **границы тектонических элементов (3–6): 3** — надпорядковых, **4** — суперпорядковых, **5** — I порядка, **6** — II порядка; **структурно-тектонические элементы (7–11): 7** — суперпорядковые, **8** — I и II порядков, **9** — положительные суперпорядковые, **10** — отрицательные суперпорядковые, **11** — отрицательные I и II порядков; **12** — моноклизы и выступы; **13** — седловины; **14** — выходы кристаллического фундамента на поверхность и под пермские или юрские отложения; **15** — палеозойские впадины; **16** — палеозойские флексуры; **17** — палеозойские валы; **структурно-тектонические элементы Сибирской платформы** (a — надпорядковые, b — суперпорядковые, c — I порядка, d — II порядка), (**18, 19**): **18** — положительные, **19** — отрицательные; **20** — основные разломы по геолого-геофизическим данным; **21** — зоны интенсивного рифейского прогибания.

Структурно-тектонические элементы Западно-Сибирской плиты:

Суперпорядковые: I — Пакулихинская моноклиза, II — Ямало-Гыданская переходная зона.

I порядка: 1 — Пендомаяхская впадина, 2 — Долганский прогиб, 3 — Ямало-Гыданская синеклиза, 4 — Сузунско-Ванкорский вал, 5 — Мессояхский мегавал, 6 — Гыданская седловина.

Структурно-тектонические элементы Енисей-Хатангского регионального прогиба:

Суперпорядковые: III — Северо-Сибирская моноклиза, IV — Центрально-Таймырский желоб, V — Таймырская моноклиза.

I и II порядков: 7 — Гыдано-Хатангская переходная зона, 8 — Носковский прогиб, 9 — Дудыптинский мегапрогиб, 10 — Агапский мегапрогиб, 11 — Пясинский полуграбен, 12 — Боганидо-Жданихинский мегапрогиб, 13 — Турку-Логатский прогиб, 14 — Танамо-Малохетский вал, 15 — Рассохинский мегавал, 16 — Балахнинский мегавал, 17 — Кубалахский вал, 18 — Таймырский выступ, 19 — Енисей-Янгодский склон, 20 — Янгодо-Горбитский выступ, 21 — Горбито-Байкурский склон.

Структурно-тектонические элементы Анабаро-Ленского прогиба:

Суперпорядковые: VI — Анабарская моноклиза, VII — Анабаро-Хатангская седловина, VIII — Лено-Анабарская впадина.

I и II порядков: 22 — Харатумусская впадина, 23 — Сопочная зона поднятий, 24 — Нордвикский вал, 25 — Тигяно-Анабарская зона поднятий.

Структурно-тектонические элементы Лаптевоморской рифтовой системы:

Суперпорядковые: IX — Юго-Западно-Лаптевоморская впадина.

Структурно-тектонические элементы Таймырской складчатой системы:

Суперпорядковые: X — Западно-Таймырская палеозойская впадина, XI — Восточно-Таймырская палеозойская впадина, XII — Тарейский вал, XIII — Пограничная флексура, XIV — Северо-Таймырский выступ.

I и II порядков: 26 — полуграбен Шренк.

Структурно-тектонические элементы Сибирской платформы:

I и II порядков: 27 — Норильско-Вологодчанский прогиб, 28 — Хараелахско-Иконский прогиб, 29 — Верхнекетская котловина, 30 — Кулюмбинская котловина, 31 — Кулюмбинский структурный мыс, 32 — Хантайский вал, 33 — Рыбнинское куполовидное поднятие, 34 — Южно-Пясинское куполовидное поднятие, 35 — Хантайский структурный мыс, 36 — Анамское куполовидное поднятие

Legend to fig. 9

1 — shoreline; **2** — lines of geological and geophysical cross-sections; **boundaries (3–6): 3** — super-order tectonic elements, **4** — supra-order tectonic elements, **5** — I-st order tectonic elements; **II-nd order tectonic elements (7–11): 7** — supra-order structural and tectonic elements, **8** — I-st and II-nd order, **9** — positive, **10** — supra-order negative, **11** — I-st and II-nd order structural and tectonic elements; **12** — monoclines and uplifts; **13** — saddles; **14** — crystalline basement outcrops to the surface and below the Permian and Jurassic deposits; **15** — Palaeozoic depressions; **16** — Palaeozoic flexures; **17** — Palaeozoic swells; **structural and tectonic elements of the Siberian Platform** (a — super-order, b — supra-order, c — I-st order, d — II-nd order), (**18, 19**): **18** — positive, **19** — negative; **20** — major faults in accordance with geological and geophysical data; **21** — zones of intense Riphean downwarping.

Structural and tectonic elements of the West Siberian Plate:

Supra-order: I — Pakulikhinsky monocline, II — Yamal-Gydan transition zone.

I-st order: 1 — Pendomayakhsky depression, 2 — Dolgansky trough, 3 — Yamal-Gydan syncline, 4 — Suzunsky-Vankorsky swell, 5 — Messoyakha mega-swell, 6 — Gydan saddle.

