



ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА

В.А. Конторович, С.В. Ершов, Л.М. Бурштейн

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, Россия,
e-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru*

Построена модель геологического строения и выполнена оценка перспектив нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба. Осуществлено построение сейсмогеологических разрезов, структурных, тектонических карт, выполнен структурно-тектонический анализ. Сделан вывод о том, что в исследуемом районе наибольший интерес в отношении поиска крупных нефтяных скоплений представляет неокомский клиноформный комплекс, в котором сконцентрировано около 90 % запасов нефти, газа и конденсата этого региона. Следует ожидать, что значительные по запасам нефтяные залежи, локализованные в берриас-валанжинских песчаных пластах, будут контролироваться сложнопостроенными структурно-литологическими и литологическими неантиклинальными ловушками.

Енисей-Хатангский региональный прогиб, сейсмогеологический разрез, структурная карта, нефтегазоносная область, месторождение, нефтяная залежь, осадочный комплекс, поднятие, клиноформа, неантиклинальная ловушка

GEOLOGICAL STRUCTURE AND OIL AND GAS POTENTIAL OF THE YENISEI-KHATANGA REGIONAL TROUGH

V.A. Kontorovich, S.V. Ershov, L.M. Burshtein

*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Koptug Ave., 3, Novosibirsk, 630090, Russia,
e-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru*

A model of the geological structure was constructed and the oil and gas potential prospects of the Yenisei-Khatanga regional trough were assessed. Construction of seismogeological sections, structural and tectonic maps, structural and tectonic analysis was carried out. It was concluded that the Neocomian clinoform complex, which contains about 90 % of oil, gas and condensate reserves in this region, is of the greatest interest in the study area in terms of searching for large oil accumulations. It should be expected that significant oil reservoirs localized in the Berriasian–Valanginian sand formations will be controlled by complex structural-lithological and lithological non-anticlinal traps.

Yenisei-Khatanga regional trough, seismogeological cross-section, structural map, oil and gas area, field, oil reservoir, sedimentary complex, uplift, clinoform, non-anticlinal trap

ВВЕДЕНИЕ

Енисей-Хатангский региональный прогиб расположен в южной части полуострова Таймыр, на севере Красноярского края. В тектоническом плане Енисей-Хатангский прогиб (ЕХП) традиционно рассматривается в составе Сибирской платформы. Связано это с тем, что в этом регионе отложения осадочного чехла залегают на древнем архейско-протерозойском фундаменте.

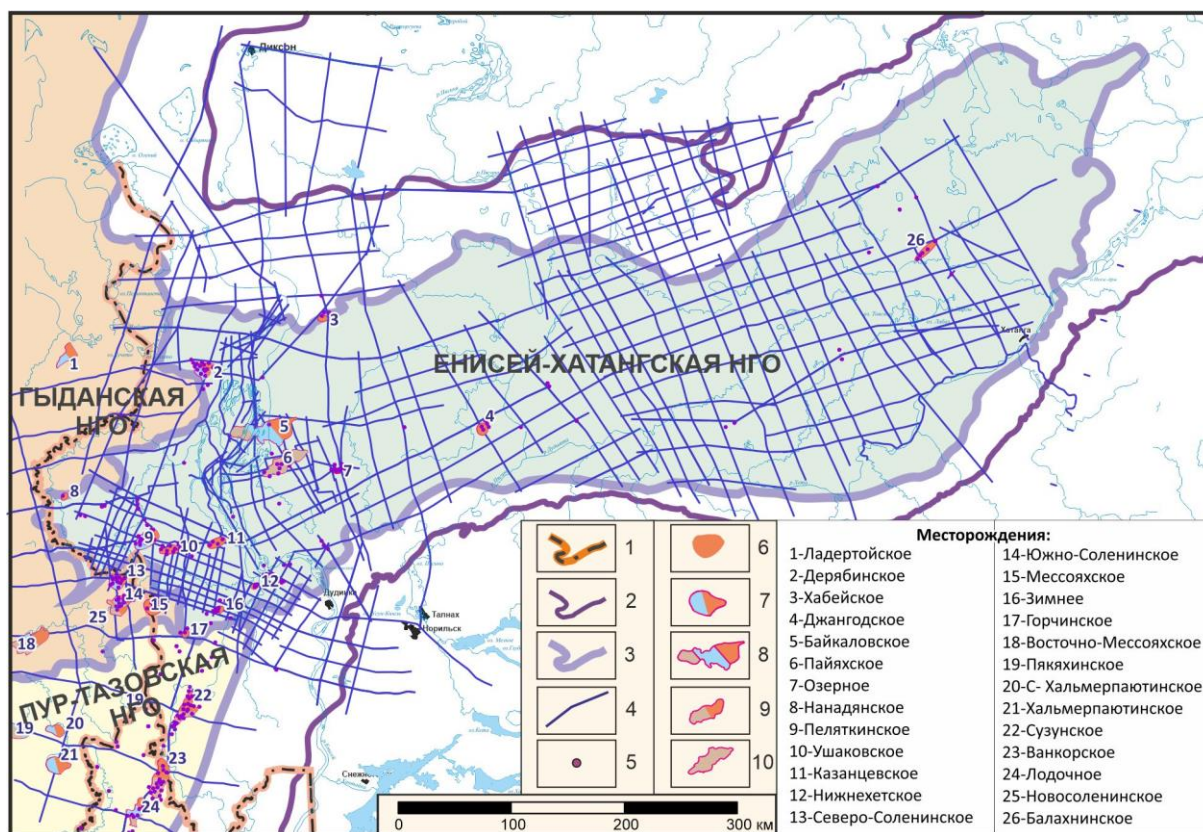


Рис. 1. Обзорная карта Енисей-Хатангского регионального прогиба. Границы: 1 – административная, 2 – ЕХП, 3 – НГО; 4 – региональные профили МОГТ, 5 – скважины; *месторождения*: 6 – газовые, 7 – газоконденсатные, 8 – нефтегазоконденсатные, 9 – нефтегазовые, 10 – нефтяные

В то же время залегающие на больших глубинах палеозойские платформенные отложения перекрыты мощной толщей мезозойско-кайнозойских платформенных отложений, геологическое строение которых абсолютно аналогично отложениям мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы. Учитывая, что в этом регионе наибольший интерес в отношении нефтегазоносности представляют традиционные для Западной Сибири юрско-меловые отложения, в плане нефтегазогеологического районирования Енисей-Хатангский региональный прогиб выделен в составе одноименной нефтегазоносной области (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП).

Целенаправленные геолого-геофизические исследования Енисей-Хатангского регионального прогиба, проводились, главным образом, в 50–80-х гг. прошлого столетия. Значительный вклад в его изучение внесли Г.Д. Гинсбург, И.С. Грамберг, В.В. Гребенюк, А.И. Данюшевская, Г.Н. Карцева, А.Э. Конторович, В.Д. Накоряков, Л.Л. Кузнецов, И.Д. Полякова, З.З. Ронкина, В.Н. Сакс, В.Г. Сибгатулин, Д.С. Сороков, В.С. Сурков, Д.Б. Тальвирский, А.А. Трофимук и др. На этом этапе исследований были выявлены основные особенности геологического и тектонического строения Енисей-Хатангского регионального прогиба, определено его взаимоотношение с обрамляющими структурами и выполнены первые оценки перспектив нефтегазоносности.

В 90-е годы прошлого столетия геологоразведочные работы в этом регионе носили несистемный фрагментарный характер, а накопленный геолого-геофизический материал практически не анализировался на современном научном уровне.

Начиная с 2007 г. геологическое изучение арктических районов Сибири было возобновлено. Региональные сейсморазведочные работы МОГТ в Енисей-Хатангском региональном прогибе и на сопредельных территориях Гыданской НГО выполнялись в рамках Федеральных программ Роснедра, активно участвуют в изучении региона Российские компании ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром» и ОАО «НОВАТЭК». В настоящее время в ЕХП отработано 2910 км региональных сейсмических профилей (плотность сети – 0.09 км/км²), анализ которых позволяет на новом информационном уровне построить модели геологического строения и уточнить перспективы нефтегазоносности этого региона (рис. 1).

Выполненные в ИНГГ СО РАН под руководством академика А.Э. Конторовича научные исследования, включающие всесторонний анализ геолого-геофизических материалов: сейсмические материалы, данные бурения и ГИС, геологические, геохимические, литологические, петрофизические и т. д. исследования, являются крупнейшим за 50 лет научным обобщением по геологии и нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба.

МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, СЕЙМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Выше было отмечено, что в тектоническом плане Енисей-Хатангский прогиб относится к Сибирской платформе. В рамках существующих тектонических схем эта региональная депрессия на западе граничит с Западно-Сибирской геосинеклизой, на севере с Таймырской складчатой областью, на юге с Курейской синеклизой, на востоке с Анабаро-Хатангской седловиной.

На рисунке 2 приведен сейсмогеологический разрез по профилю Reg_IX, пересекающий Енисей-Хатангский региональный прогиб в меридиональном направлении и характеризующий геологическое строение этого региона. Анализ волновых полей позволяет выделить в разрезе осадочного чехла исследуемого региона два макрокомплекса, слагающих два структурных яруса – верхнепротерозойско-палеозойский и мезозойский [Конторович, 2011; Афанасенков и др., 2016; Конторович, Филиппов, 2021].

