

УДК 551.83:551.86:(571.1):(571.5)

Уточнение палеогеографии севера Сибирской платформы с учетом новых данных

© 2018 г. | А.П. Афанасенков^{1,2}, А.В. Бордюг¹, А.М. Никишин², Н.В. Танинская³, В.В. Шиманский³, С.И. Бордунов²

¹ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт», Москва, Россия; afanasenkov@vnigni.ru; avbordug@gmail.com;

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; amnikishin@gmail.com; sib-msu@mail.ru;

³АО «Геологоразведка», Санкт-Петербург, Россия; tannv@yandex.ru; shimvld@mail.ru

Поступила 08.11.2017 г.

Принята к печати 08.02.2018 г.

Ключевые слова: *палеогеография; палеозой; мезозой; Енисей-Хатангский прогиб; Таймырский ороген; Анабаро-Хатангская седловина; Лено-Анабарский прогиб; Сибирская платформа.*

Статья посвящена палеогеографическим реконструкциям территории северного обрамления Сибирской платформы на основании комплексного анализа геолого-геофизических данных, включающих ретроспективные и новые фактические материалы. Особое внимание уделено изменению режима осадконакопления с точки зрения истории формирования региона с привязкой к основным тектоническим событиям. Выделены и описаны характерные особенности отложений, развитых на территории исследования. На основе микрофаунистического и палинологического анализов установлены условия осадконакопления, составлены палеогеографические схемы с разной степенью детальности. Выявлены закономерности распределения коллекторов основных перспективных интервалов, затронут вопрос об оценке качества флюидопоров в мезозойском разрезе.

Для цитирования: Афанасенков А.П., Бордюг А.В., Никишин А.М., Танинская Н.В., Шиманский В.В., Бордунов С.И. Уточнение палеогеографии севера Сибирской платформы с учетом новых данных // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 5–23. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-5-23.

Update of paleogeography of Siberian platform North accounting for new data

© 2018 | A.P. Afanasenkov^{1,2}, A.V. Bordyug¹, A.M. Nikishin², N.V. Taninskaya³, V.V. Shimansky³, S.I. Bordunov²

¹All-Russian Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia; afanasenkov@vnigni.ru; avbordug@gmail.com;

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; amnikishin@gmail.com; sib-msu@mail.ru;

³Geologorazvedka, Saint-Petersburg, Russia; tannv@yandex.ru; shimvld@mail.ru

Received 08.11.2017

Accepted for publication 08.02.2018

Key words: *paleogeography; Palaeozoic; Mesozoic; Yenisei-Khatanga depression; Taimyr orogene; Anabar-Khatanga saddle; Lena-Anabar trough; Siberian Platform.*

This paper discusses paleogeographic reconstructions in the northern framing of the Siberian Platform. Paleogeographic reconstructions are carried out using maximum possible amount of geological and geophysical, paleontological, biostratigraphical, sedimentological, and geochemical information. Particular attention is paid to changes in sedimentation settings in terms of the region evolution history with reference to the major tectonic events. The distinctive features of the deposits developed in the study area are identified and described. Depositional environment are established on the basis of micro-faunal and palynological analyses, paleogeographic schemes of various level of detail are prepared. Palaeozoic deposits are penetrated by the wells only in the east of the study area — within the Anabar-Khatanga Saddle. Their integrated analysis made it possible to identify lithologic and paleogeographic zones within the eastern part of the Yenisei-Khatanga Depression, and extrapolate them to the adjacent regions up to the Western Siberia. Amount of supporting information allowed working out in detail the Mesozoic deposits, both vertically and laterally. Present-day model of tectonic development of the basin is taken into account in reconstruction of paleogeographic settings. Integrated analysis made it possible to update the previous maps and schemes and to get an idea about paleogeography of this region at various levels of detail, which reflect the major stages of sedimentation and formation conditions of promising oil and gas bearing objects associated with certain paleo-environments. Understanding of the region paleogeography allows identifying the reservoir distribution patterns and, consequently, establishing the most prospective zones of possible traps development (of both structural and lithologic type).

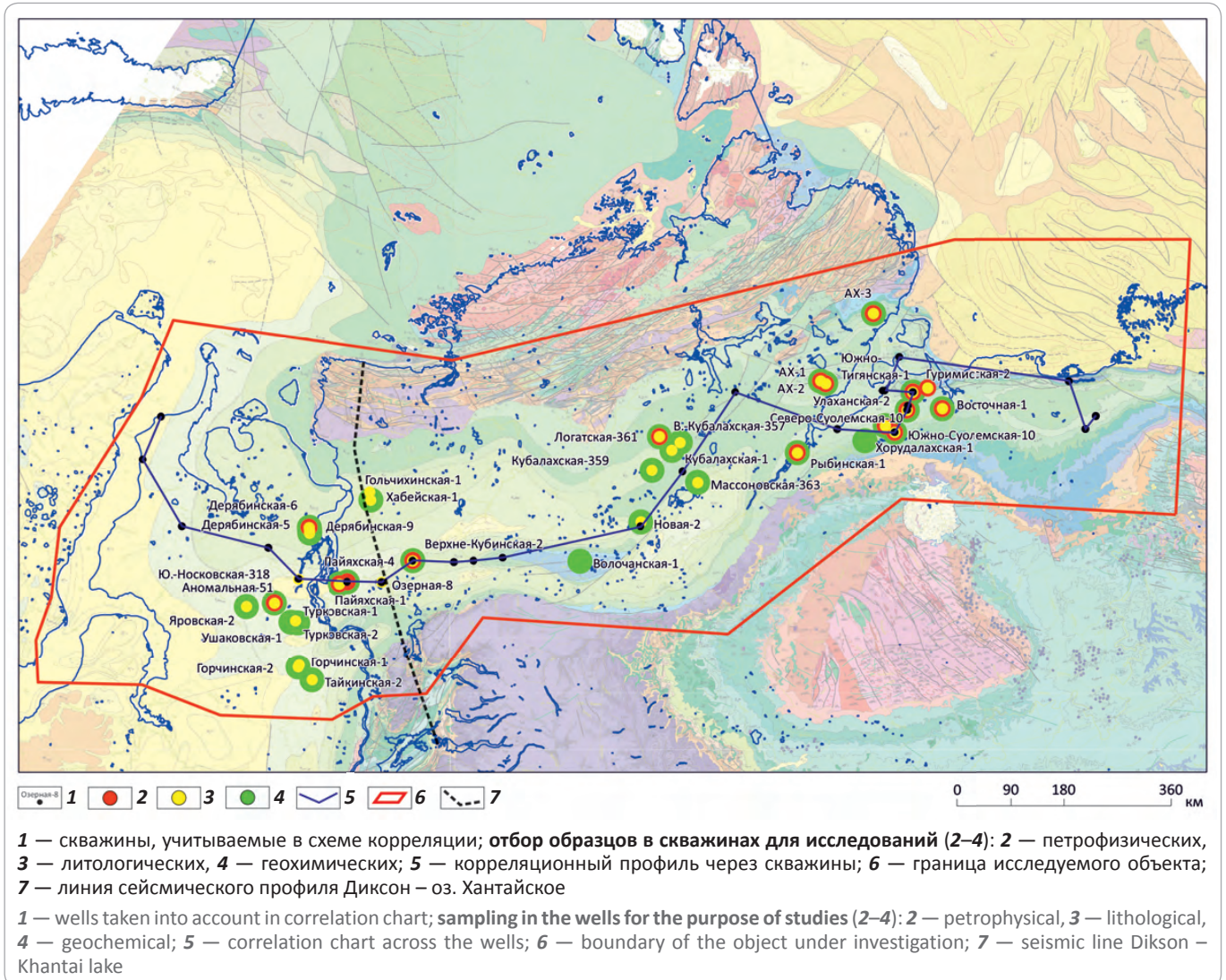
For citation: Afanasenkov A.P., Bordyug A.V., Nikishin A.M., Taninskaya N.V., Shimanskii V.V., Bordunov S.I. Update of paleogeography of Siberian platform North accounting for new data. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(2):5–23. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-5-23.

Отрицательные результаты бурения на территории Енисей-Хатангского регионального прогиба в куполах крупных мегавалов (Балахнинский, Рассохинский и др.) свидетельствуют об отсутствии корректных представлений об истории формирования региона и непонимании основных закономер-

ностей распространения коллекторов, покрышек и, следовательно, перспективных объектов. Палеогеографические реконструкции, выполненные с привлечением максимального объема геологической, палеонтологической, биостратиграфической, седиментологической и геохимической информации,

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 1. Схема расположения скважин с детальным изучением керна
Fig. 1. Well location map with detailed core studies



позволяют определять источники сноса и пути переноса терригенного материала, прогнозировать распространение коллекторов, литологических ловушек и в конечном итоге прогнозировать залежи углеводородов.

Геологическое строение севера Сибирской платформы характеризуется переходным разрезом от ее палеозойского бассейна к мезозойскому разрезу Западно-Сибирской плиты. Это повышает интерес к изучаемому региону, поскольку УВ-потенциал приурочен к широкому диапазону отложений.

Мезозойский разрез севера Сибирской платформы изучен в единичных скважинах, актуализация палеорекопструкций с учетом нового геолого-геофизического материала и проведенных детальных седиментологических, палеонтологических и биостратиграфических исследований позволит уточнить ресурсный потенциал мезозойских отложений.

Строение палеозойского разреза лишь предстоит изучить, однако понимание палеогеографических условий, существовавших в это время, позволит пересмотреть УВ-потенциал данного региона.

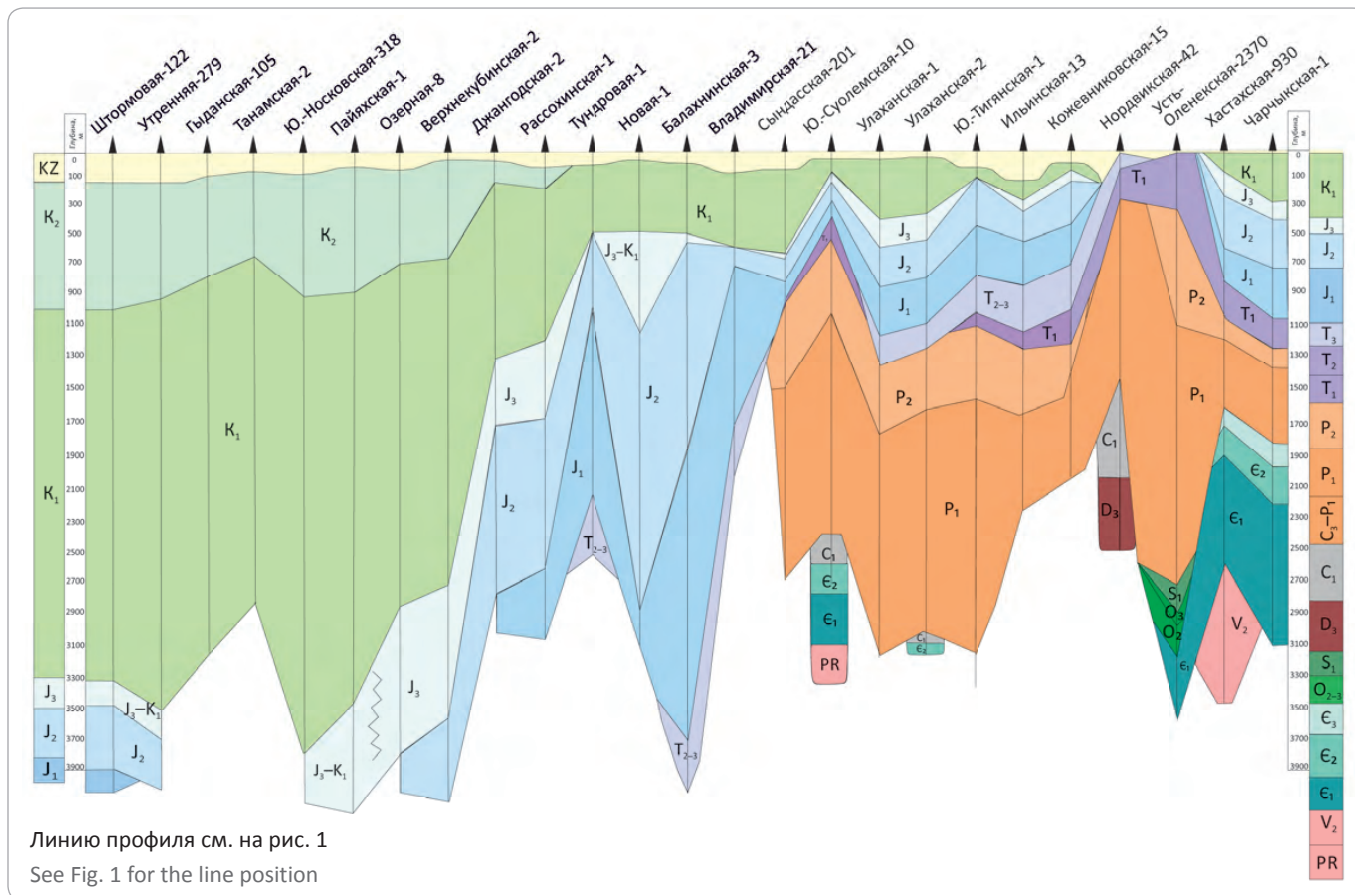
Фактический материал

Степень изученности *Енисей-Хатангского региона* бурением и сейсмическими данными низкая. Основным материалом при палеогеографических реконструкциях стали описания керна и обнажений Енисей-Хатангской и Анабаро-Хатангской НГО, а также данные микрофаунистического и палинологического анализов, выполненных группой специалистов ФГБУ «ВНИГНИ» и ФГУНПП «Геологоразведка» (рис. 1).