Structural and tectonic elements of the Yenisei-Khatanga regional trough:

Supra-order: III — North Siberian monocline, IV — Central Taimyr trench, V — Taimyr monocline.

I-st and II-nd order: 7 — Gydan-Khatanga transition zone, 8 — Noskovsky trough, 9 — Dudyptinsky megatrough, 10 — Agapsky megatrough, 11 — Pyasinsky half graben, 12 — Boganiido-Zhdanikhinsky megatrough, 13 — Turku-Logatsky trough, 14 — Tanamo-Malokhetskyy swell, 15 — Rassokhinsky mega-swell, 16 — Balakhninsky mega-swell, 17 — Kubalakhsky swell, 18 — Taimyr uplift, 19 — Yenisei-Yangodsky slope, 20 — Yangodo-Gorbitsky uplift, 21 — Gorbito-Baikursky slope.

Structural and tectonic elements of the Anabar-Lena trough:

Supra-order: VI — Anabar monocline, VII — Anabar-Khatanga saddle, VIII — Lena-Anabar depression.

I-st and II-nd order: 22 — Kharatumusky depression, 23 — Sopochny zone of highs, 24 — Nordwik swell, 25 — Tigiano-Anabar zone of highs.

Structural and tectonic elements of the Laptevomorsky rift system:

Supra-order: IX — South-Western Laptevomorsky depression.

Structural and tectonic elements of the Taimyr fold system:

Supra-order: X — West Taimyr Palaeozoic depression, XI — East Taimyr Palaeozoic depression, XII — Tareisky swell, XIII — Pogranichny flexure, XIV — North Taimyr uplift.

I-st and II-nd order: 26 — Half graben Shrenk.

Structural and tectonic elements of the Siberian Platform:

I-st and II-nd order: 27 — Norilsk-Vologochansky trough, 28 — Kharaelakh-Ikonky trough, 29 — Verkhneketsky basin, 30 — Kulyumbinsky basin, 31 — Kulyumbinsky structural nose, 32 — Khantaisky swell, 33 — Rybninsky dome, 34 — Yuzhno-Pyasinsky dome, 35 — Khantaisky structural nose, 36 — Anamsky dome

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Норильско-Вологодчанским прогибом, Хараелахско-Иконским прогибом, Ламско-Хантайским мегaproгибом и др.; положительными — Хантайским валом, Кулюмбинским структурным мысом, Рыбнинским мегавалом и др.

Структурные элементы северной части Западно-Сибирской плиты (Ямало-Гыданская синеклиза и Енисей-Хатангский региональный прогиб)

Ямало-Гыданская синеклиза занимает центральную часть Гыданского полуострова, площадь ее распространения более 100 тыс. км², глубина залегания подошвы юрских отложений практически везде более 6 км. Южная граница Ямало-Гыданской синеклизы ограничивается субширотным Мессояхским мегавалом, являющимся западным окончанием Обско-Лаптевской гряды. Перепад глубин между надпорядковыми структурами по южной границе составляет более 1200 м.

В северной части Ямало-Гыданская синеклиза ограничена Ямало-Гыданской переходной зоной, отделяющей ее от Южно-Карской синеклизы. Ямало-Гыданскую переходную зону осложняют структурные элементы преимущественно меридиональной и субмеридиональной направленности. Характерными чертами зоны являются уменьшение мощности мезо-кайнозойского комплекса и подъем подошвы юрских отложений до 3–4 км, появление в основании осадочного палеозойского комплекса отложений. На севере Ямало-Гыданская переходная зона граничит с Южно-Карской синеклизой.

Пендомаяхская впадина по северной окраине также граничит с западной частью Обско-Лаптевской гряды (Мессояхским мегавалом). В рамках площади исследования впадина представлена северной частью. Вдоль ее восточного борта выделяется Сузунско-Ванкорский (Большехетский) мегавал, в пределах которого открыты Сузунское, Ванкорское, Тагульское и Лодочное месторождения. В зоне примыкания Мессояхского мегавала к северо-западному краю Сибирской платформы в районе р. Енисей, по левому берегу между Большехетским мегавалом и Пакулихинской (Приенисейской) моноклизой, фиксируется узкий Долганский прогиб. Кровля среднеюрских отложений в пределах Пендомаяхской впадины погружена на глубину до 5 км. Юго-восточная часть впадины наиболее погружена. Западная часть впадины граничит с Ямбургским мегавалом (или мегасводом), контролирующим одноименное крупнейшее газовое месторождение.

Структурные элементы Енисей-Хатангского регионального прогиба представлены следующими надпорядковыми элементами (с севера на юг): **Таймырской моноклизой**, **Центрально-Таймырским желобом** — главным элементом Енисей-Хатангского регионального прогиба, являющимся субширотно

глубоким (более 20 км) трогом, и **Северо-Сибирской моноклизой**.