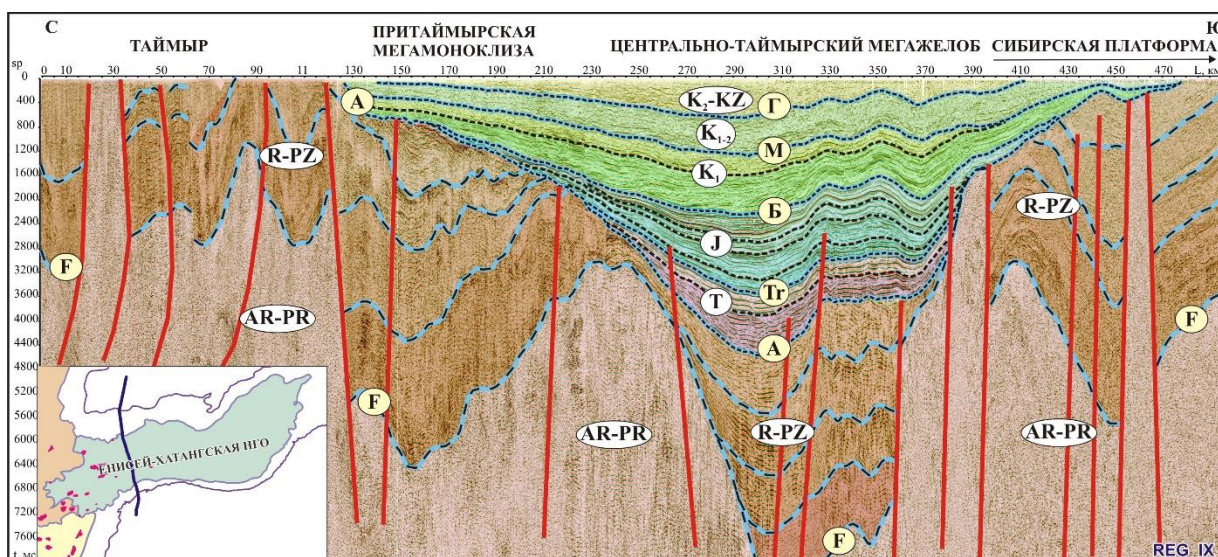


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по профилю Reg_IX (Енисей-Хатангский региональный прогиб)

Анализ геолого-геофизических материалов показал, что верхнепротерозойско-палеозойский комплекс платформенных отложений развит и на северо-востоке Западно-Сибирской геосинеклизы в Тагульско-Сузунской зоне, на полуострове Гыданский и в южной части Карского моря (рис. 3).

В разрезе верхнепротерозойско-палеозойских отложений выделяются четыре сейсмокомплекса, в разрезе мезозоя – пять традиционных для Западной Сибири сейсмогеологических мегакомплексов: триасовый, юрский, неокомский (берриас-нижнеаптский), апт-альб-сеноманский и коньяк-кайнозойский [Конторовичи др., 2001; Конторович, 2009, 2011; Конторович, Филиппов, 2021].

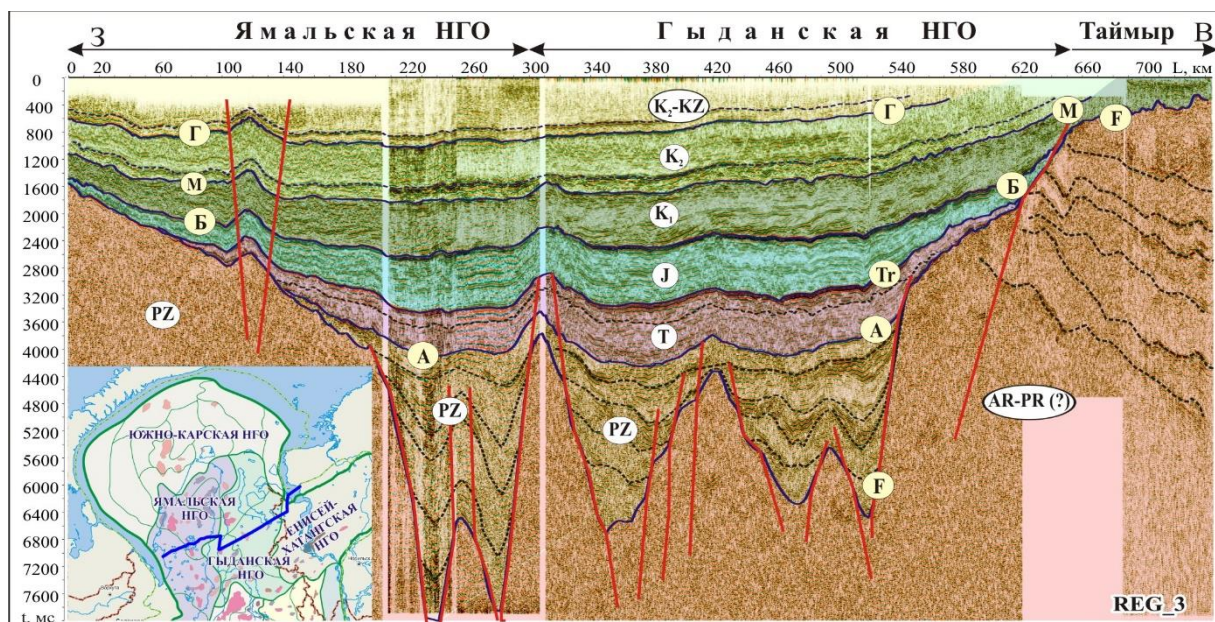


Рис. 3. Сейсмогеологический разрез по профилю Reg_III (полуострова Ямал и Гыданский)

На сейсмических разрезах Енисей-Хатангского регионального прогиба временные мощности верхнепротерозойско-палеозойского и мезозойского макрокомплексов достигают 5–6 с. При средних скоростях распространения продольных сейсмических волн 3.0–3.5 км/с в терригенных отложениях мезозоя и 4.5–5.5 км/с в терригенно-карбонатных отложениях палеозоя максимальные толщины мезозойского и неопротерозойско-палеозойского осадочных макрокомплексов Енисей-Хатангского регионального прогиба составляют 8–9 и 10–13 км соответственно.

На южном и северном бортах прогиба верхнепротерозойско-палеозойские отложения с перерывом несогласно перекрыты мезозойско-кайнозойскими осадочными комплексами.

В этих зонах древние и молодые отложения слагают два принципиально отличающихся по строению структурных яруса и выделяются инверсионные структуры (рис. 4).

В осевой, наиболее прогнутой части прогиба, палеозойские отложения без видимого перерыва перекрыты мезозойскими отложениями, при этом древние и молодые осадочные комплексы залегают субпараллельно.

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции наиболее крупные скопления нефти и газа сконцентрированы в осадочных мегакомплексах, перекрытых выдержанными на значительные расстояния реперными глинистыми пачками – мегарегиональными флюидоупорами [Казаринов, 1963; Конторович и др., 2001; Конторович, 2009]. В мезозойско-кайнозойском осадочном чехле Западной Сибири выделяется четыре региональных нефтегазоносных мегакомплекса: триасовый (Т), юрский (J), неокомский (берриас-нижнеаптский) (К₁) и апт-альб-сеноманский (К₁–К₂). В верхней части разреза залегает турон-кайнозойский осадочный комплекс. Все Западно-Сибирские мегакомплексы развиты и в Енисей-Хатангском региональном прогибе (см. рис. 3, 4). В качестве мегарегионального флюидоупора для

залежей в верхней юре выступают гольчихинская свита и пачки аргиллитов яновстановской свиты. Аналогами кошайской (нейтинской) пачки и кузнецовской свиты являются, соответственно, глинистая толща, залегающая в верхней части малохетской свиты и дорожковская свита. Стратификация реперных отражающих горизонтов исследуемого региона приведена в табл. 1.

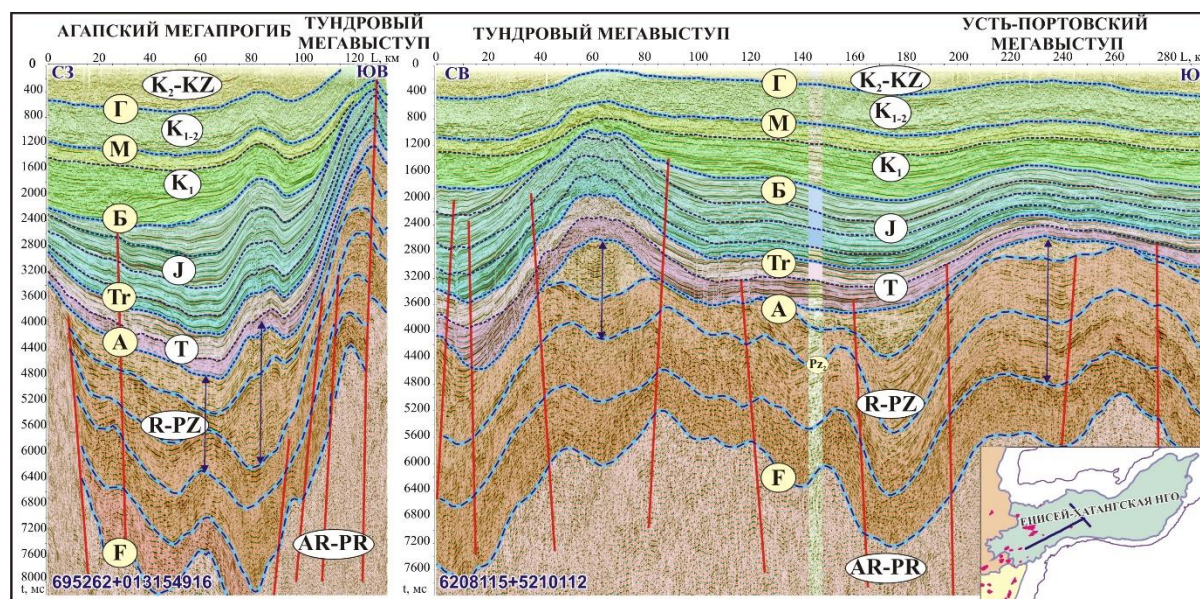


Рис. 4. Сейсмогеологическая характеристика Енисей-Хатангского регионального прогиба (инверсионные структуры)