В статье использованы материалы публикаций по палеогеографии Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском и меловом периоде [1, 2], а также фондовые материалы по результатам работ, прово-

Рис. 2. Схема корреляции кайнозой-протерозойских отложений севера Сибирской платформы и прилегающих территорий Западной Сибири

Fig. 2. Correlation chart of Cenozoic-Proterozoic deposits in the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian areas



димых ранее региональными институтами (ВСЕГЕИ, ИНГТ СО РАН, Сибнефтегеофизика, СНИИГГиМС).

На корреляционном профиле субширотного простирания (рис. 2) показаны изученность глубоким бурением и принципиальная модель строения региона. На западе территории, в районе рек Енисей и Пясина, максимально вскрытый разрез сложен нижнеюрскими отложениями, в районе Гыдана — мощными меловыми отложениями, юрский разрез часто даже не вскрыт скважинами. На востоке (центр Енисей-Хатангского регионального прогиба) мощность меловых отложений резко сокращается и в скважинах преобладает юрский интервал разреза. Такая тенденция сохраняется при переходе в район Анабаро-Хатангской седловины, где преобладают отложения палеозоя, в единичных скважинах вскрыт докембрий. Степень изученности бурением определяет методику выбора интервалов для палеорекопструкций на изучаемой территории.

Методические подходы

Неравномерная изученность, дефицит фактического материала, в том числе kernового, обусловили спектр методических подходов к определению условий осадконакопления.

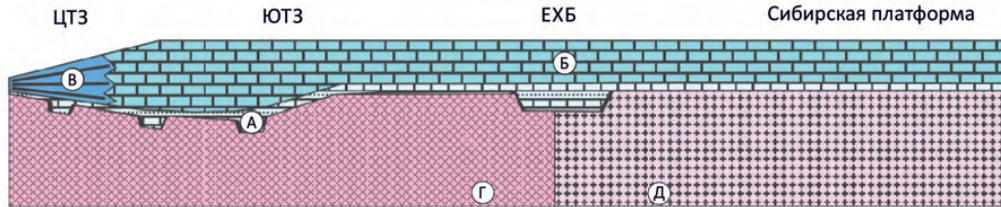
Доюрский комплекс залегает на больших глубинах и не вскрыт бурением на большей части Енисей-Хатангского прогиба. Разрез изучен в основном в обнажениях в прилегающих частях Таймыра и на севере Сибирской платформы. Отложения палеозоя вскрыты скважинами лишь на востоке изучаемой территории, в пределах Анабаро-Хатангской седловины. Их комплексный анализ позволил выделить литолого-палеогеографические зоны в пределах восточной части Енисей-Хатангского прогиба и экстраполировать их на прилегающие районы вплоть до Западной Сибири. Однако корреляция отложений часто условна, а экстраполяция данных недостаточно убедительна. Для понимания общей концепции развития региона Гыдано-Ленской зоны в целом приведены описания палеогеографических реконструкций основных этапов тектонических перестроений.

Для интервала разреза от позднего триаса до мела объем фактического материала позволяет детализировать строение как по разрезу, так и по площади. Методика палеогеографических реконструкций заключается в комплексном анализе kernового материала, каротажных диаграмм, временных сейсмических разрезов, карт мощностей, которые отражают палеотектонические обстановки на определенном этапе.

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 3. Модель геологической истории развития севера Сибирской платформы по профилю Диксон – оз. Хантайское (поздний венд – ранний кембрий, средний кембрий – ранний карбон)

Fig. 3. Model of geological evolution history of the northern Siberian Platform along the line Dikson – Khantai lake (Lower Vendian – Early Cambrian, Middle Cambrian – Early Carboniferous)

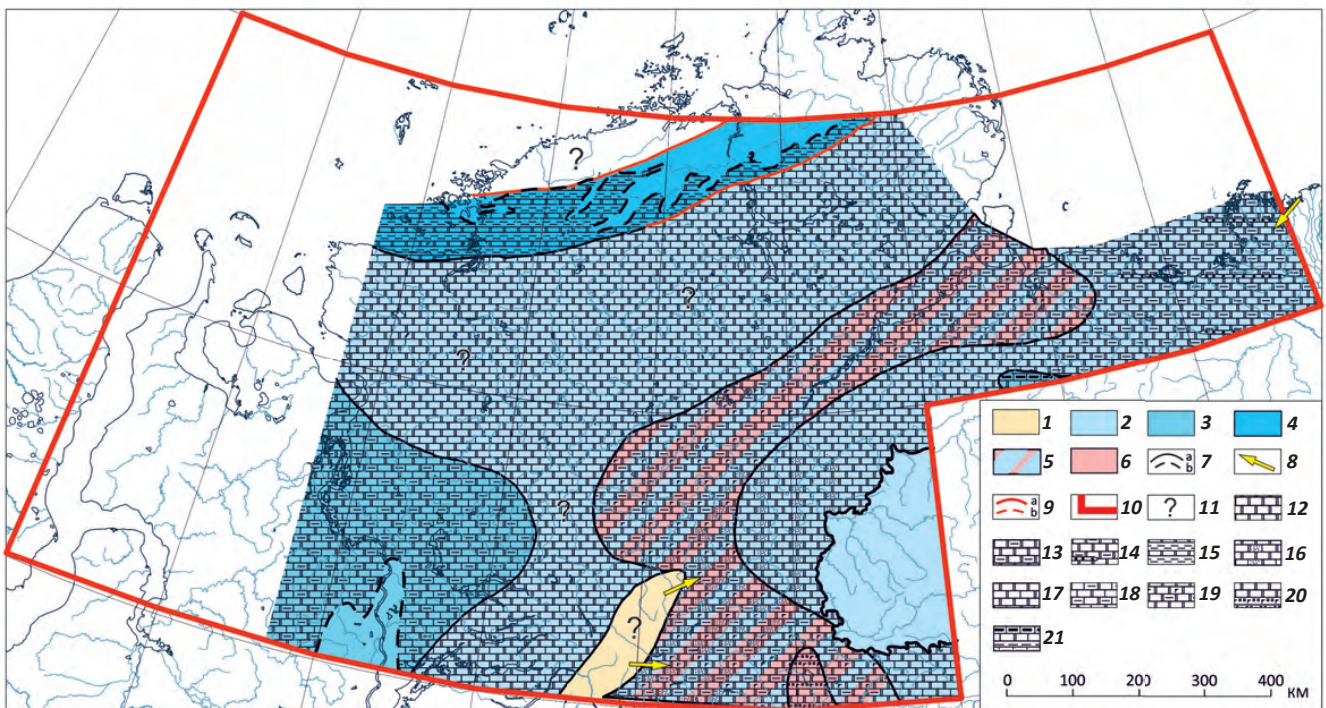


ЦТЗ — Центрально-Таймырская зона, ЮТЗ — Южно-Таймырская зона, ЕХБ — Енисей-Хатангский бассейн, А — синрифтовые осадки верхнего венда — нижнего кембрия, Б — пострифтовая карбонатная платформа, В — глубоководные сланцы (отложения континентального склона), Г — неопротерозойский (байкальский) фундамент, Д — фундамент Сибирской платформы

ЦТЗ — Central-Taimyr zone, ЮТЗ — South-Taimyr zone, ЕХБ — Yenisei-Khatanga basin, А — Upper Vendian — Lower Cambrian synrift sediments, Б — post-rift carbonate platform, В — deepwater shale (continental slope deposits), Г — Neoproterozoic (Baikal) basement, Д — Siberian Platform basement

Рис. 4. Литолого-палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (кембрийский период, средняя эпоха)

Fig. 4. Lithology-paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Cambrian period, middle epoch)

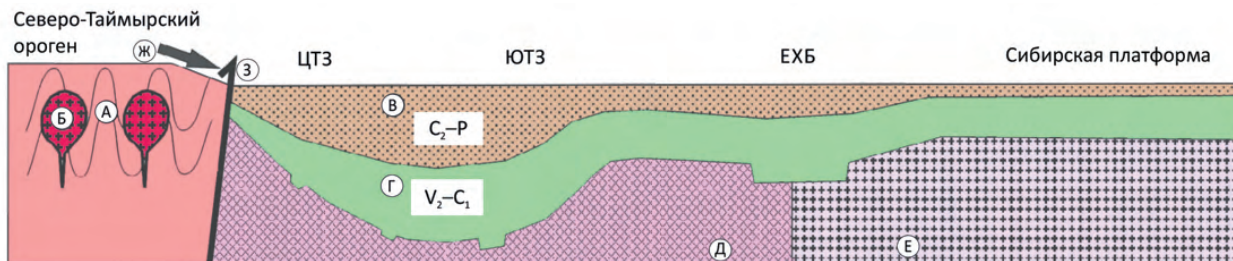


Палеогеографические обстановки (1–7): 1 — области суши без осадконакопления; **глубина моря нормальной солености, м (2–4):** 2 — менее 25, 3 — 25–100, 4 — более 200; 5 — мелководно-морские нормальной солености и эвапоритовые, 6 — эвапоритовые, 7 — границы современного распространения отложений (а — достоверные, b — предполагаемые); 8 — главные направления сноса обломочного материала; 9 — разломы (а — достоверные, b — предполагаемые); 10 — пространственные границы объекта; 11 — районы с отсутствием данных; **породы (12–21):** 12 — доломиты, 13 — глинистые доломиты, 14 — глинистые доломиты с линзами гравелитов, 15 — глины с прослоями доломитов, 16 — доломиты с песчанистой примесью, 17 — доломиты и известняки, 18 — глинистые известняки, 19 — доломиты с прослоями ангидритов, 20 — существенно ангидритовые доломиты с прослоями галита, 21 — доломиты и известняки, в прослоях битуминозные

Paleogeographic environments (1–7): 1 — onshore areas with no sedimentation; **depth of normal salinity sea, m (2–4):** 2 — less than 25, 3 — 25 to 100, 4 — more than 200; 5 — shallow-water-marine of normal salinity and evaporite, 6 — evaporite, 7 — present-day boundaries of the deposits (a — reliable, b — supposed); 8 — main directions of clastic material transportation; 9 — faults (a — reliable, b — supposed); 10 — spatial boundaries of the object; 11 — no data areas; **rocks (12–21):** 12 — dolomite, 13 — argillaceous dolomite, 14 — argillaceous dolomite with gravelite lenses, 15 — clay with dolomite partings, 16 — dolomite with sand admixture, 17 — dolomite and limestone, 18 — marlstone, 19 — dolomite with anhydrite partings, 20 — highly anhydrite dolomite with halite partings, 21 — dolomite and limestone bituminous in the partings

Рис. 5. Модель геологической истории развития севера Сибирской платформы по профилю Диксон — оз. Хантайское (средний карбон — пермь)

Fig. 5. Model of geological evolution history of the northern Siberian Platform along the line Dikson — Khantai lake (Middle Carboniferous — Permian)



А — складчатое основание Северного Таймыра, Б — интрузии гранитоидов, В — терригенные отложения предгорного прогиба, Г — осадки, сформировавшиеся раньше данного этапа, Д — неопротерозойский (байкальский) фундамент, Е — фундамент Сибирской платформы, Ж — направление транспортировки кластических осадков, З — основной надвиг.