Таймырская моноклиза прослеживается по южному обрамлению Таймырской складчатой системы, от восточного побережья Гыданского полуострова на восток до оз. Таймыр, где Балахнинский мегавал северным краем примыкает к складчатой системе Таймыра. С юга моноклиза сочленяется с Агапским мегaproгибом и Носковским прогибом. Градиент падения моноκлиального склона в юго-восточном направлении в среднем составляет 20–22 м / км (1–2°). На западной периферии, возможно, граничит с Северо-Таймырским выступом.

Особое место в моноκлизе занимает **Янгодо-Горбитский выступ (блок)**, выделенный в 1960–1970-х гг. по результатам интерпретации потенциальных методов. В 2014–2015-м гг. впервые изучен сейсморазведкой МОГТ-2D, что позволило уточнить его границы. Выступ представляет собой поднятие палеозойских дислоцированных пород, а по мезозойским отложениям — платообразную структуру амплитудой 400–500 м. Согласно очертаниям выступа, конфигурации Рассохинско-Балахнинской рифтовой зоны и простираения мегавалов и всех мегaproгибов меняются. Этот выступ ярко выражен в гравитационном и магнитном полях, а также по данным электроразведки [3].

Центрально-Таймырский желоб — самая глубокая надпорядковая отрицательная линейная структура в пределах исследуемой территории — протягивается более чем на 900 км, площадь составляет 86 тыс. км². Это позволяет рассматривать данную отрицательную структуру как одну из крупнейших надпорядковых на севере Сибири. Центрально-Таймырский желоб впервые был выделен Д.А. Вольновым и А.П. Афанасенковым в 1979 г. по данным МОВ (сейсмическому горизонту III в подошве юрских отложений). Желоб включает две системы мегaproгибов: северную — Носковский, Агапский и Турку-Логатский; южную — Дудыптинский, Боганидо-Жданихинский мегaproгибы и разделяющую их систему мегавалов — Танамо-Малохетский, Рассохинский, Балахнинский, а также Кубалахский вал, амплитуда которых может достигать 4 км. Северная граница проходит вдоль глубинного Агапского разлома, выделенного предыдущими исследованиями [4]. На западе желоб сочленяется с Ямало-Гыданской переходной зоной и через Гыданскую седловину — с Ямало-Гыданской синеклизой. Южный борт желоба на границе с Сибирской платформой довольно крутой. Восточная граница желоба остается плохо изученной, предполагается, что она простирается до Анабаро-Хатангской седловины. На западе Центрально-Таймырский желоб граничит с Ямало-Гыданской синеклизой. Между ними картируется Гыданская седловина (Антипаютинско-

Носковская мезоседловина, по В.А.Балдину). Эта седловина в региональном плане впервые выделена на карте структурно-тектонического районирования ООО «НПЦ Геостра». Однако картирование этой седловины весьма условно, так как данные структуры не имеют четко выраженного разделения.

Необходимо отметить, что в пределах желоба, несмотря на крайне слабую его изученность сейсморазведкой МОГТ и бурением, открыты месторождения с промышленными запасами нефти, газа и конденсата в юрско-меловых отложениях (Байкаловское и Пайяхское).

Танамо-Малохетский мегавал — крупная линейная антиклинальная структура I порядка размером 230 × 75 км. В поперечном сечении на левобережье р. Енисей мегавал имеет пологий северо-западный и крутой юго-восточный склон. В юго-восточной части Малохетский мегавал сочленяется с Северо-Сибирской моноклиной. По доюрскому основанию мегавал представляет собой горстовидный блок. Ось мегавала отличается значительным и пологим погружением на запад. В его сводовой части, на левобережье р. Енисей, выделены Зимнее, Нижнехетское, Малохетское локальные антиклинальные поднятия и открыты мелкие газовые месторождения (Горчинское и Зимнее). Здесь же установлено общее поднятие палеозойских и мезозойских пород, сокращение к своду мощности юрских и триасовых толщ.

Рассохинский мегавал отделен от Северо-Сибирской моноклизы Дудыптинским и Боганидо-Жданихинским мегапрогибами. При ширине мегавала 30–45 км его длинная ось вытянута субширотно более чем на 550 км. По подошве юрских отложений амплитуда вала в центральной части достигает 3 км. Вал имеет крутые склоны и пологий свод, на котором выявлены (с запада на восток) Озерное, Моховое, Верхне-Кубинское, Джангодское, Тундровое, Волочанское, Новое и Курьинское локальные поднятия и открыты мелкие газовые месторождения (Озерное и Джангодское). На западе ширина мегавала постепенно уменьшается и он, периклинально погружаясь, перестает проследиваться. В этой зоне Рассохинский мегавал кулисообразно сочленяется с Малохетским мегавалом. Восточная периклиналь Рассохинского мегавала осложнена многочисленными разломами, и для уверенного картирования этого участка необходимо проведение дополнительных сейсморазведочных работ. В сводовой части Рассохинского мегавала отмечается эрозионный срез меловых отложений от 500–700 м, мощность юрских толщ составляет 1600–1860 м. По новым сейсмическим данным отмечается несоответствие отображения на геологической карте масштаба 1:1 000 000, выраженное в полном отсутствии меловых отложений в своде Рассохинского мегавала. На сейсмических профилях последних лет