Таблица 1

Стратификация реперных отражающих горизонтов

Индексы отражающих горизонтов	Стратиграфическая приуроченность (Западная Сибирь)	Стратиграфическая приуроченность (Енисей-Хатангский региональный прогиб)
F	Кровля палеозоя	Кровля фундамента
A	Подошва MZ–KZ осадочного чехла	Подошва MZ–KZ макрокомплекса/кровля палеозоя
Tr	Кровля триаса/подошва юры	Кровля триаса/подошва юры
Б	Кровля баженовской свиты и ее аналогов, верхняя юра, волжский ярус	Кровли гольчихинской, яновстановской свит/кровля юры
М	Кровля кошайской (нейтинской) пачки, нижний мел, апт	Кровля малохетской свиты, нижний мел, апт
Г	Кровля кузнецовской свиты, верхний мел, турон	Кровля дорожковской свиты, верхний мел, турон

РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В рамках исследований, проведенных в ИНГГ СО РАН, на базе комплексной интерпретации материалов сейсморазведки, ГИС и глубокого бурения на территорию Енисей-Хатангского прогиба и

прилегающих регионов по всем реперным мезозойским отражающим горизонтам, а также по кровлям палеозоя и фундамента были построены структурные и тектонические карты и схемы.

Анализ этих материалов показал, что структурные планы всех реперных горизонтов Енисей-Хатангского регионального прогиба в значительной степени подобны и подавляющее большинство тектонических элементов выделяется в рельефах всех стратиграфических уровней. При этом контрастность рельефов и амплитуд большинства крупных положительных и отрицательных структур существенно уменьшается вверх по разрезу [Конторович и др., 2001; Конторович, 2009, 2011]. Остановимся кратко на региональной структурно-тектонической характеристике исследуемой территории, взяв за основу традиционно используемый в Западной Сибири рельеф кровли юры (рис. 5).

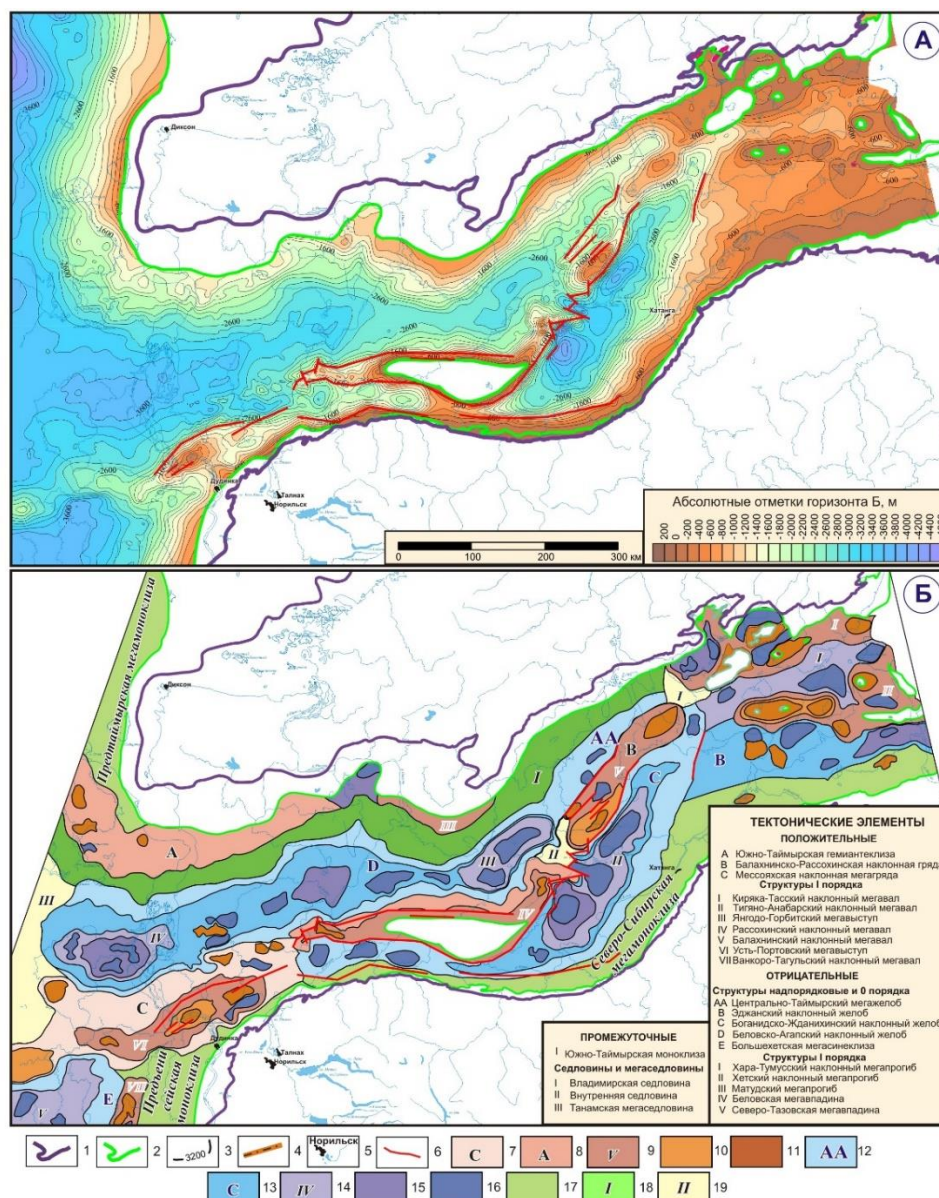


Рис. 5. Структурная карта (А) и карта тектонического районирования (Б) кровли юрского мегакомплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающих территорий: 1 – граница Енисей-Хатангского регионального прогиба; 2 – граница распространения юрских отложений; 3 – изогипсы кровли юры, м; 4 – административные границы; 5 – гидросеть, населенные пункты; 6 – разрывные нарушения. Тектонические элементы: *положительные*: 7 – надпорядковые, 8 – 0 порядка, 9 – I порядка, 10 – II порядка, 11 – III порядка; *отрицательные*: 12 – надпорядковые, 13 – 0 порядка, 14 – I порядка, 15 – II порядка, 16 – III порядка; *промежуточные*: 17 – мегамоноклизы, 18 – моноклизы, 19 – седловины и мегаседловины

В бортовых частях Енисей-Хатангского регионального прогиба расположены Предтаймырская, Предъенисейская и Северо-Сибирская мегамоноклизы, в пределах которых структурные поверхности мезозойских горизонтов регионально воздымаются в направлении Сибирской платформы и Таймырской складчатой области.

В наиболее прогнутой, осевой части Енисей-Хатангского регионального прогиба, находится Центрально-Таймырский мегажелоб, осложненный Беловско-Агапским и Боганидско-Жданихинский наклонными желобами. Эти депрессии, осложненные в свою очередь мегавпадинами, впадинами и прогибами II–IV порядков, разделены цепочкой контрастных поднятий, объединенных в Балахнинско-Рассохинскую наклонную гряду, которая на западе через систему дизъюнктивных нарушений граничит с Мессояхской наклонной мегагрядой. В западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба расположена Танамская мегаседловина, которая отделяет его от Западно-Сибирской геосинеклизы, в приграничных частях которой расположены Большехетская и Антипаютинская мегавпадины (мегасинеклизы).

Беловско-Агапский наклонный желоб – отрицательная структура 0 порядка протягивается через центральную и западную части Енисей-Хатангского регионального прогиба и раскрывается в западном направлении, в направлении Западно-Сибирской геосинеклизы. С севера депрессия ограничена Южно-Таймырской мегамоноклизой и Гыданским мегавыступом, на юге – северным склоном Мессояхской наклонной мегагряды. Беловско-Агапский желоб в восточной части осложнен Агапским мегапрогибом, в западной – Беловской мегавпадиной.

Боганидско-Жданихинский наклонный желоб, полузамкнутая отрицательная структура 0 порядка, также имеет субширотную ориентировку и протягивается от Мессояхской гряды до восточного окончания Центрально-Таймырского мегажелоба. Желоб осложнен Хетским мегапрогибом и серией более мелких депрессий.

Беловско-Агапский и Боганидско-Жданихинский желоба отделены *Балахнинско-Рассохинской наклонной грядой* – полузамкнутой положительной структурой 0 порядка, которая осложнена Рассохинским и Балахнинским мегавалами. На западе Балахнинско-Рассохинская гряда через систему разломов переходит в Мессояхскую наклонную мегагряду – внепорядковую линейную положительную структуру, рассекающую в широтном направлении всю территорию Западно-Сибирской геосинеклизы.

Мессояхская наклонная гряда регионально погружается в восточном направлении, рассекая всю территорию Западно-Сибирского осадочного бассейна. В восточной расположенной в пределах Енисей-Хатангской НГО части мегагряды выделяется УстьПортовский мегавыступ, который в свою очередь осложнен серией положительных структур II–IV порядков.