Остальные усл. обозначения см. рис. 3

A — folded basement of Northern Taimyr, Б — granitoid intrusions, В — terrigenous deposits of piedmont depression, Г — sediments formed in the earlier stages, Д — Neoproterozoic (Baikal) basement, Е — Siberian Platform basement, Ж — direction of clastic material transportation, З — major thrust.

For other legend items see Fig. 3

Палеогеографические реконструкции

Рифей. Рифейские отложения на Сибирском кратоне сохранились в периферических частях, где они выполняют так называемые краевые прогибы, и в западной части внутренних районов платформы, где они обнажаются в пределах более поздних поднятий либо вскрыты глубокими скважинами. На большой центральной вытянутой области, протягивающейся от Непско-Ботуобинской антеклизы до Оленекского района, рифейские отложения отсутствуют [3]. Северная часть платформы большую часть рифейского времени представляла собой, по всей видимости, пассивную окраину Сибирского кратона [4].

Венд – ранний кембрий. Отложения верхнего венда – нижнего кембрия обнажаются на северном склоне Сибирской платформы и вскрыты скважинами в районе низовий рек Анабар и Оленек, представлены разнообразными песчаниками и карбонатами. Отложения среднего кембрия – нижнего карбона на поверхности не вскрыты, а данные по скважинам ограничены. В целом это отложения шельфовой карбонатной платформы с разнообразными фациями известняков, доломитов и других пород (Государственная геологическая карта..., Лист S-48, 2009; Государственная геологическая карта..., Лист S-49, 2013).

Предполагается, что в позднем венде – раннем кембрии области Енисей-Хатангского прогиба, Южно-Таймырской, Центрально-Таймырской зон [4] и северо-восточная окраина Сибирской платформы [5] были подвергнуты рифтингу с формированием системы грабенов, который, возможно, в среднем кембрии привел к образованию гипотетического океанического бассейна севернее современной Центрально-Таймырской зоны [4].

Средний кембрий – ранний карбон. Примерно со среднего кембрия область Южно-Таймырской зоны и Енисей-Хатангского бассейна стала шельфовым бассейном (рис. 3). В районе Центрально-Таймырской зоны этот шельфовый бассейн превратился в континентальный склон (Качурина Н.В. и др., 2013; Никишин А.М. и др., 2010).

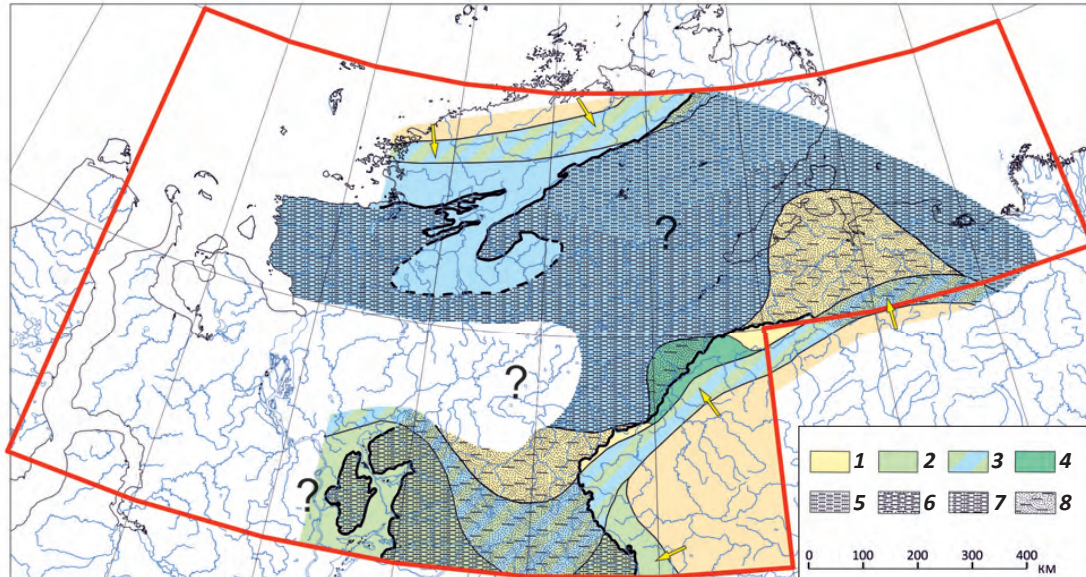
Таким образом, рассматриваемая территория в среднекембрийско-раннекаменноугольное время была в составе обширного эпикратонного морского бассейна, охватывавшего почти всю территорию Сибирской платформы и его северного обрамления, включая Южный Таймыр. Область континентального склона входила в состав Центрально-Таймырской мегазоны. В рассматриваемый период бассейн характеризовался выраженной фациальной зональностью с типичной ассоциацией глубоководно-шельфовых фаций (Юдомо-Оленекская фациальная зона), фаций барьерного рифового пояса (Анабаро-Синская зона), зарифового и эвапоритового бассейна (Турухано-Иркутско-Олекминская зона). Палеогеографические реконструкции выполнены на средний кембрий (рис. 4).

Средний карбон – ранняя пермь. В течение среднего карбона – ранней перми север Сибирской платформы развивался в условиях нарастающих напряжений сжатия, генераторами которых со среднего карбона являлись коллизионные обстановки, связанные с началом формирования орогена Центрального и Северного Таймыра. Растущее поднятие являлось основным источником обломочного материала для Южно-Таймырской мегазоны, представлявшей собой предгорный прогиб, начавший свое развитие еще во второй половине карбона и заполнявшийся мощными терригенными комплексами до поздней перми (рис. 5) [4]. Подчиненное значение, в основном для

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 6. Литолого-палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (пермский период, ранняя эпоха, ассельский – сакмарский века)

Fig. 6. Lithology-paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Permian period, Cisuralian epoch, Asselian – Sakmarian ages)

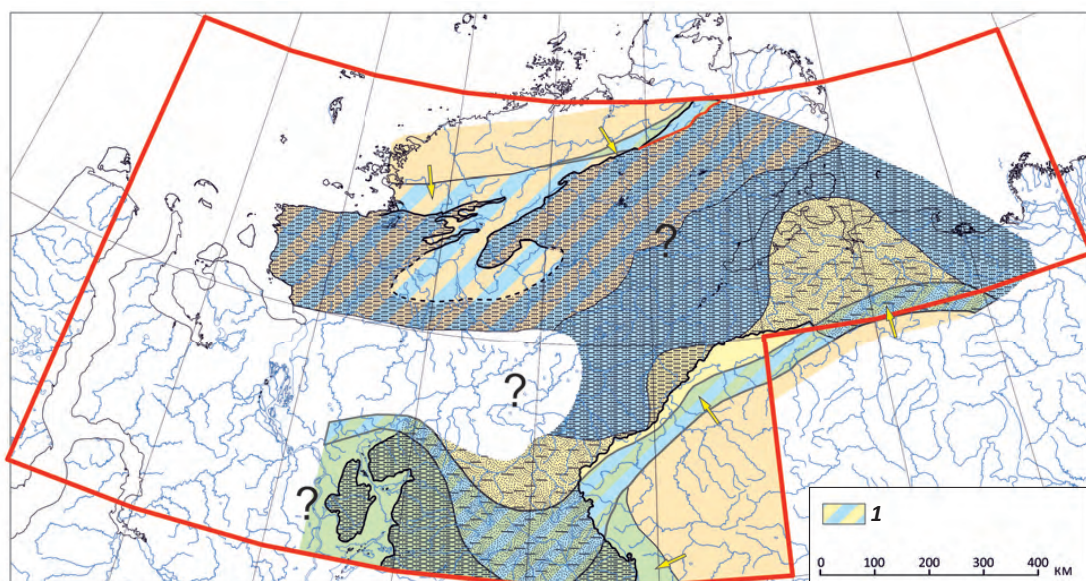


Палеогеографические обстановки (1–4): 1 — низменная равнина с болотным, озерным и аллювиальным осадконакоплением, 2 — периодически затопляемые низменные равнины, 3 — лагунные обстановки, 4 — прибрежно-морские и дельтовые обстановки; **осадки (песчаник, %)** (5–8): 5 — песчано-алевритовые (более 60), 6 — глинисто-песчаные (40–60), 7 — алевритоглинистые (20–40), 8 — преимущественно глинистые (менее 20).
Остальные усл. обозначения см. на рис. 4

Paleogeographic environments (1–4): 1 — lowland plain with palustrine, lacustrine and alluvial sedimentation, 2 — periodically inundated lowland plains, 3 — lagoon environment, 4 — coastal-marine and deltaic environments; **sedimentation (sandstone, %)** (5–8): 5 — sandy-aleuritic (more than 60); 6 — argillaceous sand (40–60); 7 — siltstone-clay (20–40); 8 — mainly argillaceous (less than 20).
For other legend items see Fig. 4

Рис. 7. Литолого-палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (пермский период, ранняя эпоха, артинский – кунгурский века)

Fig. 7. Lithology-paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Permian period, Cisuralian epoch, Artinskian – Kungurian ages)

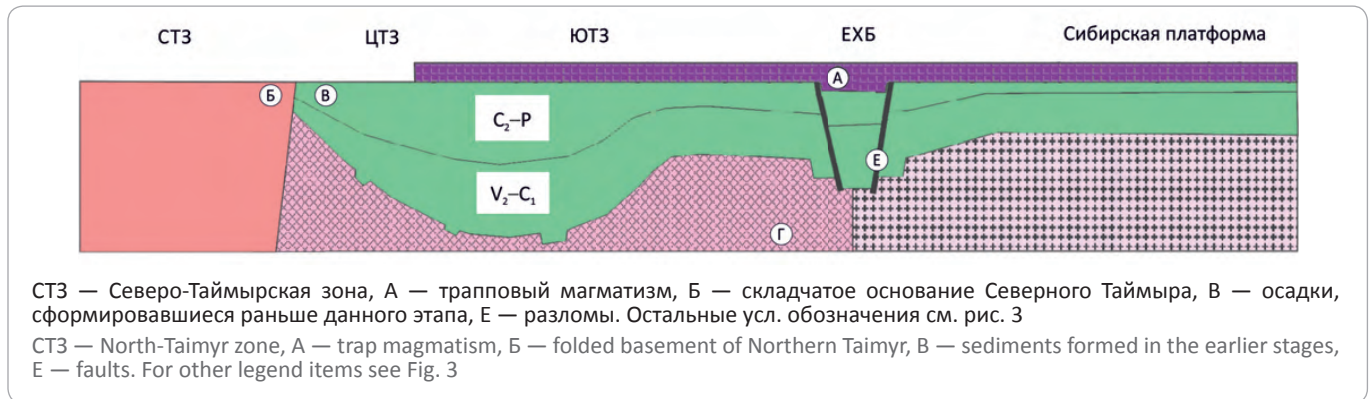


1 — мелководно-морские и прибрежные обстановки.
Усл. обозначения см. на рис. 4, 6

1 — shallow-marine and coastal environments.
For legend see Fig. 4, 6

Рис. 8. Модель геологической истории развития севера Сибирской платформы по профилю Диксон – оз. Хантайское (конец перми – ранний триас)

Fig. 8. Model of geological evolution history of the northern Siberian Platform along the line Dikson – Khantai lake (end of Permian – Early Triassic)



западной части бассейна, имело сжатие со стороны Урала, которое сопровождалось обмелением, в мелководно-морских обстановках с преимущественно нормальной соленостью накапливались сероцветные алевритоглинистые породы.