четко видно наличие меловых отложений, перекрывающих размытые юрские образования. В подошве юрского комплекса прослеживается эрозионное несогласие. Мощность триасовых отложений на Тундровой площади по сейсмическим данным достигает 1,5 км, восточнее мощность триасовых толщ уменьшается. Обращает на себя внимание изменчивость степени дислоцированности мезозойских отложений вдоль простираения осевой части Рассохинского мегавала [22]. На сейсмических профилях (рис. 10) наблюдаются разломы, часто цветкового типа, что, возможно, свидетельствует о присутствии сдвигов. Особенно характерен глубинный разлом на южном крыле, по которому отмечается явление надвигания сводовой части вала на юг и, вероятно, присутствие криптодиапиризма. Северное крыло Рассохинского мегавала и его западная периклиналь относительно пологие и в меньшей мере осложнены разломами. Значительный явный размыв неокотских и верхнеюрских отложений закартирован сейсморазведкой и подтвержден бурением в широкой сводовой полосе — от северо-восточной периклинали до Джангодской площади на левобережье р. Пясины.

Балахнинский мегавал, в отличие от Рассохинского, смещен уже не к Северо-Сибирской, а к Таймырской моноклизе, т. е. структурно перемещен на другую сторону Центрально-Таймырского желоба и осложнен небольшим, параллельно простирающимся Кубалахским валом (см. рис. 10).

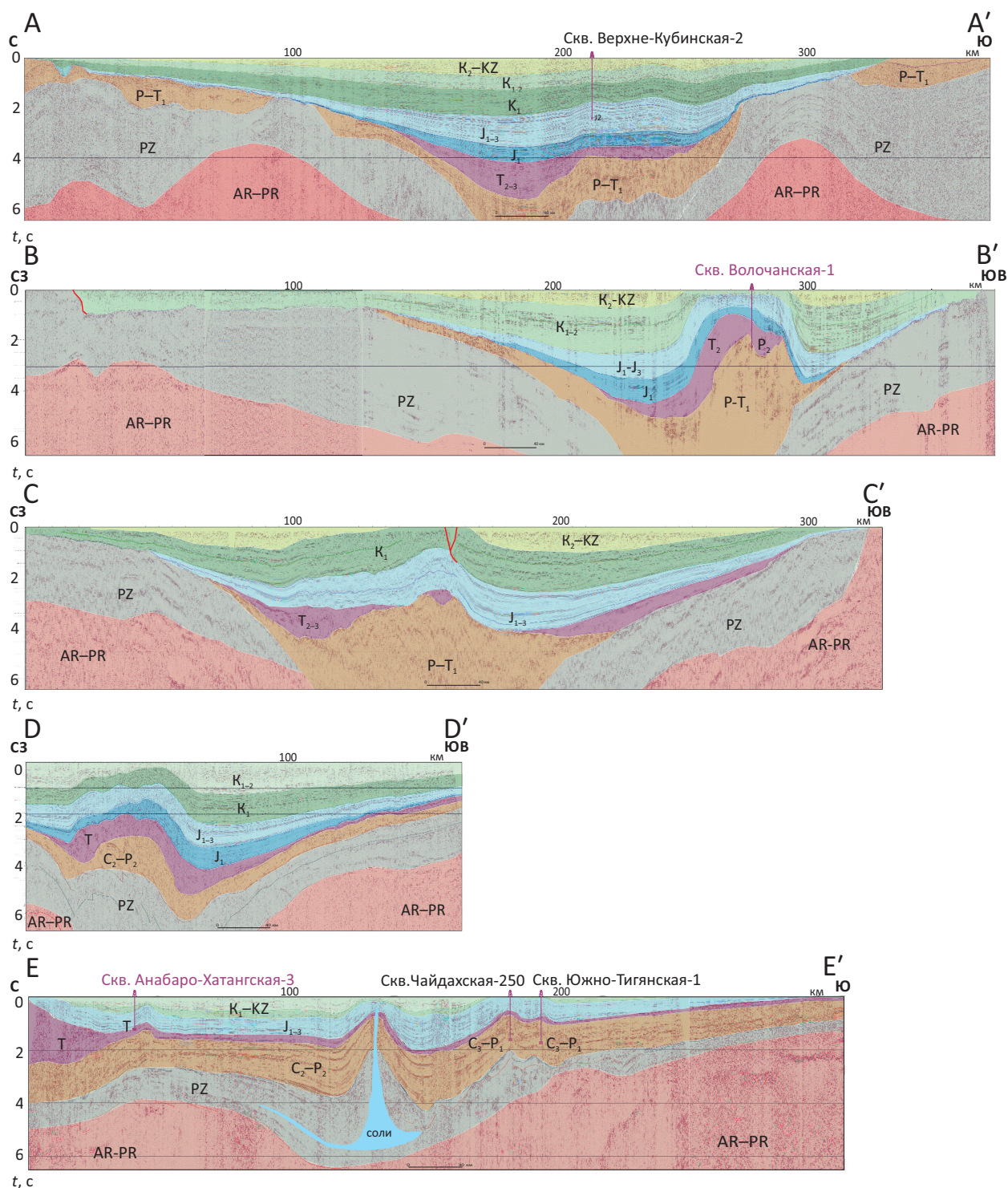
Мегавал сочленяется с вытянутыми субширотными депрессиями: на северо-западе — с небольшим *Турку-Логатским* и на юге — крупным *Боганидо-Жданихинским* (иногда его называют *Хетский желоб*) мегапрогибами. В последнем подошва юрских толщ погружена до 7 км. Особенностью Боганидо-Жданихинского мегапрогиба является моноклиальное залегание всех комплексов мезозойских отложений (от Сибирской платформы к Балахнинскому валу). Новым важным открытием в прогибе явилось обнаружение неокотского клиноформного комплекса.