Восточные районы Енисей-Хатангского регионального прогиба тяготеют к Анабаро-Хатангской мегаседловине, которая является классической структурой Сибирской платформы, в пределах которой развита мощная толща неопротерозойско-палеозойских платформенных отложений и резко сокращены толщины мезозоя. В этой зоне в рельефах мезозойских горизонтов выделены Эджарский мегажелоб и Киряко-Тасский наклонный мегапрогиб, между которыми расположен Тигяно-Анабарский наклонный мегавал.

Выполненный в процессе проведенных исследований анализ мезозойско-кайнозойской истории тектонического развития показал, что Енисей-Хатангский региональный прогиб унаследованно развивался на протяжении всей мезозойско-кайнозойской истории. В отличие от северных районов Западно-Сибирского мегабассейна, где доминирующее влияние на современное строение осадочного чехла оказали кайнозойские тектонические процессы [Конторович и др., 2001, 2017], в Енисей-Хатангском

региональном прогибе определяющим стал берриас-аптский этап развития, когда в рельефе кровли юры был сформирован современный облик практически всех ключевых положительных и отрицательных структур [Конторович, 2011; Конторович и др., 2017].

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Северные районы Западной Сибири являются преимущественно газоносными и в этом регионе основные запасы углеводородов сконцентрированы в апт-альб-сеноманских резервуарах и локализованы в антиклинальных ловушках.

Енисей-Хатангская НГО на западе граничит с Гыданской НГО, в пределах которой наиболее перспективными в отношении нефтегазоносности являются верхнеаптские отложения; к юго-востоку от рассматриваемого региона находится Пур-Тазовская НГО, где нефтегазоносность также связана с апт-альб-сеноманским комплексом, в первую очередь, с сеноманскими резервуарами.

Результаты проведенных в Енисей-Хатангском регионе геологоразведочных и нефтегазопроисловых работ показали, что здесь наиболее перспективным в отношении нефтегазоносности является неокимский комплекс пород.

В настоящее время в Енисей-Хатангской НГО открыто 17 месторождений. Большинство месторождений газовые и газоконденсатные, нефтяные залежи открыты в меловых отложениях на Пайяхской, Новосоленинской и Байкаловской площадях. Подавляющая часть запасов нефти, газа и конденсата (более 95 %) на западе Енисей-Хатангской НГО сосредоточена в берриас-нижнеаптских отложениях, в том числе около 90 % в области развития клиноформного комплекса.

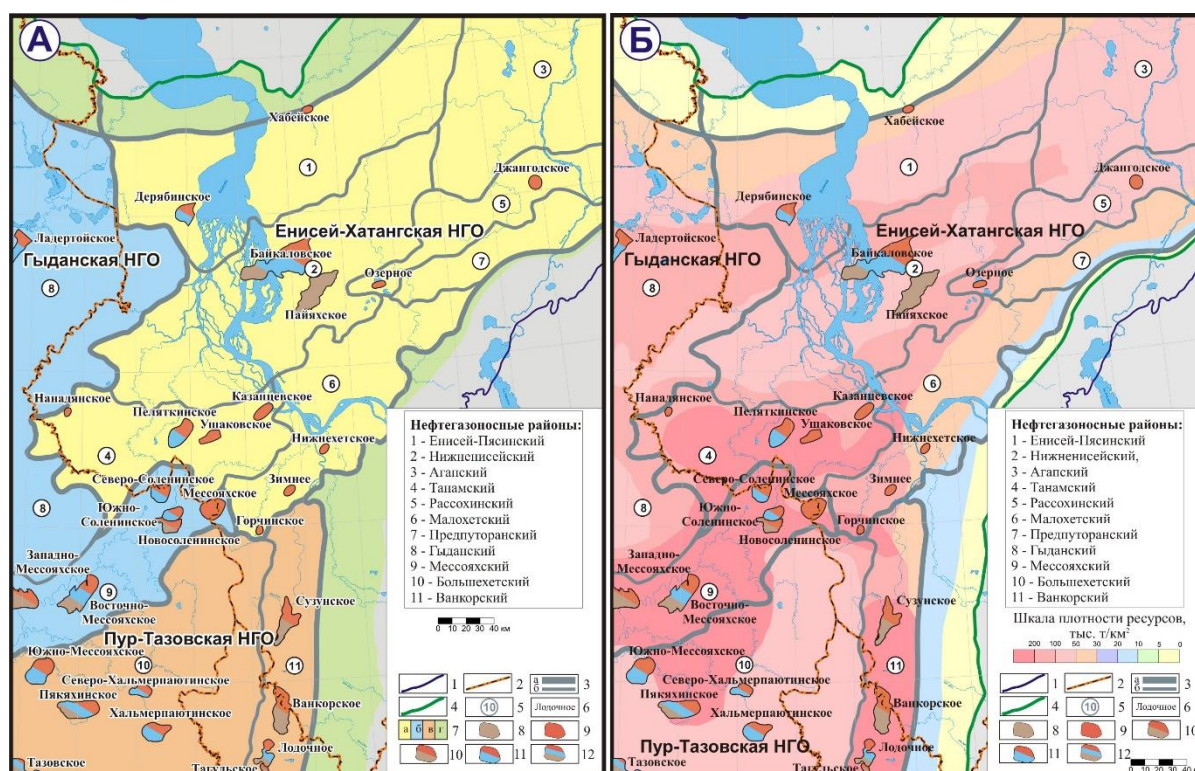


Рис. 6. Карты нефтегазгеологического районирования (А) и плотностей начальных геологических ресурсов УУВ юрско-меловых отложений северо-западных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [Конторович, Ершов, 2010]. Границы: 1 – мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, 2 – административные, 3 – НГО (А) и НГР (Б), 4 – перспективных земель; 5 – номера НГР; 6 – названия месторождений; 7 – перспективные земли: а – Енисей-Хатангская НГО, б – Гыданская НГО, в – Пур-Тазовская НГО, г – малоперспективные земли; месторождения УУВ: 8 – нефтяные, 9 – газовые, 10 – газонефтяные, 11 – газоконденсатные, 12 – нефтегазоконденсатные

В ИНГГ СО РАН в рамках проектов НИР и по заказам нефтегазовых компаний были выполнены комплексные научные работы по изучению геологического строения и оценке перспектив нефтегазоносности западных, наиболее перспективных районов Енисей-Хатангского прогиба. В рамках этих исследований была уточнена схема нефтегазогеологического районирования и построены карты плотностей ресурсов УВ с дифференциацией по нефтегазоносным комплексам и типам флюида (рис. 6). Выполненные исследования показали, что этот регион представляет значительный интерес в отношении газоносности, но и с позиции поиска жидких углеводородов и здесь следует ожидать открытия крупных нефтяных месторождений в нижнемеловых отложениях. Последующими нефтепоисковыми работами этот прогноз был полностью подтвержден и даже превзошел ожидания. В настоящее время в этой зоне открыто крупнейшее за 30 лет уникальное по запасам Пайяхское нефтяное месторождение.

Нефтепроизводящие породы

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции основной нефтепроизводящей формацией является уникально обогащенная аквагенным органическим веществом баженовская свита.

На северо-востоке Западной Сибири глинисто-кремнисто-карбонатные породы баженовской свиты замещается гольчихинской и яновстановской свитами. Гольчихинская свита сложена преимущественно аргиллитами, яновстановская – аргиллитами с прослоями алевролитов и песчаников. В ИНГГ СО РАН на протяжении многих лет выполнялись геохимические исследования, посвященные оценке генерационного потенциала этих толщ [Конторович и др., 1999; Захрямина и др., 2010; Ким, Родченко, 2013, 2016; Болдушевская и др., 2016; Родченко, 2016; Ершов и др., 2017].

Анализ геолого-геохимических материалов показал, что органическое вещество верхнеюрских отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающих районов Западно-Сибирской геосинеклизы имеет неоднородный состав и представляет собой смесь террагенной и аквагенной органики. Фито-зоогенное и бактериогенное органическое вещество образовывалось непосредственно в морском бассейне; связанная с высшей наземной растительностью органика поступала в бассейн, главным образом, с Сибирской платформы и частично с полуострова Таймыр вместе с терригенными осадками.

Соотношение между аквагенным и террагенным органическим веществом в разрезе верхнеюрских отложений не остается постоянным: уровни, в которых доля аквагенного органического вещества максимальна, выявлены в низах и верхней части гольчихинской свиты и в различных частях яновстановской свиты.

Анализ углеводородов-биомаркеров также показал, что в этом регионе нефти меловых залежей генетически связаны, главным образом, с обладающей повышенным генерационным потенциалом органическим веществом аквагенного и смешанного генезиса, сконцентрированным в верхних частях гольчихинской и яновстановской свит, которые в настоящее время находятся в главной зоне нефтеобразования.

В целом, результаты проведенных исследований показали, что глинистые пачки, залегающие в верхних частях гольчихинской и яновстановской свит, содержат повышенные концентрации аквагенного и смешанного органического вещества, находятся в главной зоне нефтеобразования, обладают высоким генерационным потенциалом и являются основным источником нефтей в меловых резервуарах Енисей-Хатангской НГО и прилегающих территорий Гыданской и Пур-Тазовской НГО.

Ловушки нефти и газа

Выше было отмечено, что на севере Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции подавляющее большинство залежей углеводородов сконцентрировано в апт-альб-сеноманских песчаных пластах.

Уникальные по запасам массивные газовые залежи Надым-Тазовского междуречья (Уренгойского, Медвежьего, Ямсовейского, Русского, Харампурского, Южно-Русского и других месторождений) локализованы в сеноманском песчаном горизонте ПК₁, залегающем под кузнецовским региональным флюидоупором; газовые скопления Гыданской НГО (Геофизическое, Гыданское, Салмановское, Штормовое, Трехбугорное и др. месторождения) сконцентрированы, главным образом, в пластах группы ТП и сверху экранированы яронгским (ханты-мансийским) флюидоупором. Все эти залежи контролируются высокоамплитудными антиклинальными структурами III–IV порядков, формирование которых связано с поздней мел-кайнозойской тектонической активизацией.