Областями сноса для бассейна являлась территория Сибирской платформы, в основном Анабарское поднятие, воздымание которого в ранней перми усилилось по сравнению со средним – поздним карбоном. Для восточной части бассейна основным источником сноса было Оленекское поднятие. С севера обломочный материал поступал из начавшего воздымание еще в среднем карбоне Таймырского орогена, состоявшего из Северной и Центральной мегазон. Таким образом, в раннепермское время Енисей-Хатангский прогиб представлял собой сравнительно узкое море-пролив, соединявший Верхоянский и Карско-Западно-Сибирский бассейны. В области Анабаро-Хатангской седловины находился своеобразный «порог», разделявший области с разной интенсивностью погружения и являвшийся областью с повышенной ролью прибрежных и аллювиально-дельтовых фаций (рис. 6, 7).

Климат раннепермского времени хорошо восстанавливается по особенностям палеофлоры. Обилие растительных остатков, в том числе листопадных форм и хвойных, наличие годичных колец у древесины свидетельствует об умеренно теплом, в целом гумидном климате, но с выраженными сезонными колебаниями температуры и влажности.

Поздняя пермь – ранний триас. На границе перми и триаса и в раннем триасе в регионе широко проявился трапповый магматизм, как часть огромной области воздействия мантийного суперплюма [6–8]. Из новых сейсмических данных следует распространение Западно-Сибирской рифтовой системы в Енисей-Хатангский бассейн с накоплением мощной толщи позднепермско-триасового синрифтового комплекса, представленного терригенными отложениями и толщами базальтов в основании (рис. 8) [9].

Средний – поздний триас. В среднетриасовую эпоху Енисей-Хатангский бассейн представлял собой море-залив, глубоко вдававшийся в континент. Бассейн со всех сторон был окружен сушей и имел ограниченную связь с открытым морем Лаптевоморской области, поэтому в большей своей части он должен был распресняться за счет притока речных вод. Большие мощности средне-верхнетриасовых отложений в Восточном Притаймырье, вероятно, связаны с орогенной активизацией горного сооружения и образованием перед ним краевого прогиба (рис. 9) [4].

В области Енисей-Хатангского и Лено-Анабарского бассейнов в среднем триасе преобладали морские обстановки осадконакопления, однако площадь развития морских фаций несколько сократилась по сравнению с оленекским веком (рис. 10).

В среднем – позднем триасе в западной части Енисей-Хатангского района накапливались отложения озерно-аллювиальной равнины, далее на восток они сменялись прибрежно-морскими и мелководно-морскими осадками. В восточной части Анабаро-Ленского района преобладают отложения открытого, относительно глубоководного шельфа. Осадочный материал, по-видимому, поступал с бортовых частей бассейна на юге и севере прогиба, с гор Таймыра, вероятно подновленных обстановками регионального сжатия, и холмистой суши северной части Сибирской платформы. Вулканическая активность щелочно-базитового состава в раннем – среднем триасе продолжалась и на южном обрамлении Енисей-Хатангского бассейна. Помимо продуктов размыва более древних пород, с Таймыра привносились осадки синхронного вулканизма основного и щелочно-основного состава.

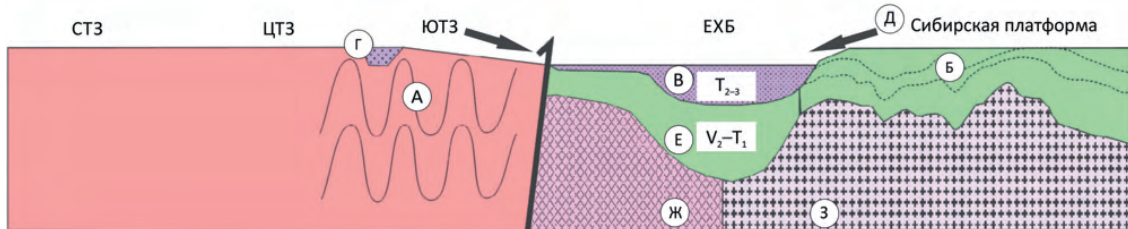
На южном побережье Хатангского залива, в Нордвикско-Анабарской зоне, вверх по разрезу морские обстановки сменились прибрежно-морскими и континентальными с осушением и зарастанием территории наземными растениями.



FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 9. Модель геологической истории развития севера Сибирской платформы по профилю Диксон – оз. Хантайское (средний – поздний триас)

Fig. 9. Model of geological evolution history of the northern Siberian Platform along the line Dikson – Khantai lake (Middle – Early Triassic)

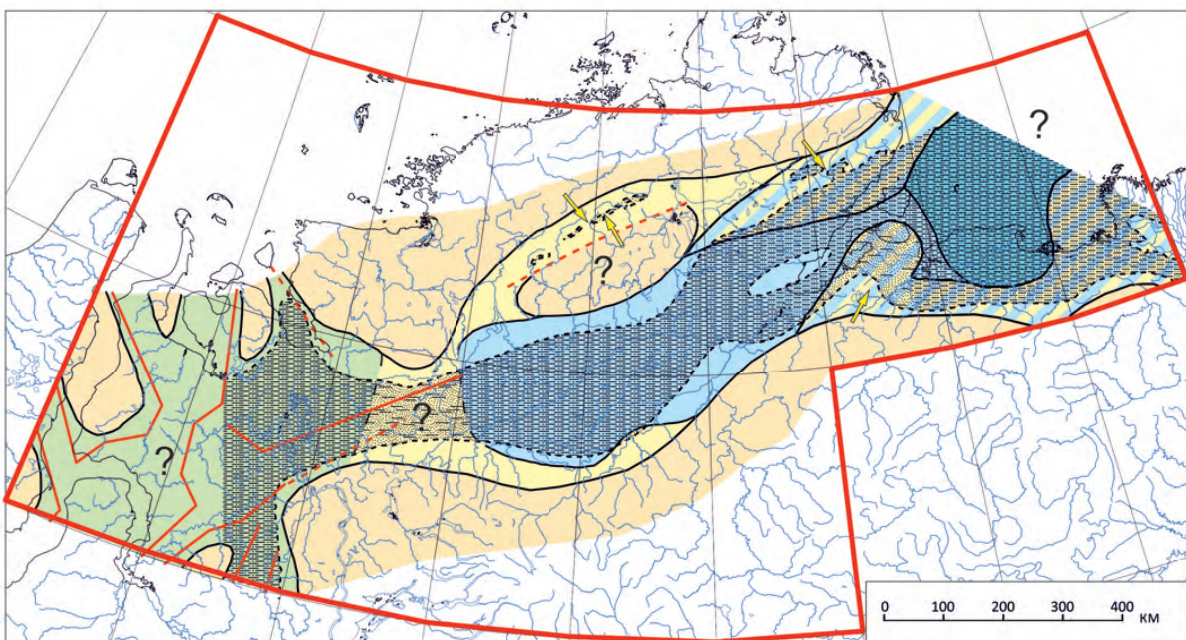


А — складчатость в Южно-Таймырской зоне, Б — складчатость в Норильском регионе Сибирской платформы, В — краевой молассовый прогиб Енисей-Хатангского прогиба, Г — межгорные молассовые прогибы в ЮТЗ, Д — направление транспорта кластических осадков, Е — осадки, сформировавшиеся раньше данного этапа, Ж — неопротерозойский (байкальский) фундамент, З — фундамент Сибирской платформы. Остальные усл. обозначения см. рис. 3, 8

A — folding in South-Taimyr zone, Б — folding in the Norilsk region of the Siberian platform, В — molasse trough of the Yenisei-Khatanga depression, Г — intermontane molasse troughs in ЮТЗ, Д — direction of clastic material transportation, Е — sediments formed in the earlier stages, Ж — Neoproterozoic (Baikal) basement, З — Siberian Platform basement. For other legend items see Fig. 3, 8

Рис. 10. Литолого-палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (триасовый период, средняя эпоха)

Fig. 10. Lithology-paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Triassic period, Middle epoch)



Усл. обозначения см. на рис. 4, 6, 7

For legend see Fig. 4, 6, 7

На Волочанской и Тундровой площадях встречаются прослои вулканомиктовых и туфогенных песчаников и алевролитов, мощность отложений в направлении к Таймыру (Владимирская площадь) увеличивается.

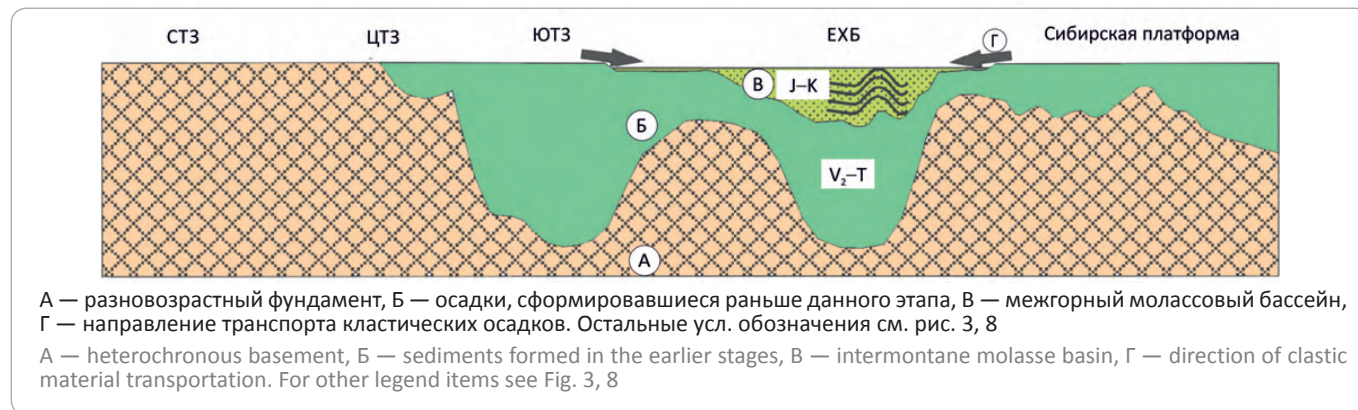
На востоке вскрытый нерасчлененный разрез среднего – верхнего триаса представлен темно-серыми глинистыми алевролитами, неравномерно переслаивающимися с аргиллитами, серыми и светло-серыми мелкозернистыми песчаниками. Накопление этих отложений могло происходить в прибрежных и

мелководно-морских условиях нормальной или пониженной солености.

В области сочленения Енисей-Хатангского прогиба и Западно-Сибирской плиты отложения среднего (и верхнего) триаса скважинами не вскрыты, однако здесь предполагается широкое развитие тампейской серии, представленной терригенной лимнической угленосной формацией мощностью до 1000–2000 м (Государственная геологическая карта..., Лист S-41-43, 2009; Государственная геологическая карта..., Лист Q-44-45, 2004). Распространение этой

Рис. 11. Модель геологической истории развития севера Сибирской платформы по профилю Диксон – оз. Хантайское (поздняя юра – ранний мел)

Fig. 11. Model of geological evolution history of the northern Siberian Platform along the line Dikson – Khantai lake (Late Jurassic – Early Cretaceous)



серии, особенно ее нижних частей, в значительной мере контролируется бортовыми разломами рифтов, развивавшихся в конце перми – раннем триасе. Верхние члены трансгрессивно перекрывают реликтовые горстовые блоки. В среднем триасе, вероятно, большое число этих блоков еще формировалось за счет размываемых возвышенностей среди аккумулятивной, аллювиально-озерно-болотной низменности.

Гумидный климат в среднем триасе менялся от теплого в анизийском веке до умеренно-теплого — в ладинском.

Юра – мел. В юрско-меловое время в осевой части Енисей-Хатангского прогиба и в Западной Сибири шло непрерывное осадконакопление на фоне общего погружения бассейна (рис. 11).

В начале юрского периода Западная Сибирь представляла собой возвышенную, слабодисшированную приподнятую сушу [10–12] (Объяснительная записка..., 1976). Область аккумуляции располагалась во внутренней зоне бассейна, на севере Западной Сибири и в Енисей-Хатангском прогибе. На северном краю бассейна отложения юры залегают с угловым несогласием на подстилающих отложениях палеозоя – триаса.

Ранняя юра. Геттанг, синемюр и плинсбах. Геттанг, плинсбах — это время регрессии морского бассейна. В мелеющем море на крайнем севере Западной Сибири и в центральной части Енисей-Хатангского прогиба формировалась толща переслаивания песчаников, алевролитов и глин с остатками раковин морских фоссилий [13].