Северо-Сибирская моноклиза субширотно протягивается вдоль северного края Сибирской платформы, от правобережья р. Енисей до Хатангского залива. Мезозойские отложения в пределах Северо-Сибирской моноклизы налегают на восточный склон Сибирской платформы, сложенный эродированными рифей-палеозойскими отложениями. Градиент падения юго-западной периклинали составляет 15–16 м/км (до 1°), северо-восточная часть имеет более крутое падение — 60–70 м/км (4°), на востоке сочленяется с пологой Анабарской моноклизой. Изученность этой территории крайне низкая.

Структурные элементы Анабаро-Ленского прогиба представлены Анабаро-Хатангской седловиной, Лено-Анабарской впадиной и Анабарской

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 10. Сейсмогеологические разрезы северного обрамления Сибирской платформы
 Fig. 10. Geoseismic sections of northern neighbourhood of the Siberian Platform



A — Рассохинский, Танамо-Малохетский мегавалы, СП 0409209–0409109; В — Рассохинский мегавал, СП 0116622– 0315622; С — Балахнинский мегавал, СП 011624; D — Балахнинский мегавал, СП p02; E — Нордвикский вал, СП 5109307-3212216.

Положение профилей см. на рис. 9

A — Rassokhinsky, Tanamo-Malokhetsky mega-swells, SC 0409209–0409109; B — Rassokhinsky mega-swell, SC 0116622– 0315622; C — Balakhninsky mega-swell, SC 011624; D — Balakhninsky mega-swell, SC p02; E — Nordwik swell, SC 5109307-3212216.

Position of seismic lines is shown in Fig. 9

моноклизой. Западная граница прогиба авторами статьи проведена по резкому (с 20 до 10 км) поднятию кровли фундамента — здесь заканчивается Рассохинско-Балахнинский рифт и начинается зона рассеянного спрединга (см. рис. 3, 7).

Анабаро-Хатангская седловина как самостоятельный структурный элемент выделяется по палеозойским отложениям. В первую очередь седловина разделяет крупнейшие отрицательные элементы — Лено-Анабарскую впадину и Центрально-Таймырский желоб. Как показали сейсмические исследования, проведенные ГНЦ ФГУП «Южморгеология» в 2008–2012 гг. в Хатангском заливе, на позднепротерозой-палеозойском этапе территория представляла собой крупную впадину с мощностью осадков более 10 км, получившую название Хатангской [15]. Седловина отличается от прилегающих геоструктур региона стратиграфически полным разрезом осадочного чехла. При этом основную его часть составляет почти непрерывный разрез палеозойских отложений при существенном сокращенном и размытом по периферии юрско-меловом комплексе. В разрезе установлены соленосные отложения. Так, девонские (по возрасту пород в кепроке) соли описаны в Нордвикском районе [8], а диапиры и соляные подушки прослежены на многих сейсмических профилях (см. рис. 10). В формационном отношении разрез седловины сходен с разрезом Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций. К настоящему времени нефтегазонасность доказана в триасовых и пермских отложениях. Основной объем нефтепоисковых работ был выполнен с 1934 по 1953 г. Глубокая разведка проводилась на семи локальных площадях, при этом обнаружены мелкие нефтяные залежи — Нордвикская, Южно-Тигянская, Восточная, Ильинская и Кожевниковская. В 1980-е гг. здесь было пробурено более 10 скважин на разных участках: Южный Тигян-1, Северо-Суолемская, Южно-Суолемская, Улаханская, Гуримисская и др. На Западном Тигяне получены только непромышленные притоки газа. Тектоника этого района неоднозначная и мозаичная в силу того, что на ее формирование оказали влияние и триасовый Рассохинско-Балахнинский рифт, и кайнозойский рифтинг хребта Гаккеля. В ее пределах выделяются Харатумусская впадина, окруженная зонами поднятий — северной Осиповской и южной Сопочной. При этом Сопочную зону, вероятнее всего, надо продлевать на Нордвик (соли). Осиповская зона представляет собой виргацию от Кирыко-Тасса.