Большинство открытых в Енисей-Хатангской НГО залежей УВ также контролируется антиклинальными структурами. К этому типу объектов относятся Байкаловское, Южно-Соленинское, Северо-Соленинское, Пеляткинское и другие месторождения. В то же время анализ геолого-геофизических материалов показал, что существенно более значительная часть ресурсов углеводородов этого региона может быть локализована в сложнопостроенных неантиклинальных ловушках.

Енисей-Хатангский региональный прогиб представляет собой относительно узкую депрессионную зону, осевая часть которой испытывала тенденцию к погружению на протяжении всего мезозоя и кайнозоя. Такое строение и характер развития территории не является благоприятным для формирования крупных антиклинальных структур. Анализ истории тектонического развития Енисей-Хатангского прогиба показал, что в этом регионе вертикальные тектонические движения, формирующие антиклинальные структуры-ловушки, происходили, главным образом, в юре и берриас-апте, а на последующих этапах развития происходило регионально погружение осевой части прогиба относительно Сибирской платформы и складчатого Таймыра [Конторович, 2011].

Эти обстоятельства предопределили тот факт, что на большей части Енисей-Хатангского регионального прогиба непосредственно в депрессионной зоне и на достаточно крутых бортах формировались относительно небольшие по размерам замкнутые положительные структуры (рис. 7). При этом, амплитуды большинства этих поднятий существенно уменьшаются вверх по разрезу. Большая часть положительных структур III–IV порядков, которые могут служить антиклинальными ловушками для залежей углеводородов, выделяются в структурных планах юрских и неокомских горизонтов и отсутствует в рельефах апт-альб-сеноманских стратиграфических уровней.

Невысокие перспективы нефтегазоносности апт-альб-сеномана Енисей-Хатангской НГО также связаны с тем, что на этой территории происходит опесчанивание этой части разреза и, в частности, кузнецовского регионального флюидоупора; на правобережье Енисея турон-кайнозойский разрез практически полностью представлен песками, не способными удерживать залежи углеводородов.

В тоже время среднеаптские глины, залегающие в основании яковлевской свиты, а также внутринеокомские флюидоупоры получили на исследуемой территории существенно более широкое распространение, что при наличии ловушек создает благоприятные предпосылки для формирования нефтяных залежей.

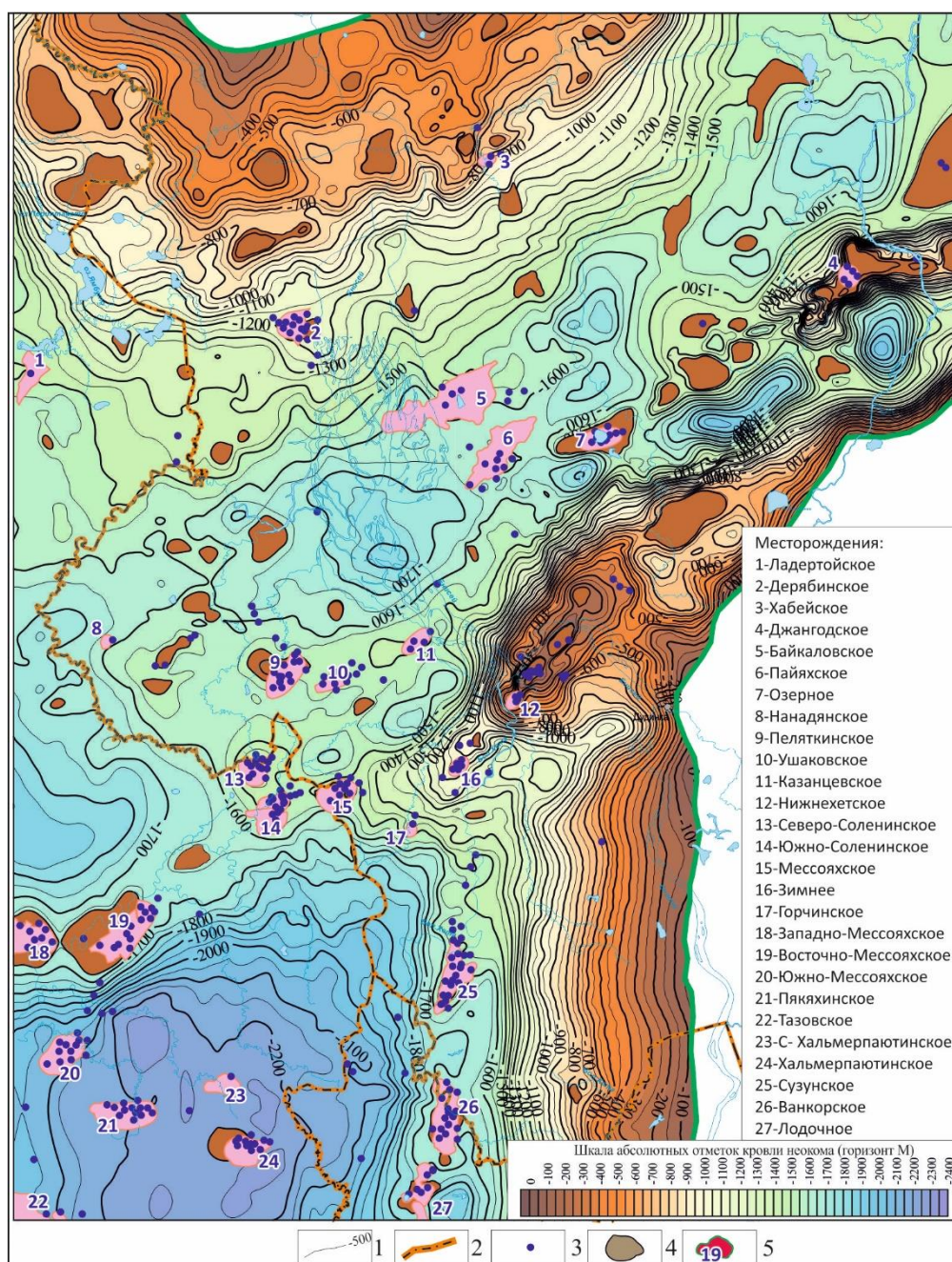


Рис. 7. Структурная карта по кровле неокомского осадочного комплекса (горизонт М). 1 – изогипсы горизонта М, 2 – административные границы, 3 – скважины, 4 – поднятия-ловушки, 5 – месторождения

Анализ структурной карты по кровле неокома показал, что фонд неизученных бурением структур в западной части Енисей-Хатангского прогиба крайне ограничен (см. рис. 7) и перспективы нефтегазоносности этого региона связаны, главным образом, со сложнопостроенными структурно-литологическими и литологическими ловушками, получившими широкое распространения в отложениях неокома.

В Енисей-Хатангском региональном прогибе, как и в Западной Сибири неокомский комплекс пород имеет клиноформное строение [Наумов и др., 1977; Онищук и др., 1977; Ершов и др., 2009; Исаев и др., 2010, 2011; Конторович, 2011; Ершов, 2018] (рис. 8).

В берриас-нижнеаптских отложениях исследуемого региона выделено 16 сейсмокомплексов, 13 из которых (берриас-готеривские) на территории Енисей-Хатангской НГО имеют клиноформное строение.

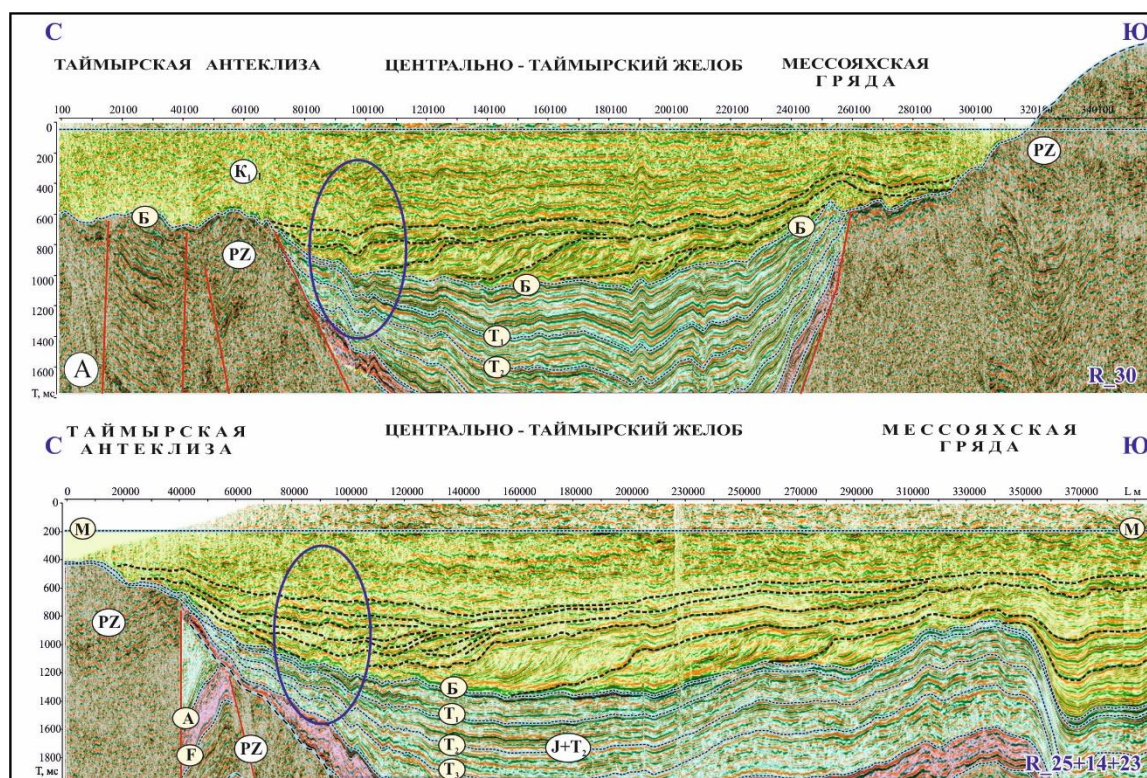


Рис. 8. Сейсмогеологическая характеристика неокомских отложений Енисей-Хатангского прогиба (палеоразрезы, выравненные по горизонту М)