Областью денудации были Среднесибирские горы, а на севере источниками сноса являлись палеоострова Новой Земли и Таймыра. Северный палеоостров Новой Земли и Таймыр представляли собой единую денудационную сушу площадью 360 тыс. км² [1].

В плинсбахе в восточной части Енисей-Хатангского междуречья сохранялся морской режим, кратковременные трансгрессии чередовались с ре-

грессиями [14, 15], в позднем плинсбахе отмечается обширная трансгрессия моря [16].

Седиментация в позднем плинсбахе на большей части исследуемой территории палеобассейна происходила преимущественно в морских, прибрежно-морских, реже — в дельтовых условиях (рис. 12). В бортовых частях палеобассейна на севере и юге Енисей-Хатангского и Анабаро-Ленского прогибов, а также в крайней восточной части Анабаро-Ленского прогиба отмечаются континентальные обстановки осадконакопления. Во внутренней части прогиба преобладали обстановки открытого морского шельфа с глинистой седиментацией. Относительно глубоководный шельф фиксируется на севере Лено-Анабарского района [13–15, 17].

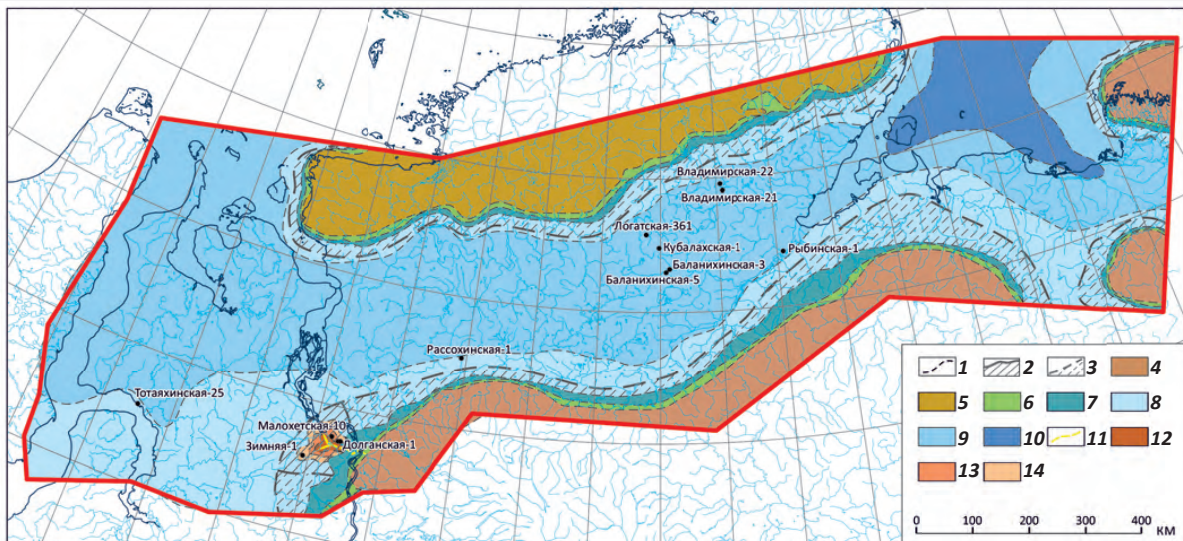
В юго-западной прибрежной части Енисей-Хатангского района по результатам фациальной интерпретации ГИС определены фации средней и дистальной частей конуса выноса дельты и закартирован конус выноса дельты в зоне развития мелководного морского шельфа. Бортовые зоны прогибов узкой полосой оконтуривают области развития надводной дельтовой равнины и прибрежной равнины, временами заливаемой морем. В области мелководно-морского шельфа выделяется зона распространения предполагаемых дельтовых отложений. Учитывая, что снос осадочного материала осуществлялся с бортовых частей прогиба в области развития гор и холмогорий на севере (Таймырская суша), юге (Среднесибирские горы) и востоке исследуемой территории, можно предполагать существование такой зоны.

Ранняя юра. Тоар. После незначительной регрессии, отмечаемой в конце плинсбаха, в раннем тоаре повысился уровень моря и наступила трансгрессия, одна из самых крупных в ранней и средней юре [1], в результате которой на территории всего Енисей-Хатангского прогиба образовался межрегиональный флюидоупор. Отложения представлены монотонной толщей глин, иногда аргиллитоподобных, темно-

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 12. Палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (ранняя юра, поздний плиенсбах)

Fig. 12. Paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Early Jurassic, Late Pliensbachian)



1 — предполагаемые границы фации; **зона распространения дельтовых отложений (2, 3): 2** — подтвержденных, **3** — предполагаемых; **палеофациальные области (4–10): 4** — горы (зона отсутствия отложений), **5** — холмистая и равнина, **6** — надводная дельтовая равнина/озерно-аллювиальная равнина, **7** — прибрежная равнина, временно заливаемая морем, **8** — мелководно-морской шельф, **9** — открытый шельф, **10** — глубокая часть шельфа; **палеофациальные зоны (11–14): 11** — предполагаемые русловые отмели и дельтовые каналы, **12** — проксимальный конус выноса дельты, **13** — средний конус выноса дельты, **14** — дистальный конус выноса дельты.

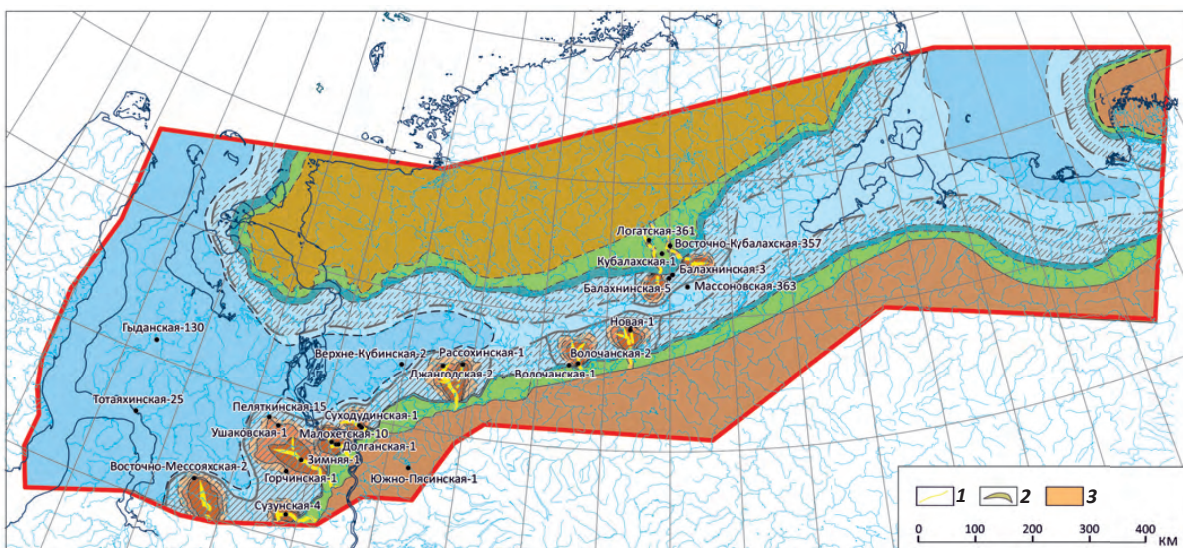
Остальные усл. обозначения см. на рис. 1

1 — supposed facies boundaries; **zone of deltaic deposits distribution (2, 3): 2** — confirmed, **3** — supposed; **paleofacies areas (4–10): 4** — mountains (zone of sediments absence), **5** — hills and plain, **6** — supraaquatic deltaic plain/fluviolacustrine plain, **7** — coastal plain periodically sea-drowning, **8** — shallow-marine shelf, **9** — open shelf, **10** — deepwater shelf; **paleofacies zones (11–14): 11** — supposed braid bars and deltaic channels, **12** — proximal delta fan, **13** — medial delta fan, **14** — distal delta fan.

For other legend items see Fig. 1

Рис. 13. Палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (средняя юра, ранний байос)

Fig. 13. Paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Middle Jurassic, Early Bajocian)



Палеофациальные зоны (1–3): 1 — русловые отмели, дельтовые каналы, **2** — береговые валы, **3** — пояс меандрирования рек. Остальные усл. обозначения см. на рис. 1, 12

Paleofacies zones (1–3): 1 — braid bars, deltaic channels, **2** — beach bars, **3** — rivers meandering belt.

For other legend items see Fig. 1, 12

серых до черных с коричневатым оттенком, тонкогоризонтально-слоистых, тонкоотмученных, в про- слоях часто высокоуглеродистых, особенно в нижней части разреза. Отложения нижнего тоара формиро- вались на глубинах нижней и средней частей внут- ренней сублиторали. В направлении Таймыра и окраины Сибирской платформы глубина осадконакопления сокращались, соответствуя глубинам верхней части внутренней сублиторали. Глубины средней сублито- рали наиболее распространены в восточных участ- ках структуры (выход к морю Лаптевых). О пологом уклоне дна бассейна свидетельствуют низкий гра- диент приращения мощностей, однотипность веще- ственного состава пород и характерные сообщества макро- и микробентоса [13, 18].

В западной части прогиба: в Енисей-Хатангской, а также в прилегающей Ямало-Гыданской зоне отло- жения верхнего тоара представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов с остатками растительного детрита, что свидетельствует об обме- лении бассейна.

Средняя юра. Аален – байос. На большей части изучаемой территории начало ааленского века свя- зано либо с накоплением континентальных отложе- ний, либо с перерывом в осадконакоплении. Харак- тер залегания и фациальный состав пограничных отложений нижней и средней юры свидетельствуют о структурной перестройке палеобассейна. Нижней части свойственен глинисто-алевритовый состав, а верхней — песчаный. Хатангский палеопроток мог иметь крутые уклоны дна, и местами глубины могли достигать нижней сублиторали (район Анабарского залива). На южном борту разрез преимущественно глинистый, на севере он содержит пласты песчани- ков. В Енисей-Хатангской части прогиба на рубеже ранней и средней юры формируются песчано-глини- стые отложения.

Таким образом, несмотря на обширную поздне- ааленскую регрессию, бассейн сохранил свои очертания. В то же время следует отметить, что со временем накопления этого существенно песчаного горизонта связано формирование перерывов в осадконакопле- нии и выпадение из разрезов значительных по про- должительности стратиграфических интервалов.

В байосе осадконакопление происходило в ус- ловиях прибрежной равнины и верхней сублито- рали. Палеорекострукции выполнялись на нижний байос, в момент максимальной регрессии, во время которой происходило накопление осадков мелко- водно-морского и прибрежно-морского генезиса.

На исследуемой территории отложения байоса слабо охарактеризованы керном, поэтому, помимо литолого-седиментологического анализа керна материала, привлекались данные геофизических ис- следований (ГИС).

На время формирования алевроитопесчаного пласта в раннем байосе осадконакопление проис-

ходило, вероятнее всего, по модели дельты с доми- нированием приливно-отливных процессов. На па- леогеографической карте (рис. 13) раннего байоса континентальные обстановки осадконакопления отражены на территории развития Среднесибирских гор и Таймырской денудационной равнины, которые обрамляли палеобассейн на севере и юге Енисей-Хатангского и Анабаро-Ленского районов, а также в крайней северо-восточной части Анабаро-Ленского района. В центральной части исследуемой террито- рии область морского палеобассейна значительно уменьшается. Во внутренней зоне, в южной части Енисей-Хатангского района, располагались неболь- шие по площади надводные дельтовые равнины с меандрирующими надводными дельтовыми канала- ми с русловыми отмелями, дельтовыми поймами и болотами. Снос осадочного материала осуществлялся с бортовых частей на юге и севере прогиба, с террито- рии современных Таймыра и Сибирской платформы.

В западной части Енисей-Хатангского района, в северной и центральной частях Анабаро-Ленского района преобладают обстановки открытого морского шельфа. Мелководно-морской шельф с преимуще- ственно глинистым осадконакоплением занимает большую часть территории исследований. В области мелководно-морского шельфа выделяется зона рас- пространения предполагаемых дельтовых отложе- ний, которая оконтуривает области развития мор- ского края надводной дельтовой равнины. Учитывая, что снос осадочного материала осуществлялся с бор- товых частей прогиба на севере (Таймырские хол- могорья), юге (Среднесибирские горы) исследуемой территории, на востоке тоже можно предполагать существование такой зоны.