Лено-Анабарская впадина является восточным окончанием северного обрамления Сибирской платформы. Мезозойский чехол продолжает систему окраинных мезозойских бассейнов, характеризуется существенно меньшей мощностью юрско-меловых формаций и обилием в них угленосных толщ. Палео-

зойский разрез также существенно изменчив: почти полностью отсутствуют ордовик-каменноугольные отложения, в южной платформенной части преобладает карбонатно-терригенный рифей-кембрийский разрез, а в северной Прилаптевоморской зоне — терригенный пермотриасовый. В северной части Лено-Анабарской впадины вблизи береговой линии расположены Тигяно-Анабарская зона поднятий (Прончищевское, Бастакское, Алаханское куполовидные поднятия и Усть-Оленекский вал) [11].

Анабарская моноклиза характеризуется весьма пологим падением мезозойского комплекса на север. На юге она плавно переходит в Анабарский мегасвод, а на востоке сочленяется с Оленекским сводом [11]. Особенности этой восточной территории являются неудовлетворительная сейсмическая изученность и информативность, связанные, прежде всего, с недостатками примененных здесь технологий сейсмических работ и, как следствие, низкой информативностью данных. Методики, успешно используемые в западных частях региона, в восточном секторе оказались неинформативными.

Между тем Лено-Анабарская впадина может считаться одной из самых перспективных — здесь расположены Тигяно-Анабарская зона поднятий и продолжается Нордвикский вал и Сопочная зона поднятий. Основной объем занимают пермотриасовые толщи, к которым приурочены нефтепроявления на валах и гигантское неизученное Оленекское месторождение битумов. Таким образом, в настоящее время этот восточный регион остается малоизученным.

Лаптевоморская рифтовая система. Это крупный преимущественно кайнозойский бассейн, связанный с Хатырской и Ленской палеодельтами. Отмеченный на карте суперпорядковый элемент — Юго-Западно-Лаптевоморская впадина — представляет эти крупные дельтовые тела. В их основании возможны верхнемеловые — палеогеновые дельты, ниже которых могут быть тектонические блоки — фрагменты северного борта Лено-Анабарского прогиба и Анабаро-Хатангской седловины, разрушенные рифтовым растяжением [19].

Разрывные нарушения. Разломная сеть палеозойского комплекса представлена субширотными региональными срывами (возможно, надвигами) протяженностью до 500 км, ограничивающими или разделяющими суперпорядковые элементы. Картируемые сейсморазведкой и полевыми съемками сбросы, взбросы, сдвиги и надвиги по ориентировке и времени проявления близки к пологим структурам в Западно- и Восточно-Таймырских палеозойских прогибах с амплитудами от первых десятков до сотен метров. Выявлены также более мелкие кайнозойские сбросы, взбросы и сбрососдвиги, хорошо прослеживающиеся на космических снимках складчатой

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

системы Таймыра. На разломах северо-западной ориентировки присутствует сдвиговая компонента (смещение в основном до 10 км, редко до 40 км).

Разломы в мезо-кайнозойском комплексе выделяются, прежде всего, по сейсмическим данным. Наиболее крупные вертикальные тектонические движения, достигающие по амплитуде нескольких километров, возникали в позднем палеозое – мезозое по глубинному Енисей-Хатангскому (Малохетско-Рассохинско-Балахнинскому) разлому шовного типа, который, вероятно, является бортом выделенного Рассохинско-Балахнинского триасового рифта. Тем не менее в пределах Таймырского региона прогнозируется многократное преобладание в разрезе пликативных тектонических деформаций над дизъюнктивными [13]. Действительно, разломы на сейсмических профилях выглядят малоамплитудными (см. рис. 10), напоминая разломы Западной Сибири. Исключение составляют единичные крупные разломы листрического типа, связанные со срывами на бортах и взброснадвигами вдоль валов. Наиболее густая сеть мелкоамплитудных разломов выявлена в пределах сводовых частей мегавалов и на северном борту Центрально-Таймырского желоба. Преобладающая часть разломов затухает в юрских отложениях и только единичные проникают в неокомские. В сводовых частях мегавалов тектонические нарушения чаще всего пронизывают весь разрез мела, формируя цветковые разломы.

Выводы

В геологическом разрезе северного обрамления Сибирской платформы выделяется пять структурных этажей: дорифейский метаморфический фундамент; рифей-палеозойский переходный (древней платформы); верхнепермско-нижнетриасовый рифтовый; среднетриас-верхнемеловой платформенный (моло-

дой платформы); палеоген-четвертичный (альпийской активизации).

Осадочный чехол в основании региона представлен палеозойским переходным терригенно-карбонатным, а в верхней части – терригенно-угленосным, пермотриасовым рифтовым вулканогенно-терригенным и мезо-кайнозойским платформенным терригенными комплексами.

По данным МОГТ (с глубинностью до 18 с), результатам интерпретации магнито-, грави- и электро-разведки методом МТЗ и глубинного сейсмического зондирования обоснована рифтовая модель развития Енисей-Хатангского регионального прогиба.