По аналогии с Западно-Сибирской геосинеклизой Енисей-Хатангский неокомский бассейн имеет ярко выраженное ассиметричное строение. Здесь также клиноформы наклонены, главным образом в северо-западном направлении и доходят практически до складчатого Таймыра, где встречаются с невыразительными встречными клиноформами юго-восточного падения. Это свидетельствует о том, что в берриас-барреме основной источник сноса находился на юго-востоке, на Сибирской платформе, а Таймыр располагался гипсометрически существенно ниже и представлял собой низменную равнину (см. рис. 8).

Пайяхско-Байкаловская зона нефтенакопления

В 2015 г. по заказу ОАО «Независимая нефтяная компания» (АО «Нефтегазхолдинг») в ИНГГ СО РАН под руководством академика А.Э. Конторовича была выполнена оценка перспектив нефтегазоносности Нижнеенисейского района, расположенного в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба (рис. 9).

К моменту проведения этих исследований в Нижнеенисейской зоне были открыты Пайяхское (1990 г.) и Байкаловское (2009 г.) месторождения, изученные одной–двумя скважинами; по запасам месторождения были отнесены к категории средних.

В рамках исследований, выполненных в ИНГГ СО РАН, была построена модель геологического строения меловых отложений, проанализировано строение резервуаров и генерационный потенциал нефтепроизводящих формаций, выполнена количественная оценка, построены карты плотностей ресурсов нефти и газа и сделан вывод о высоких перспективах нефтегазоносности Нижнеенисейской зоны (рис. 10). По результатам выполненной оценки локализованные извлекаемые ресурсы нефти в этой зоне составили 500 млн. т.

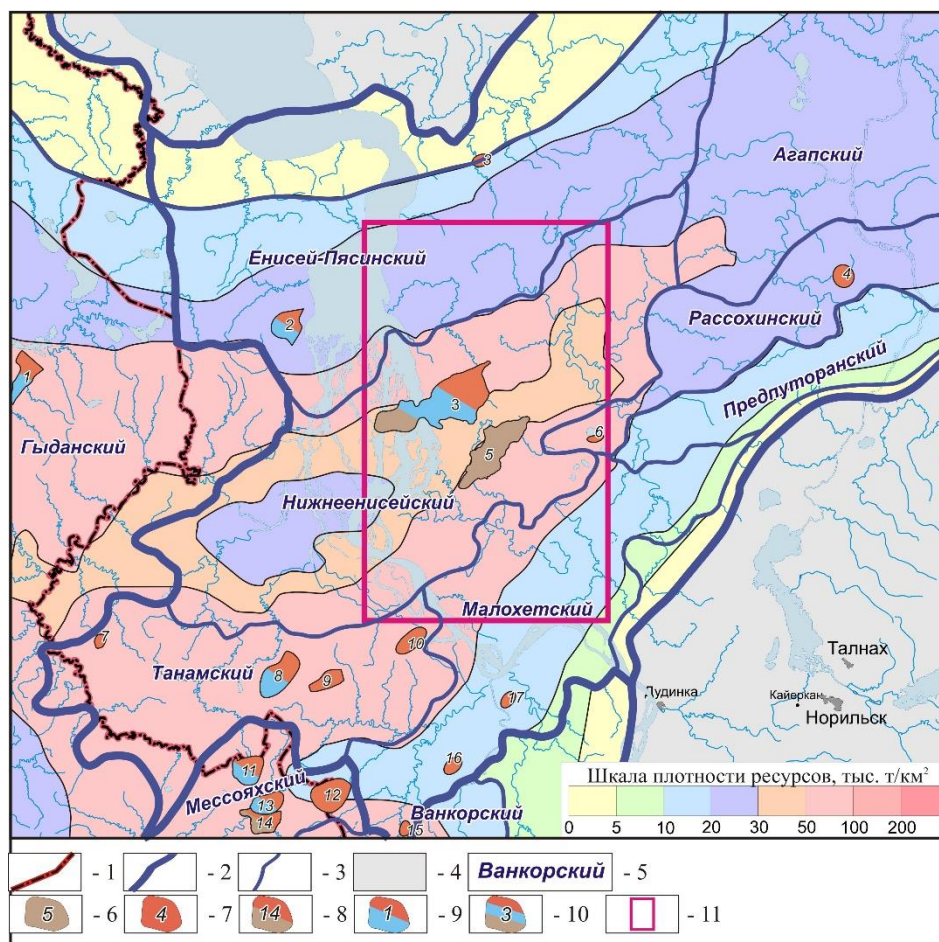


Рис. 9. Карта плотностей начальных геологических ресурсов нефти в меловых комплексах западной части Енисей-Хатангской нефтегазоносной области. Границы: 1 – административные, 2 – НГП, 3 – НГР; 4 – бесперспективные земли; 5 – названия НГР; месторождения: 6 – нефтяные, 7 – газовые, 8 – газонефтяные, 9 – газоконденсатные, 10 – нефтегазоконденсатные; 11 – Нижнеенисейский район

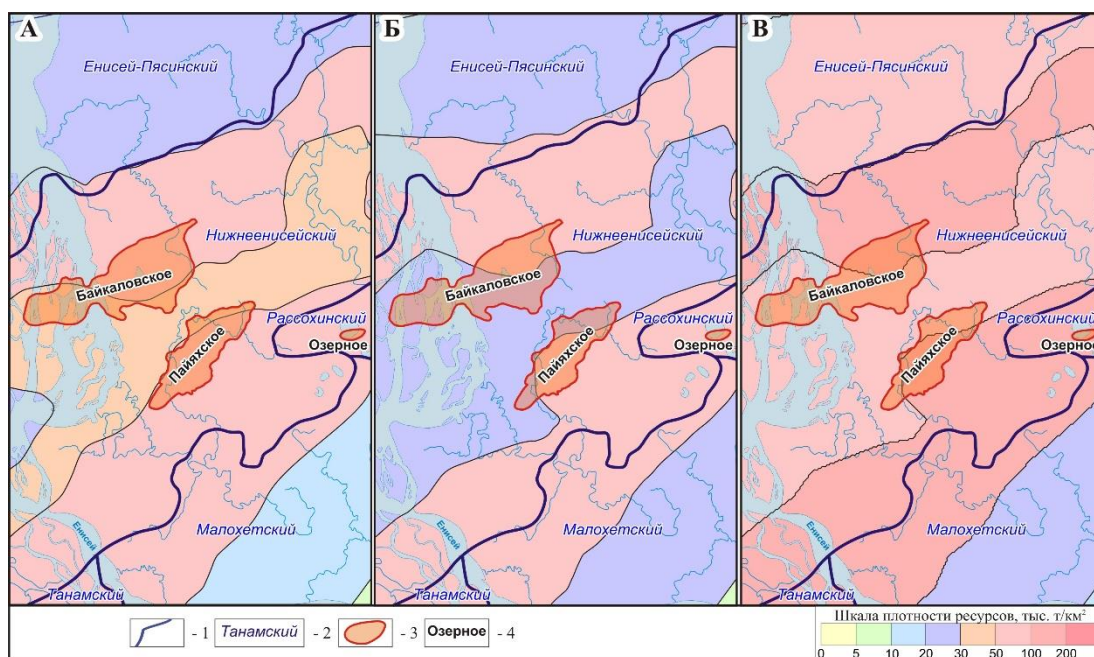


Рис. 10. Карты плотностей начальных геологических ресурсов нефти (А), газа (Б) и углеводородов (В) в меловых отложениях Нижнеенисейского района: 1 – границы НГР, 2 – названия НГР, 3 – месторождения углеводородов, 4 – названия месторождений

Проведение в последующие годы значительных объемов геофизических работ и глубокого бурения показали, что Пайяхское нефтяное месторождение является уникальным и имеет значительно большую, чем предполагалось ранее, площадь нефтеносности; извлекаемые запасы нефти на месторождении превысили 1.2 млрд. т.

На Байкаловской площади залежи нефти и газа, локализованные в валанжин-готеривских песчаных пластах, контролируются антиклинальными ловушками.

На Пайяхском месторождении нефтяные залежи открыты в берриасских песчаных пластах Нх-II, Нх-III и Нх-IV нижнехетской свиты. С этими пластами также связаны нефтяные залежи крупного Ванкорского месторождения, которое расположено на восточном борту Западно-Сибирской геосинеклизы, к югу от рассматриваемой территории. На Ванкорской площади неомские пласты Нх-III и Нх-IV имеют шельфовый генезис, распространены на значительной по площади территории и приуроченные к ним нефтяные залежи контролируются антиклинальными структурами.