Примерно в середине байоса, из-за поднятия уровня моря, в разрезе увеличивается общий объем глинистого материала. В конце байоса снова насту- пил регрессивный этап с отложением преимуще- ственно песчаного материала.

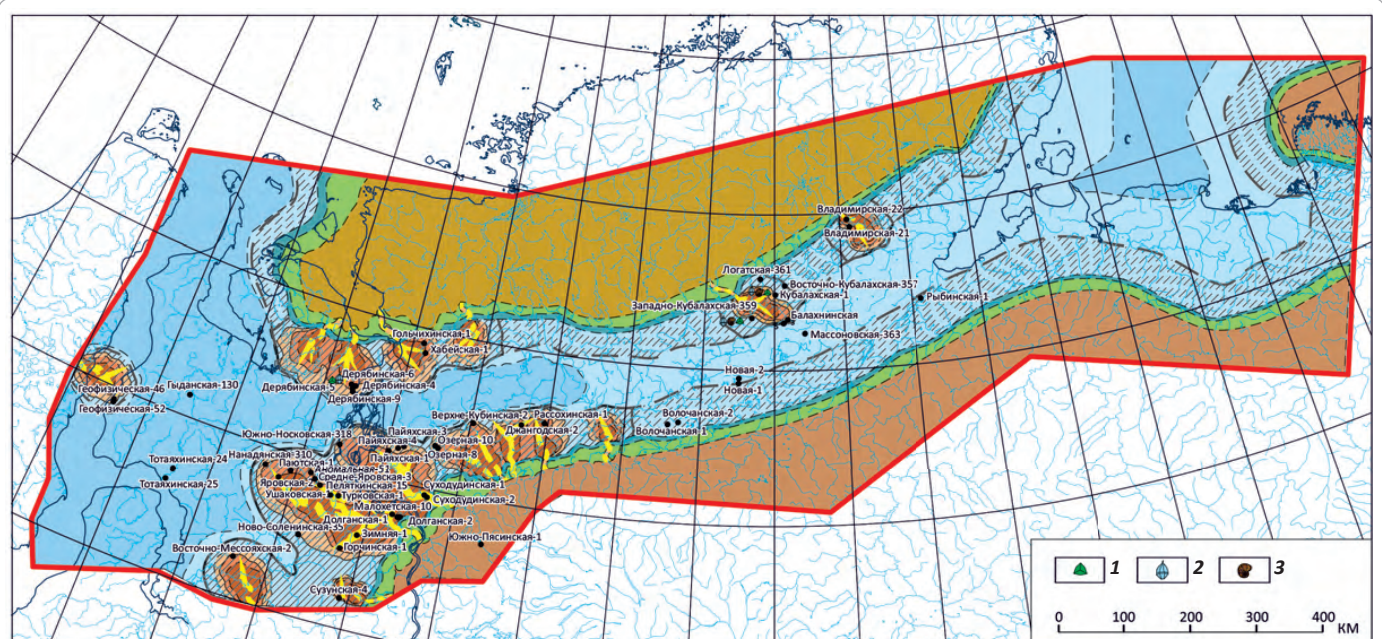
Средняя юра. Поздний байос – ранний бат. По литературным данным, в батское время в пределах Карской, Антипаютинско-Гадебияхинской мегаси- неклиз и Агапско-Енисейского желоба располагалась морская область с глубиной бассейна 25–100 м. Пло- щадь этой области расширилась в западной части бассейна, а на северо-востоке приблизилась к юго-за- падной части Таймырского палеоострова. В Приени- сейской зоне на севере геосинеклизы формировались песчано-алевритовые осадки, среди которых глини- стые породы встречаются только в виде прослоев [1].

По результатам седиментологического и фаци- ального анализов установлено, что седиментация в батский век на большей части исследуемой террито- рии палеобассейна происходила преимущественно в морских, реже — в прибрежно-морских и дельтовых условиях, в меньшей степени — в континентальных обстановках.

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 14. Палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (средняя юра, поздний байос – бат)

Fig. 14. Paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Middle Jurassic, Late Bajocian – Bathonian)



Фоссилии (1–3): 1 — споры и пыльца, 2 — диноцисты, 3 — фораминиферы.

Остальные усл. обозначения см. на рис. 1, 12, 13

Fossils (1–3): 1 — spores and pollen, 2 — dinocysts, 3 — foraminifera.

For other legend items see Fig. 1, 12, 13

На палеогеографической карте (рис. 14), построенной на время формирования отложений байоса – раннего бата по данным комплексной интерпретации керн, ГИС, на севере и юге исследуемой территории показаны преобладающие обстановки осадконакопления. В западной зоне Енисей-Хатангского палеобассейна отмечается значительное увеличение площади развития конусов выноса дельт, стекающих как с юга, со Среднесибирских гор и холмогорий, так и с севера, с Таймырской денудационной равнины. Наибольший снос осадочного материала осуществлялся с южной бортовой части палеобассейна, формируя значительные по площади конусы выноса дельт. Конусы выноса характеризуются удлинением проксимальной части в меридиональном простирании в сторону внутренней части бассейна седиментации. В крайней западной части изучаемой территории расположен конус выноса дельты, подтвержденный фациальной интерпретацией ГИС по скважинным данным. Выделяются подводные дельтовые каналы, проксимальная, средняя и дистальная части конуса. На основе седиментологической интерпретации керн установлено, что осадконакопление осуществлялось, вероятнее всего, по модели дельты с доминированием приливно-отливных процессов. Источником сноса отложений на западе, вероятно, являлось Уральское холмогорье.

Дельты, сформировавшиеся в подножии Таймырской суши в восточной части Енисей-Хатангского

района, образуют конуса выноса на Балахинской и Кубалахской площадях. Проксимальные и дистальные части конуса выноса дельт определены по данным фациальной интерпретации ГИС в одноименных скважинах.

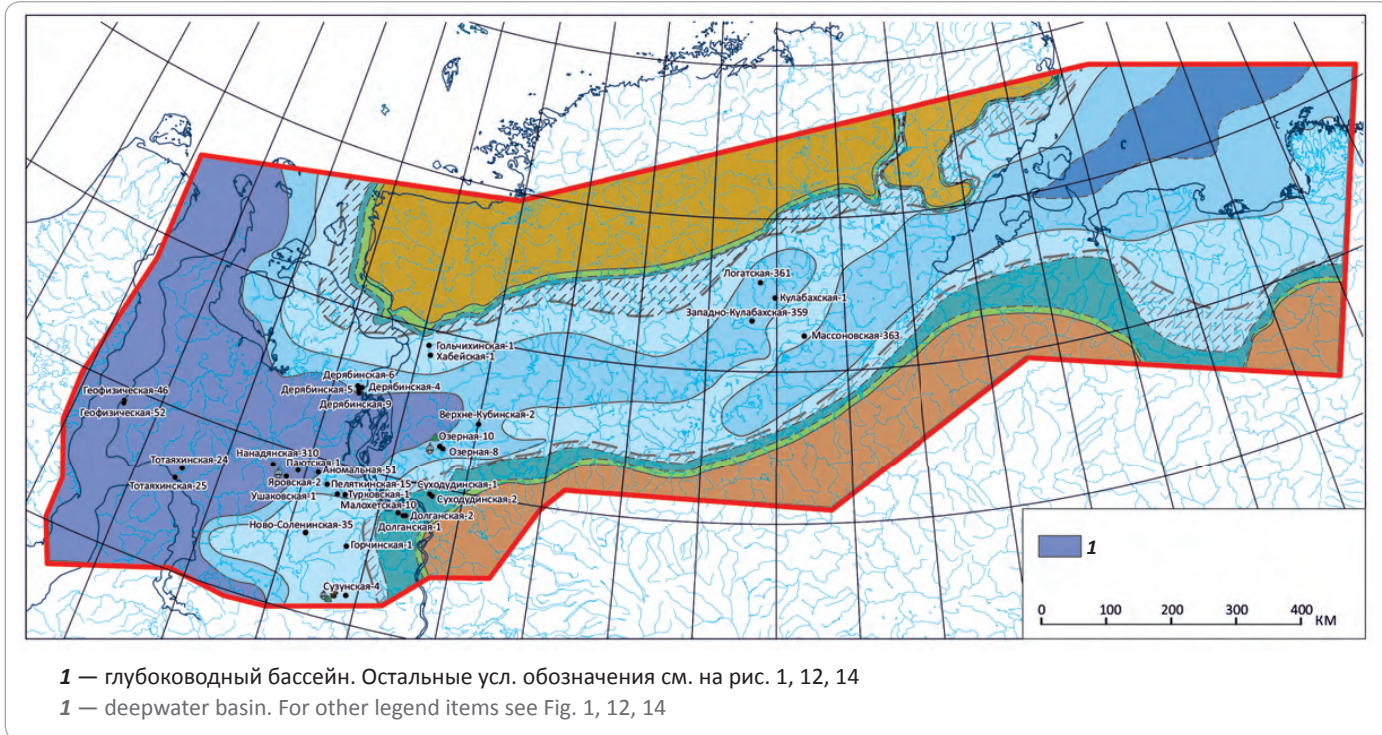
В восточной части исследуемой территории, в Анабаро-Ленском районе, также закартированы обстановки осадконакопления денудационной равнины, обрамлявшей палеобассейн с северо-запада, юга и северо-востока.

Во внутренней зоне палеобассейна оконтурены предполагаемые фациальные зоны аллювиальной (надводной дельтовой) равнины, обрамляющие бортовые зоны палеобассейна, зоны развития подводной дельтовой равнины с предполагаемыми дельтовыми конусами выноса (см. рис. 14).

Средняя юра (келловей) – поздняя юра – ранний мел (волжский ярус). Обширная трансгрессия, начавшаяся в конце бата, достигла максимума в верхней юре в титонском (волжском) ярусе. В течение всего этого времени господствовал морской режим. Отложения формировались в морском эпиконтинентальном сравнительно глубоководном бассейне на протяжении волжского века и в начале берриаса. Границы морского бассейна несколько расширились, значительно увеличилась его глубина в западной части Енисей-Хатангского района, где формировались битуминозные аргиллиты. В северо-восточном направлении обстановки сменяются открытым и

Рис. 15. Палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (поздняя юра – ранний мел, волжский ярус)

Fig. 15. Paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Late Jurassic – Early Cretaceous, Volgian age)



мелководно-морским шельфом. В центральной части бассейна отмечается развитие мелководно-морского шельфа в зоне подводных возвышенностей. На северо-востоке территории, в Анабаро-Ленском районе, мелководно-морской шельф сменяется открытым, а затем глубоким шельфом [19]. Предложенная палеогеографическая карта базируется на результатах описания кернового материала, интерпретации ГИС с выделением электрофаций по методике В.С. Муромцева [20], а также с использованием опубликованных материалов А.Э. Конторовича, В.П. Девятова, Б.Л. Никитенко, Б.Н. Шурыгина, Е.А. Предтеченской, Ф.Г. Гурари, А.Р. Курчикова и других исследователей.