По результатам обработки и интерпретации по единой методике сейсмических материалов 2000–2017 гг. составлены региональные структурные карты по основным комплексам, которые стали основой тектонических построений.

По палеозойскому и мезо-кайнозойскому комплексам построены структурно-тектонические карты Енисей-Хатангского региона, имеющие принципиально различные площади распространения и формационно-литологические составы.

Уточнены границы распространения возможно перспективного палеозойского нефтегазоносного комплекса в бортовых зоны Енисей-Хатангского регионального прогиба и Таймырской складчатой системы.

Выделены и/или уточнены границы трех главных надпорядковых структур: Центрально-Таймырского желоба, Южно-Таймырской и Северо-Сибирской моноклиз в пределах Енисей-Хатангского регионально-го прогиба.

Впервые на восток до Анабаро-Хатангской седловины прослежены границы развития перспективного клиноформного комплекса.

Литература / References

1. Афанасенков А.П., Вольнов Д.А. Некоторые особенности реализации нефте- и газоматеринских потенциалов юрских отложений Енисей-Хатангской нефтегазоносной области в пределах Центрально-Таймырского желоба // Методы оценки нефте- и газоматеринского потенциала седиментитов. – Т. 1. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – С. 139–140.
Afanasenkov A.P., Volnov D.A. Several points about oil and gas source potential realization of the Jurassic formations of the Yenisei-Khatanga petroleum region within the Central Taimyr trench. Metody otsenki nefte- i gazomaterinskogo potentsiala sedimentitov. Vol. 1. Moscow: Izdatelstvo MGU, 1979. P. 139–140.
2. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В., Бордунов С.И., Луговая О.В., Чикишев А.А., Яковишина Е.В. Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена // Геотектоника. – 2016. – № 2. – С. 23–42.
Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V., Bordunov S.I., Lugovaya O.V., Chikishev A.A., Yakovishina E.V. Tectonics and geological history stages of the Yenisei-Khatanga basin and adjacent Taimyr orogeny. Geotektonika. 2016;(2):23–42.
3. Афанасенков А.П., Лыгин И.В., Обухов А.Н., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Объемная реконструкция тектонических элементов Енисей-Хатангской рифтовой системы по результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации // Геофизика. – 2017. – № 2. – С. 60–68.
Afanasenkov A.P., Lygin I.V., Obukhov A.N., Sokolova T.B., Kuznetsov K.M. Spatial reconstruction of tectonic elements of the Yenisei-Khatanga rift system on the results of integrated geological and geophysical interpretation. Geofizika. 2017;(3):76–88.
4. Балдин В.А., Мунасыпов Н.З. Неопротерозойско-палеозойские и триасовые комплексы Гыдана и Таймыра // Геофизика. – 2017. – № 3. – С. 76–88.
Baldin V.A., Munasyrov N.Z. Noe-Proterozoic-Palaeozoic and Triassic sequences of Gydan and Taimyr. Geofizika. 2017;(3):76–88.