На Пайяхской площади неомский комплекс имеет ярко выраженное клиноформное строение (рис. 11). В этой зоне песчаники Нх-II, Нх-III и Нх-IV формировались в относительно глубоководных условиях (ачимовский комплекс) и представляют собой песчаные линзы, ограниченные со всех сторон глинистыми экранами [Исаев и др., 2010, 2011].

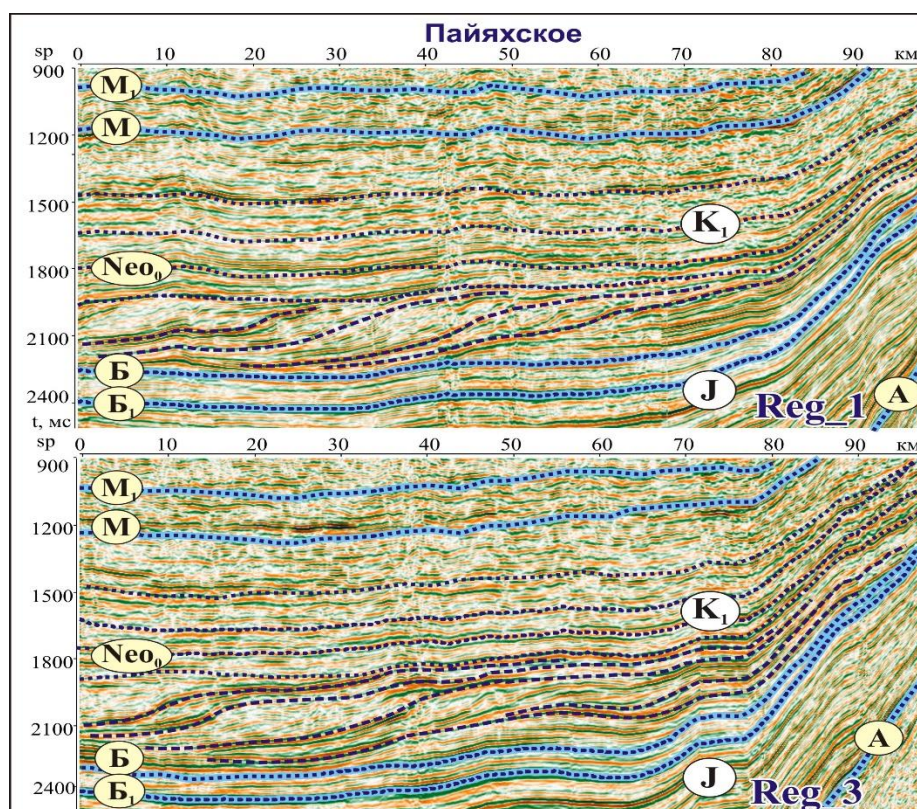


Рис. 11. Неомские отложения Пайяхской зоны нефтенакопления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа, выполненная на базе комплексной интерпретации материалов сейсморазведки, ГИС, глубокого бурения и результатов аналитических исследований, посвящена построению модели геологического строения и оценке перспектив нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба.

По результатам проведенных исследований:

1. Осуществлено построение структурных и тектонических карт и выполнен структурно-тектонический анализ.
2. В разрезе осадочного чехла выделено два осадочных макрокомплекса: верхнепротерозойско-палеозойский и мезозойский, мощности которых в осевой части Енисей-Хатангской региональной депрессии могут достигать 8–9 и 10–13 км соответственно.
3. Сделан вывод о том, что в Енисей-Хатангской НГО наибольший интерес в отношении поиска крупных нефтяных скоплений представляют нижнемеловые отложения, в первую очередь, неокомский комплекс пород, который имеет в этом регионе клиноформное строение. На западе Енисей-Хатангской НГО более 95 % запасов нефти, газа и конденсата сосредоточено в берриас-нижнеаптских отложениях, в том числе около 90 % в области развития клиноформного комплекса.
4. Учитывая ограниченное распространение выявленных антиклинальных структур, следует ожидать, что значительные по запасам нефтяные залежи могут быть локализованы в берриас-готеривских песчаных пластах и контролироваться сложнопостроенными структурно-литологическими и литологическими ловушками.

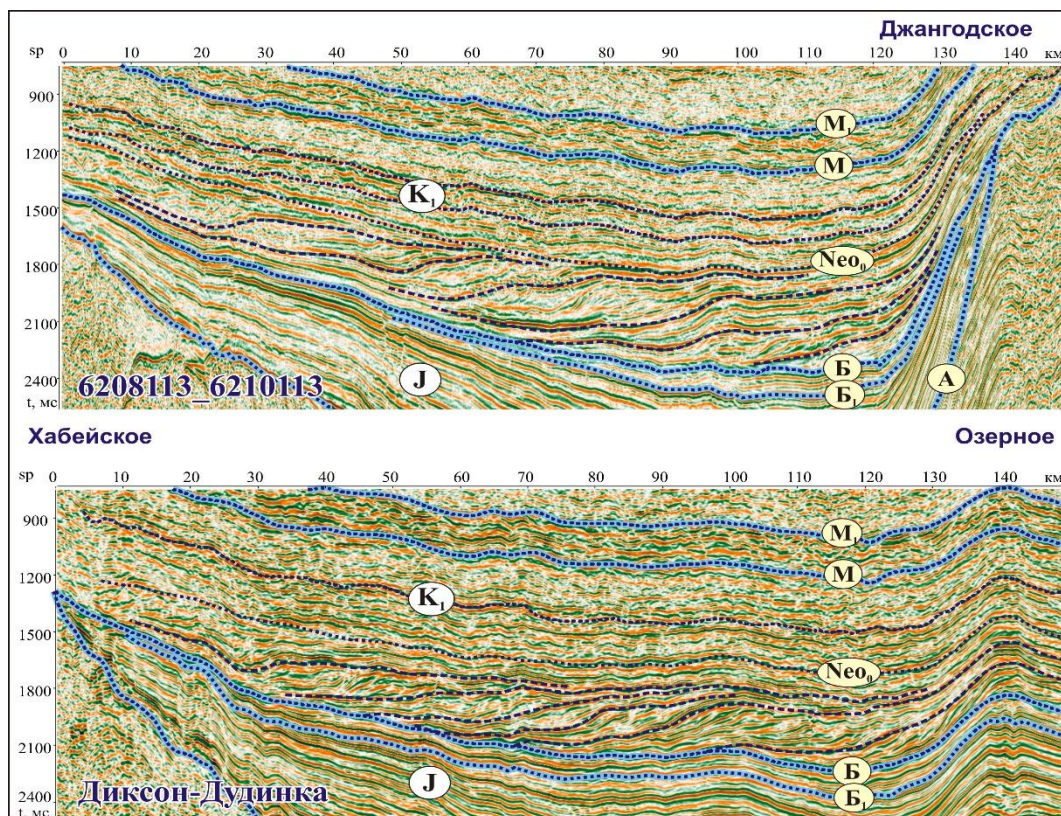


Рис. 12. Неокомские отложения центральной части ЕХП

Анализ геолого-геофизических материалов показал, что неокомские клиноформные отложения, аналогичные по геологическому строению Пайяхской зоне нефтенакопления, широко развиты в западной и центральной частях Енисей-Хатангского регионального прогиба и протягиваются в восточном направлении от Западно-Сибирской геосинеклизы до восточной границы Енисей-Хатангского регионального прогиба. В частности, открытие нефтяных залежей, локализованных в неокомских

литологических и структурно-литологических ловушках, можно ожидать к северу от Джагодской, Среднеясинской, Верхнекубинской и Рассохинской площадей (рис. 12).

Работа выполнена в рамках государственной программы фундаментальных научных исследований FWZZ-2022-0009.

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Болдушевская Л.Н., Филипцов Ю.А., Кринин В.А., Фомин А.Н.** Перспективы нефтегазоносности юрско-меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба и северо-востока Западно-Сибирской плиты по геохимическим данным // *Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология* / Под ред. Д.А. Долина, В.С. Суркова. – Санкт-Петербург: ВНИИОкенгеология, 2002. – С. 364–371.
- Ершов С.В.** Сиквенс-стратиграфия берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири // *Геология и геофизика*. – 2018. – № 59 (7). – С. 1106–1123, doi: 10.15372/GiG20180711.
- Ершов С.В., Букреева Г.Ф., Красавчиков В.О.** Компьютерное моделирование геологического строения клиноформного комплекса неокома северных и арктических районов Западной Сибири // *Геология и геофизика*. – 2009. – № 50 (9). – С. 1035–1048.
- Ершов С.В., Ким Н.С., Родченко А.П.** Закономерности распределения органического вещества в келловей-нижнеберриасских отложениях западной части Енисей-Хатангского прогиба и прилегающих районах Западно-Сибирской геосинеклизы // *Геология и геофизика*. – 2017. – № 58 (10). – С. 1578–1592, doi: 10.15372/GiG20171010.
- Захрямина М.О., Девятков В.П., Соловьева Н.С.** Геохимические критерии нефтегазоносности клиноформного нефтегазоносного комплекса юры и нижнего мела северо-востока Западно-Сибирской плиты и Енисей-Хатангского прогиба // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2010. – № 7. – С. 37–44.
- Исаев А.В., Девятков В.П., Карпухин С.М., Кринин В.А.** Перспективы нефтегазоносности Енисей-Хатангского регионального прогиба // *Геология нефти и газа*. – 2010. – № 4. – С. 13–23.
- Исаев А.В., Кринин В.А., Филипцов Ю.А., Карпухин С.М., Скляр В.Р.** Перспективные нефтегазоносные объекты клиноформного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба: результаты сейсмогеологического моделирования // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. – 2011. – № 2. – С. 74–82.
- Казаринов В.П.** Этажи нефтегазоносности в мезозойских осадках Западной Сибири // *Проблемы сибирской нефти*. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. – С. 46–57.
- Ким Н.С., Родченко А.П.** Органическая геохимия и нефтегазогенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба // *Геология и геофизика*. – 2013. – № 54 (8). – С. 1236–1252.
- Ким Н.С., Родченко А.П.** Гопановые углеводороды в битумоидах мезозойских отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // *Геология и геофизика*. – 2016. – № 57 (4). – С. 758–770, doi: 10.15372/GiG20160408.
- Конторович В.А.** Мезозойско-кайнозойская тектоника и нефтегазоносность Западной Сибири // *Геология и геофизика*. – 2009. – № 50 (4). – С. 461–474.