Палеореконструкции проведены для волжского времени (рис. 15). В западной части Енисей-Хатангского района отложения верхней юры формировались в условиях глубоководного бассейна, в северо-восточном направлении обстановки сменяются открытым и мелководно-морским шельфом, что подтверждается фациальной интерпретацией ГИС в скважинах на Долганской, Малохетской и Озерной площадях. Из анализа мощностей по скважинам отмечается тренд уменьшения мощности осадков с востока на запад. В центральной части прогиба наблюдается поднятие, здесь обстановки седиментации мелководного морского шельфа протягиваются с юго-запада на северо-восток и практически разделяют исследуемую территорию на две части. На севере область развития гор и холмогорий, относящаяся к

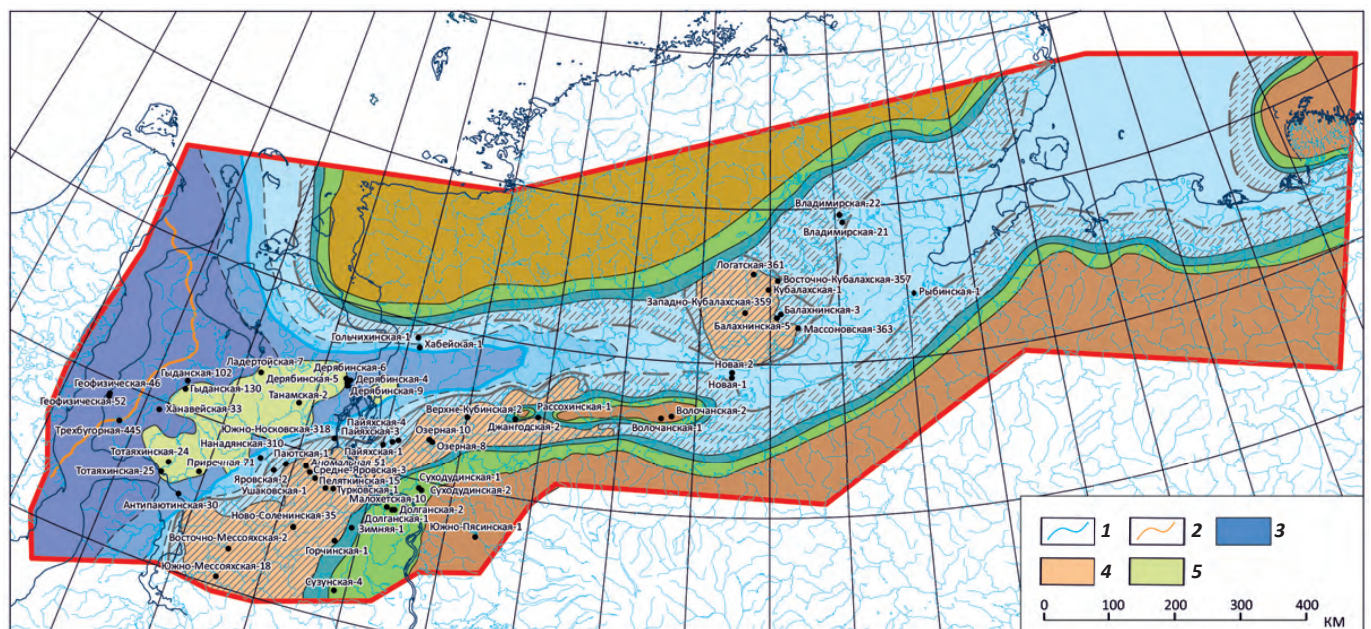
Таймырскому поднятию, окаймляет временно заливаемые участки пойм и прибрежные равнины, периодически заливаемые морем, вдоль которых распространяется предположительная зона развития дельтовых комплексов. На южном борту палеобассейна также развиты горы, откуда, вероятнее всего, происходил основной снос обломочного материала. Вдоль бортовой зоны развиты временно заливаемые участки пойм и прибрежные равнины, периодически заливаемые морем. На северо-востоке мелководно-морской шельф сменяется открытым, а затем глубоким шельфом (см. рис. 15).

Меловой интервал. Берриас – готерив. После глобальной юрской трансгрессии на прилегающей территории к палеобассейну Енисей-Хатангского регионального прогиба в меловое время началось активное горообразование, повлекшее за собой смену некомпенсированного осадконакопления на лавинную седиментацию. Основным источником обломочного материала для формирования клиноформного комплекса служили Сибирская платформа и Алтае-Саянская складчатая область. Боковое заполнение Западно-Сибирского бассейна шло в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба. В центральной части наклонное залегание отложений нижнего мела наблюдается на единичных профилях, что свидетельствует о менее динамичных условиях осадконакопления. Клиноформный комплекс формировался вплоть до барремского времени.

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 16. Палеогеографическая схема севера Сибирской платформы и прилегающих районов Западной Сибири (ранний мел — валанжин — ранний готерив)

Fig. 16. Paleogeographic scheme of the northern Siberian Platform and adjacent West Siberian regions (Early Cretaceous — Valanginian — Early Hauterivian)



1 — бровка-кромка палеошельфа на начало формирования резервуара; 2 — приклинка (граница примыкания кровли резервуара к глубоководным отложениям); 3 — склон; **подтвержденная зона развития отложений комплекса (4, 5): 4 — дельтового, 5 — турбидитного.**

Остальные усл. обозначения см. на рис. 1, 12, 15

1 — paleoshelf edge as on the beginning of reservoir formation; 2 — boundary of reservoir top abutting to deepwater deposits; 3 — slope; **confirmed zone of deposits development complex (4, 5): 4 — deltaic, 5 — turbidite complex.**

For other legend items see Fig. 1, 12, 15

Отложения нижнего мела залегают без видимого перерыва на отложениях верхней юры и представлены преимущественно аргиллитоподобными глинами и алевроитистыми отложениями, часто переслаивающимися между собой и неравномерно карбонатизированными. Песчаные и алевролитопесчаные отложения развиты подчиненно. Они приурочены к трем основным уровням, распространенным в подошвенной, средней и кровельной частях толщ.

Палеогеографические реконструкции были выполнены для валанжин-раннеготеривского времени. Реконструкции соответствуют регрессивному этапу, начавшемуся еще в берриасе. Как показано на палеогеографической схеме валанжин-раннеготеривского возраста (рис. 16), континентальные обстановки осадконакопления развиты в районах Среднесибирских гор и Таймырской денудационной равнины, обрамлявших палеобассейн на севере и юге Енисей-Хатангского и Анабаро-Ленского районов, а также в крайней северо-восточной части Анабаро-Ленского района. В западной части Енисей-Хатангского района существовали обстановки глубоководного моря с зонами развития турбидитовых комплексов, подтвержденных по данным керн и фациальной интерпретации ГИС с использованием сейсмических данных. В южной и юго-восточной частях Енисей-Хатангского

района выделены зоны развития дельтовых комплексов, также подтвержденных фактическими данными по результатам фациальной интерпретации ГИС. Зоны аллювиальной равнины и морского края дельтовых комплексов узкой полосой оконтуривают возвышенности на севере, юге и крайнем востоке исследуемой территории. Во внутренней зоне палеобассейна, в восточной части Енисей-Хатангского района, в области Рассохинской и Волочанской площадей, выделяется возвышенность, с которой стекали небольшие реки, формируя в прибрежно-морской части шельфа небольшие дельтовые конусы выноса в валанжине и раннем готериве. По результатам фациальной интерпретации ГИС закартирована область подводных дельтовых равнин с конусами выноса дельт, спускающихся с Таймырской возвышенности в районе Логатской, Кубалахской, Балахнинской и Массоновской площадей. Предполагаемые зоны развития дельтовых комплексов выделены и на малоизученной территории Анабаро-Хатангской седловины. Возможно, дельтовые комплексы окаймляли и возвышенности в Анабаро-Ленском районе.

К концу готерива береговая линия в процессе регрессии продолжала смещаться в противоположную сторону от Сибирской платформы. Различные палеогеографические области продолжали сокра-

щаться. Отложения представлены ритмичным переслаиванием алевритопесчаных и алевритоглинистых пачек, соотношение которых меняется в пределах области развития толщи. В разрезе выделяется несколько регионально развитых глинистых пачек, к которым приурочены протяженные сейсмические отражающие горизонты. Песчаные пачки имеют относительно простое строение. Разделяющие их глинисто-алевритовые горизонты характеризуются переслаиванием аргиллитов и алевролитов. Мощность их также изменяется в широких пределах. Основными литологическими разновидностями берриасготеривского комплекса отложений являются песчаники, алевролиты и аргиллиты [21].

Ранний мел. Барремский ярус. В барремском веке закончился крупный юрско-неокомский трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл. Это был один из двух основных циклов, сформировавший осадочный чехол Енисей-Хатангского регионального прогиба. В результате компенсированного заполнения бассейна осадками море обмелело. Континентальные отложения барремского яруса залегают с существенным перерывом на готериве и сложены светло-серыми мелко- и среднезернистыми песками и песчаниками с малочисленными прослоями углей и имеют континентальное происхождение.

Ранний мел. Поздний апт – ранний альб. В конце раннего мела наступает новый апт-неогеновый трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл. На территории Лено-Анабарского прогиба, Анабаро-Хатангской седловины и восточной части Енисей-Хатангского прогиба морской бассейн закрывается. Осадконакопление продолжается только в западной части Енисей-Хатангского прогиба, что отражено на фациальной карте-схеме формирования отложений апта – альба, полученной по результатам интерпретации ГИС и сейсмофациального анализа (рис. 17). По данным ГИС в скважинах диагностируются обстановки аллювиальной равнины (надводной дельтовой равнины) с разветвленной сетью надводных дельтовых каналов, береговыми валами и песками разливов, обстановки прибрежной равнины, временами заливаемой морем, с сетью надводных дельтовых каналов. В конце апта усилились эрозионные процессы, зарождались новые речные сети. Накопление более грубообломочного материала, преимущественно песчаного и песчано-глинистого состава, связано с усилением тектонической активности.

В пределах Енисей-Анабарского междуречья в барремский, аптский и альбский века располагалась обширная озерно-аллювиальная равнина, покрытая многочисленными озерами. Для равнины характерно активное накопление углей. С востока к окраине этой низменности могли подступать воды Арктического бассейна. В пределах Анабаро-Хатангской впадины аллювиальная равнина существовала и в

сеноманском веке. Возможно, что территория между Сибирской платформой и Верхоянскими горами представляла собой денудационную равнину, так как верхнемеловые отложения на всей этой территории отсутствуют. По этой равнине протекала крупная река, дельта которой располагалась в Усть-Енисейской впадине и постепенно отступала к востоку по мере развития трансгрессии туронского моря [22].

В конце альба последовала обширная трансгрессия Западно-Сибирского моря. Область морского мелководного бассейна расширилась на восток, но не проникла дальше р. Пясины, поэтому на большей части Енисей-Хатангского регионального прогиба господствовали континентальные условия осадконакопления.

В конце раннего мела морское осадконакопление сменяется на континентальное на большей части исследуемой территории. В западной части Енисей-Хатангского прогиба отмечается аллювиальная равнина (надводная дельтовая равнина) с разветвленной речной сетью, сменяющаяся к западу прибрежной равниной, временами заливаемой морем.

Поздний мел. Сеноман – турон – коньяк – сантон. Начавшаяся в конце альба регрессия продолжилась в сантоне, сопровождаясь общим обмелением Западно-Сибирского бассейна и распространением континентальных обстановок на запад. С турона в Енисей-Хатангской впадине начинается трансгрессия, которая постепенно распространяется с запада на восток. Если в западной части прогиба морские отложения начинают формироваться уже в туроне, то на востоке морские условия устанавливаются окончательно только в сантонском веке.

В западной части Енисей-Хатангского прогиба выделяются отложения (верхний – нижний сеноман и часть среднего турона), которые представлены глинами и глинистыми алевритами с глауконитом и фосфоритовым горизонтом в основании. В восточной части распространения отложений сеномана в породах встречены аммониты, иноцерамы, раковины бентосных известково-секретионных фораминифер. Мощность отложений колеблется от 45 до 130 м.