5. Бочкарев В.С., Брехунцов А.М. Проблемы идентификации триасовых грабен-рифтовых систем в Западной Сибири и перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов // Горные ведомости. – 2011. – № 8. – С. 6–23.
Bochkarev V.S., Brekhuntsov A.M. Problems of Triassic graben-rift systems identification in Western Siberia, and petroleum potential of deep horizons. Gornye vedomosti. 2011;(8):6–23.
6. 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.
Vernikovskiy V.A., Dobretsov N.L., Metelkin D.V., Matushkin N.Yu., Kulakov I.Yu. Issues of the Arctic tectonics and tectonic evolution. Geologiya i geofizika. 2013;54(8):1083–1107.
7. Геологический словарь: в 3-х томах; изд. 3-е, перераб. и доп. / Гл. ред. О.В. Петров. – Т. 3. Р–Я. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – 440 с.
Geological dictionary: in 3 volumes; issue 3, updated and revised. In: O.V. Petrov ed. Vol. 3. R–Ya. St. Petersburg: Izdatelstvo VSEGEI; 2012. 440 p.
8. Геология и полезные ископаемые России: в 6 т. Т. 5. Арктические и Дальневосточные моря. Кн. 1. Арктические моря / Ред.: И.С. Грамберг, В.Л. Иванов, Ю.Е. Погребицкий. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 468 с.
Geology and mineral resources of Russia: 6 volumes. Vol. 5. Arctic and Far East seas. Book 1. Arctic seas. In: I.S. Gramberg, V.L. Ivanov, Yu.E. Pogrebitskiy eds. St. Petersburg: Izdatelstvo VSEGEI; 2004. 468 p.
9. Запивалов Н.П., Каштанов В.А. Авлакогены Западной Сибири и нефтегазоносность «фундамента» // Горные ведомости. – 2014. – № 4. С. 46–53.
Zapivalov N.P., Kashtanov V.A. Aulacogens of Western Siberia and hydrocarbon potential of the “basement”. Gornye vedomosti. 2014;(4):46–53.
10. Казаис В.И. Новая тектоническая модель северо-западной части Сибирской платформы по данным геофизического моделирования // Геология нефти и газа. – 2006. – № 5. – С. 52–61.
Kazais V.I. New tectonic model of north-western part of the Siberian Platform according to geophysical modelling. Geologiya nefiti i gaza. 2006;(5):52–61.
11. Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин И.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротерозойско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1253–1274.
Kontorovich V.A., Kontorovich A.E., Gubin I.A., Zoteev A.M., Lapkovskiy V.V., Malyshev N.A., Solovyev M.V., Fradkin G.S. Structural and tectonic features and geological model of Neoproterozoic-Fanerozoic formations of the Anabar-Lena zone. Geologiya i geofizika. 2013;54(8):1253–1274.
12. Криволуцкая Н.А. Эволюция траппового магматизма и Pt-Cu-Ni рудообразование в Норильском районе. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 305 с.
Krivolutskaya N.A. Evolution of trap magmatism and Pt-Cu-Ni ore formation in the Norilsk region. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2014. 305 p.
13. Кушнир Д.Г. Глубинное геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Приенисейской полосы Таймыра и Гыдана // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т. 11. – № 1. – 29 с.
Kushnir D.G. Deep geological structure and petroleum potential of the Yenisey streak of Taimyr and Gydan. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2016;11(1):29.
14. Погребицкий Ю.Е. Палеотектонический анализ Таймырской складчатой области. – Л.: Недра, 1971. – 284 с.
Pogrebitskiy Yu.E. Paleotectonic analysis of the Taimyr orogeny. Leningrad: Nedra; 1971. 284 p.
15. Пронкин А.П., Савченко В.И., Хлебников П.А., Эрнст В.А., Филиппов Ю.А., Афанасенков А.П., Ефимов А.С., Ступакова А.В., Бордунов С.И., Сулова А.А., Сауткин Р.С., Глухова Т.А., Перетолчин К.А. Новые данные о геологическом строении и возможной нефтегазоносности зон сочленения Западно-Сибирской Сибирской и Сибирской платформ со складчатым Таймыром // Геология нефти и газа. – 2012. – № 1. – С. 30–44.
Pronkin A.P., Savchenko V.I., Khllebnikov P.A., Ernst V.A., Filiptsov YU.A., Afanasenkov A.P., Efimov A.S., Stupakova A.V., Bordunov S.I., Suslova A.A., Sautkin R.S., Glukhova T.A., Peretolchin K.A. New data on geological structure and possible petroleum potential of West Siberian and Siberian platforms joint with the folded Taimyr. Geologiya nefiti i gaza. 2012;(1):30–44.
16. Старосельцев В.С., Мельников Н.В., Гришин М.П. и др. Тектоническая карта нефтегазоносных провинций Сибирской платформы. 1:5 000 000. – Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМСа, 2005.
Staroseltsev V.S., Melnikov N.V., Grishin M.P. et al. Tectonic map of petroleum provinces of the Siberian Platform. 1:5 000 000. Novosibirsk: Izdatelstvo SNIIGGIMSa; 2005.
17. Сурков В.С., Варламов А.И., Ефимов А.С., Гришин М.П., Кузнецов В.Л., Старосельцев В.С., Лотышев В.И., Смирнов Л.В. Консолидированная кора платформенных областей Сибири // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 3–9.
Surkov V.S., Varlamov A.I., Efimov A.S., Grishin M.P., Kuznetsov V.L., Staroseltsev V.S., Lotyshev V.I., Smirnov L.V. Consolidated crust of the Siberian platform areas. Razvedka i okhrana neдр. 2007;(8):3–9.
18. Тальвирский Д.Б. Тектоника Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и сопредельных территорий по геофизическим данным. – М.: Недра, 1976. – 168 с.
Talvirskiy D.B. Tectonics of Yenisei-Khatanga oil and gas bearing area and adjacent territory according to geophysical data. Moscow: Nedra; 1976. 168 p.
19. Фролов С.В., Коробова Н.И., Бакай Е.А., Курдина Н.С. Углеводородные системы и перспективы нефтегазоносности Анабаро-Ленского прогиба // Георесурсы. – 2017. – Спецвыпуск; Ч. 2. – С. 173–185
Frolov S.V., Korobova N.I., Bakay E.A., Kurдина N.S. Hydrocarbon systems and petroleum potential of the Anabar-Lena trough. Georesursy. 2017;Spetsvyppusk(2):173–185.
20. Geoffroy L., Burov E.B., Werner P. Volcanic passive margins: another way to break up continents. *Scientific reports.* 2015;5.
21. Paton D.A., Pindell J., McDermott K., Bellingham P., Horn B. Evolution of seaward-dipping reflectors at the onset of oceanic crust formation at volcanic passive margins: Insights from the South Atlantic. *Geology.* 2017;45(5):439–442.
22. Unger A.V., Nikishin A.M., Kuzlyapina M.A., Afanasenkov A.P. Evolution of the Inversion Megasequences of the Yenisei-Khatanga Basin. *Moscow University Geology Bulletin.* 2017;72(3):164–171.