- Конторович В.А.** Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2011. – № 52 (8). – С. 1027–1050.
- Конторович В.А., Ершов С.В.** Нефтегазовый резерв Западной Сибири // Наука из первых рук. – 2010. – № 3. – С. 26–29.
- Конторович А.Э., Данилова В.П., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Фомин А.Н., Махнева Е.Н.** Нефтематеринские формации Западной Сибири: старое и новое видение проблемы // Органическая геохимия нефтепроизводящих пород Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – С. 10–12.
- Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И.** Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. – 2001. – № 42 (11–12). – С. 1832–1845.
- Конторович В.А., Аюнова Д.В., Губин И.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Конторович А.Э., Малышев Н.А., Скворцов М.Б., Соловьев М.В., Сурикова Е.С.** История тектонического развития арктических территорий и акваторий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. – 2017. – № 58 (3–4). – С. 423–444, doi: 10.15372/GiG20170307.
- Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф.** Условия формирования и геологическое строение Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геофизические технологии. – 2021. – № 4. – С. 16–25, doi: 10.18303/2619-1563-2021-4-16.
- Наумов А.Л., Онищук Т.М., Биншток М.М.** Об особенностях формирования разреза неокомских отложений Среднего Приобья // Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. – Тюмень: ТИИ, 1977. – С. 39–49.
- Онищук Т.М., Наумов А.Л., Векслер Л.А.** Корреляция продуктивных пластов нижнего мела в Среднеобской нефтегазоносной области // Геология нефти и газа. – 1977. – № 6. – С. 32–36.
- Родченко А.П.** Геохимия органического вещества верхнеюрских отложений северо-востока Западной Сибири и генезис меловых нефтей региона // Геология нефти и газа. – 2016. – № 6. – С. 107–118.

REFERENCES

- Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V., Bordunov S.I., Lugovaya O.V., Chikishev A.A., Yakovishina E.V.** The tectonics and stages of the geological history of the Yenisei–Khatanga basin and the conjugate Taimyr orogen // *Geotectonics*. – 2016. – Vol. 50 (2). – P. 161–178, doi: 10.1134/S0016852116020023.
- Boldushevskaya L.N., Filiptsov Yu.A., Krinin V.A., Fomin A.N.** Prospects for oil and gas bearing capacity of Jurassic-Cretaceous sediments of the Yenisei-Khatanga regional trough and northeast of the West Siberian plate based on geochemical data // *Russian Arctic: geological history, mineralogy, geoecology* / Eds. D.A. Dolin, V.S. Surkov [in Russian]. – VNIIOkengeologiya, St. Petersburg, 2002. – P. 364–371.
- Ershov S.V.** Sequence stratigraphy of the Berriassian–Lower Aptian deposits of West Siberia // *Russian Geology and Geophysics*. – 2018. – Vol. 59 (7). – P. 891–904, doi: 10.1016/j.rgg.2018.07.011.
- Ershov S.V., Bukreeva G.F., Krasavchikov V.O.** Computer simulation of Neocomian clinoform reservoirs in northern and arctic West Siberia // *Russian Geology and Geophysics*. – 2009. – Vol. 50 (9). – P. 797–807, doi: 10.1016/j.rgg.2009.08.005.
- Ershov S.V., Kim N.S., Rodchenko A.P.** Distribution of organic matter in Callovian–Lower Berriasian deposits of the western part of the Yenisei-Khatanga regional trough and adjacent areas of the West Siberian

geosyncline // Russian Geology and Geophysics. – 2017. – Vol. 58 (10). – P. 1251–1262, doi: 10.1016/j.rgg.2016.10.015.

Isayev A.V.1, Devyatov V.P., Karpukhin S.M., Krinin V.A. Oil and gas prospects of Enisei-Khatangsky regional trough // Russian Oil and Gas Geology. – 2010. – Vol. 4. – P. 13–23.

Kazarinov V.P. Stages of oil and gas potential in Mesozoic sediments of Western Siberia // Problems of Siberian oil [in Russian]. – Publishing House SB AS USSR, Novosibirsk, 1963. – P. 46–57.

Isaev A.V., Krinin V.A., Filiptsov Y.A., Karpukhin S.M., Sklyarov V.R. Potential oil-and-gas bearing objects in the clinoform complexes of the Yenisey-Khatanga regional trough: results of seismic-geological modeling // Geology and Mineral Resources of Siberia. – 2011. – Vol. 2. – P. 74–82.

Kim N.S., Rodchenko A.P. Organic geochemistry and petroleum potential of Jurassic and Cretaceous deposits of the Yenisei-Khatanga regional trough // Russian Geology and Geophysics. – 2013. – Vol. 54 (8). – P. 966–979, doi: 10.1016/j.rgg.2013.07.013.

Kim N.S., Rodchenko A.P. Hopane hydrocarbons in bitumens of Mesozoic deposits of the western Yenisei-Khatanga regional trough // Russian Geology and Geophysics. – 2016. – Vol. 57 (4). – P. 597–607, doi: 10.1016/j.rgg.2015.06.011.

Kontorovich V.A. The Meso-Cenozoic tectonics and petroleum potential of West Siberia // Russian Geology and Geophysics. – 2009. – Vol. 50 (4). – P. 346–357, doi: 10.1016/j.rgg.2009.03.012.

Kontorovich V.A. The tectonic framework and petroleum prospects of the western Yenisei-Khatanga regional trough // Russian Geology and Geophysics. – 2011. – Vol. 52 (8). – P. 804–824, doi: 10.1016/j.rgg.2011.07.006.

Kontorovich V.A., Ershov S.V. Oil and gas reserves of West Siberia // Science First Hand. – Vol. 3. – 2010. – P. 24–27.

Kontorovich V.A., Philippov Yu.F. Formation conditions and geological structure of the Yenisei-Khatanga regional trough // Russian Journal of Geophysical Technologies. – 2021. – Vol. 4. – P. 16–25, doi: 10.18303/2619-1563-2021-4-16.

Kontorovich A.E., Danilova V.P., Kostyreva E.A., Melenevsky V.N., Moskvina V.I., Fomin A.N., Makhneva E.N. Oil source formations of Western Siberia: old and new vision of the problem // Organic geochemistry of oil-producing rocks of Western Siberia [in Russian]. – Publishing House SB RAS, Novosibirsk, 1999. – P. 10–12.

Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E., Krasavchikov V.O., Kontorovich A.A., Suprunenko O.I. Tectonic structure and history of the development of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic // Russian Geology and Geophysics. – 2001. – Vol. 42 (11–12). – P. 1832–1845.

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

Naumov A.L., Onishchuk T.M., Binshtok M.M. On the peculiarities of the formation of the Neocomian deposits section of the Middle Ob region // Geology and exploration of oil and gas fields of Western Siberia [in Russian]. – TII, Tyumen, 1977. – P. 39–49.

Onishchuk T.M., Naumov A.L., Veksler L.A. Correlation of productive formations of the Lower Cretaceous in the Middle Ob oil and gas region // Russian Oil and Gas Geology. – 1977. – Vol. 6. – P. 32–36.

Rodchenko A.P. Organic matter geochemistry of the Upper-Jurassic deposits in the north-east of Western Siberia and Cretaceous oil genesis in the region // Russian Oil and Gas Geology. – 2016. – Vol. 6. – P. 107–118.

Zakhryamina M.O., Devyatov V.P., Solovjeva N.S. Geochemical oil and gas bearing criteria of clinoform oil and gas bearing complex of Jurassic and Low Cretaceous periods located in the north-eastern part of West-Siberian platform and Eniseisky trough // *Geology, Geophysics and Exploration of Oil and Gas Fields*. – 2010. – Vol. 7. – P. 37–44.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

КОНТОРОВИЧ Владимир Алексеевич – член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией сейсмогеологического и математического моделирования природных нефтегазовых систем ИНГГ СО РАН, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа ГГФ НГУ. Основные научные интересы: комплексный анализ геолого-геофизических данных, построение моделей геологического строения месторождений нефти и газа, выявление нефтегазоперспективных объектов, разработка геофизических методов поиска месторождений нефти и газа в различных осадочных комплексах Сибири.

ЕРШОВ Сергей Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии нефти и газа арктических регионов Сибири ИНГГ СО РАН, специалист в области геологии нефти и газа мелового комплекса Западной Сибири. Основные научные интересы: палеогеография, сиквенс-стратиграфия, седиментационная цикличность, корреляция разнофациальных толщ.

БУРШТЕЙН Лев Маркович – член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией теоретических основ прогноза нефтегазоносности ИНГГ СО РАН. Основные научные интересы: теория нафтидогенеза, математические методы прогноза нефтегазоносности.

*Статья поступила 28 ноября 2023,
принята к печати 7 декабря 2023*