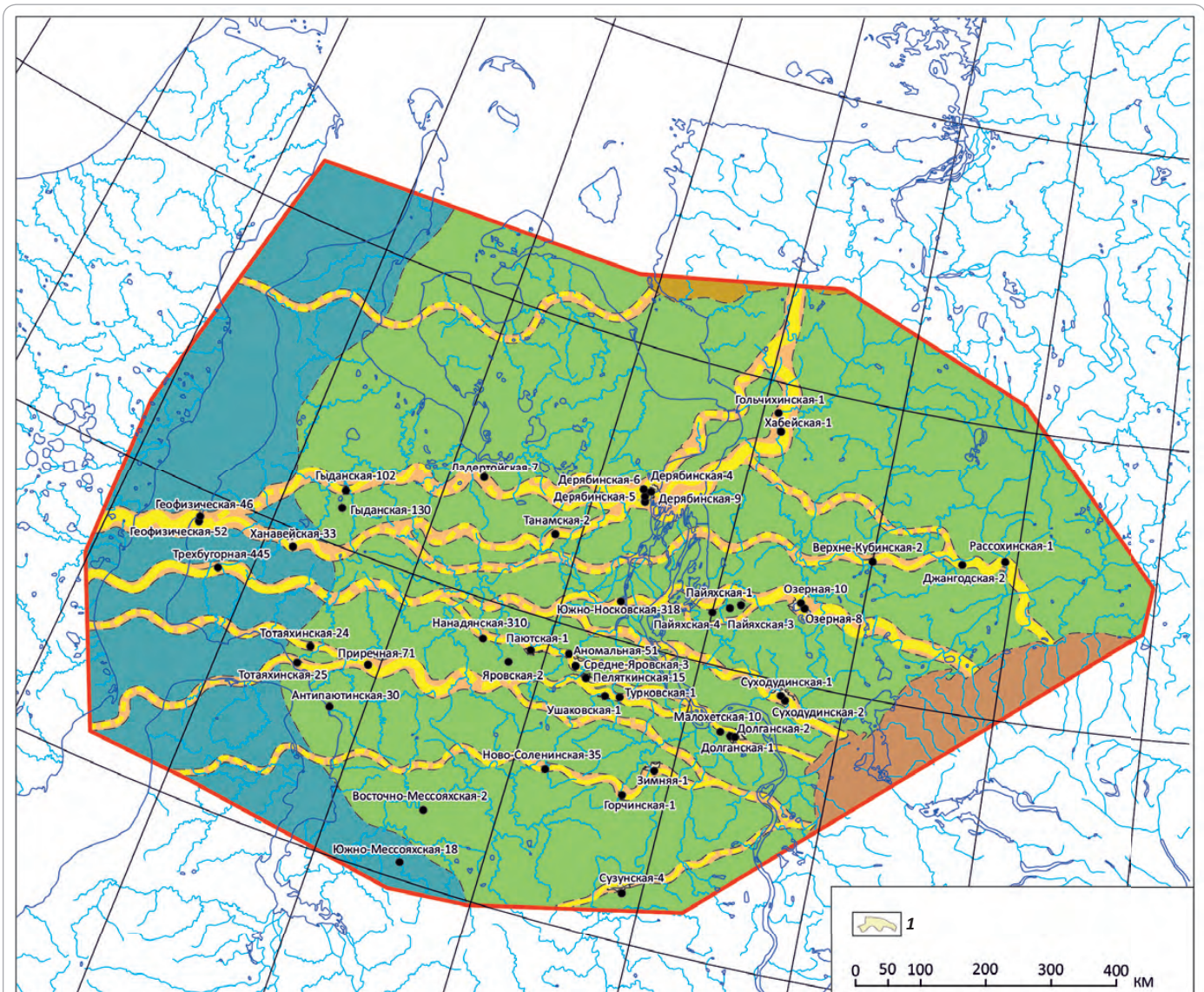
Вышележащие отложения (верхний турон – сантон) имеют преимущественно глинистый состав. Глины местами чередуются с алевритами и песками. Породы содержат отпечатки и раковины иноцерамов, других двустворчатых моллюсков и известково-секретионные бентосные фораминиферы. Мощность составляет от 245 до 490 м.

В Анабаро-Хатангской части прогиба на протяжении турона и коньяка продолжалось накопление преимущественно дельтовых фаций, а также прибрежно-морских и прибрежно-континентальных отложений (песчаники, алевролиты и глины с примесью обугленного растительного материала, отпечатками флоры, галькой сидеритов и янтаря). Во второй

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

Рис. 17. Палеогеографическая схема западной части севера Сибирской платформы (ранний мел, апт – альб)

Fig. 17. Paleogeographic scheme of the western part of northern Siberian Platform (Early Cretaceous, Aptian – Albian)



- 1 — пески разливов.
 Остальные усл. обозначения см. на рис. 1, 12, 13
 1 — flood sands.
 For other legend items see Fig. 1, 12, 13

половине сантона море трансгрессирует на восток. Начинается накопление глинисто-алевритовых пород с большим количеством иноцерамов и отпечатков флоры. Это свидетельствует о колебании береговой линии и незначительных глубинах бассейна.

Кампан – маастрихт. В кампан-маастрихтском интервале вся западная часть Енисей-Хатангской впадины представляла собой мелководный морской бассейн. Только в анабарской части прогиба морские обстановки в маастрихте сменились прибрежно-морскими, а затем континентальными. По мнению некоторых исследователей, образовавшаяся в этом районе лагуна постепенно утратила связь с

морским бассейном [22]. Отсутствие более молодых отложений в Хатангской впадине свидетельствует о продолжении поднятия этой территории в дании и более позднее время.

В Усть-Енисейской части впадины отложения кампана в нижней части представлены преимущественно глинами. Маастрихтские отложения сложены алевритами с прослоями глин и карбонатными конкрециями, содержат остатки аммонитов, двустворок, фораминифер и диноцист. Такого же состава осадки накапливались и в восточной части впадины, где формировались глинисто-алевритистые осадки с подчиненными прослоями песков и глауконитом.

Результаты

Комплексный анализ геолого-геофизических данных, включающих ретроспективные и новые фактические материалы по обширной территории северного обрамления Сибирской платформы, позволил уточнить предыдущие карты-схемы и составить представления о палеогеографии этого региона с разной степенью детальности, отражающей основные этапы осадконакопления и условия формирования перспективных нефтегазоносных объектов, приуроченных к определенным палеообстановкам.

Развитие осадочного бассейна в пределах северного обрамления Сибирской платформы началось в *рифейское время*, когда он представлял собой пассивную окраину Сибирского кратона. В позднем венде – раннем кембрии предполагается этап рифтогенеза с формированием системы грабенов.

Примерно со *среднего кембрия и до раннего карбона* включительно Южно-Таймырская зона и Енисей-Хатангский бассейн стали шельфовым бассейном. Область континентального склона располагалась в пределах Центрально-Таймырской мегазоны с характерной ассоциацией глубоководно-шельфовых фаций.

В течение *среднего карбона – ранней перми* Енисей-Хатангский прогиб развивался в условиях нарастающих напряжений сжатия, генераторами которых со среднего карбона являлись коллизионные обстановки, связанные с началом формирования орогена Центрального и Северного Таймыра. Сжатие бассейна сопровождалось обмелением, в мелководно-морских обстановках с преимущественно нормальной соленостью накапливались сероцветные алевроглинистые породы.

Растущее поднятие являлось основным источником обломочного материала для Южно-Таймырской мегазоны, представлявшей собой предгорный прогиб, начавший свое развитие еще во второй половине карбона и заполнявшийся мощными терригенно-угленосными комплексами до поздней перми.

Позднепермско-раннетриасовый этап – развитие рифтовой системы, сопровождавшееся трапповым магматизмом.

В *среднетриасовую эпоху* Енисей-Хатангский бассейн представлял собой море-залив, глубоко вдававшийся в континент. За счет ограниченной связи с открытым морем он большей своей частью распределялся за счет притока речных вод.

В *юрско-меловое время* в осевой части Енисей-Хатангского прогиба и в Западной Сибири шло непрерывное осадконакопление на фоне общего погружения бассейна. Отложения юры и мела в целом образуют единую мегасеквенцию платформенного типа, на бортах прогиба отложения юры залегают с угловым несогласием на подстилающих отложениях палеозоя – триаса. Областью денудации и источником сноса являлись возвышенности Сибирской платформы и Таймыра с разной степенью влияния. Существовавший на всем протяжении юрско-мелового времени морской режим сопровождался чередованием этапов трансгрессии и регрессии.

К концу позднего мела (кампан – маастрихт) наблюдается общее обмеление бассейна: вся западная часть Енисей-Хатангской впадины представляла собой мелководный морской бассейн, в Анабарской части прогиба морские обстановки сменяются в маастрихте прибрежно-морскими, а затем континентальными.

Таким образом, понимание палеогеографии региона позволяет выявить закономерности распределения коллекторов и, как следствие, установить наиболее перспективные зоны развития возможных ловушек как структурного, так и литологического типов. Стоит отметить, что активное обмеление бассейна в меловое время привело к значительному опесчаниванию разреза на востоке Енисей-Хатангского прогиба. Важным вопросом, требующим отдельного внимания, остается оценка качества флюидоупоров для снижения рисков при поисках залежей углеводородов в мезозойском разрезе.

Литература

1. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.Н., Ян П.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 972–1012.
2. Конторович А.Э., Ершов С.В., Казаненков В.А., Карогодин Ю.Н., Конторович В.А., Лебедева Н.К., Никитенко Б.Л., Попова Н.И., Шурыгин Б.Н. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – № 5–6. – С. 745–776.
3. Мельников Н.В., Шабанов Ю.Я., Шабанова О.С. Стратиграфическая схема кембрийских отложений Турухано-Иркутско-Олекминского региона Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 6. – С. 863–875.
4. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В., Бордунов С.И., Луговая О.В., Чикишев А.А., Яковичина Е.В. Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена // Геотектоника. – 2016. – № 2. – С. 23–42. DOI: 10.7868/S0016853X16020028.
5. Khudoley A.K., Prokopyev A.V., Chamberlain K.R., Ernst R.E., Jowitt S.M., Malysheva S.V., Zaitsev A.I., Kropachev A.P., Koroleva O.V. Early Paleozoic mafic magmatic events on the eastern margin of the Siberian-Craton. *Lithos*. 2013;174:44–56. DOI: 10.1016/j.lithos.2012.08.008.
6. Добрецов Н.Л. Пермо-триасовый магматизм и осадконакопление Евразии как отражение мантийного суперплюма // ДАН. – 1997. – Т. 354. – № 4. – С. 497–500.
7. Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Карякин Ю.В., Кораго Е.А., Симонов В.А. Мезозойско-кайнозойский вулканизм и этапы геодинамической эволюции Центральной и Восточной Арктики // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1126–1144.

FORMATION AND LOCATION OF OIL AND GAS POOLS

8. Nikishin A.M., Ziegler P.A., Abbott D., Brunet M-F., Cloetingh S. Permo-Triassic intraplate magmatism and rifting in Eurasia: implications for mantle plumes and mantle dynamics. *Tectonophysics*. 2002;351(1–2):3–39.
9. Афанасенков А.П., Никушин А.М., Унгер А.В. Мезо-кайнозойская история развития севера Западной и Восточной Сибири (Гыдан, Усть-Енисейский район) на основе анализа сейсмических данных // Геология нефти и газа. – 2017. – № 1. – С. 34–40.
10. Казаринов В.П. Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. – М.: Гостоптехиздат, 1958. – 324 с.
11. Конторович А.Э., Берман Е.Л., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Мельникова В.М., Стасова О.Ф., Фомичев А.С. Геохимия юрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности. – М.: Недра, 1971. – 251 с.
12. Захаров В.А., Нальняева Т.И., Шульгина Н.И. Новые данные по биостратиграфии верхнеюрских и нижнемеловых отложений на полуострове Пакса, Анабарский залив (север Средней Сибири) // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 528. – М.: Наука, 1983. – С. 56–176.
13. Девятков В.П., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н. Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу «Геология и геофизика». – 2011. – Т. 52. – Вып. 16–17. – С. 87–101.
14. Захаров В.А., Шурыгин Б.Н. Юрское море на севере Средней Сибири (по данным анализа двустворчатых моллюсков) // Условия существования мезозойских морских бореальных фаун. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 56–81.
15. Захаров В.А., Шурыгин Б.Н. Географическая дифференциация морских двустворчатых моллюсков в юре и раннем мелу Арктической зоогеографической области // Мезозой Советской Арктики. Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 555. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 72–94.
16. Палеогеография севера СССР в юрском периоде. – Новосибирск: Наука, 1983. – 188 с.
17. Захаров В.А., Шурыгин Б.Н. Метод реконструкции рельефа дна и глубин морских палеобассейнов на основе анализа катен бентоса // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Палеобассейны и их обитатели. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 97–107.
18. Никитенко Б.Л. Стратиграфия, палеобиогеография и биофацции юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды) / Под ред. Б.Н. Шурыгина. – Новосибирск: СО РАН, 2009. – 680 с.
19. Zakharov V.A., Rogov M.A., Dzyuba O.S., Žák K., Košťák M., Pruner P., Skupien P., Chadima M., Mazuch M., Nikitenko B.L. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia). *Polar Res.* 2014;33. DOI:10.3402/polar.v33.19714.
20. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
21. Танинцев Н.В., Шиманский В.В., Колпенская Н.Н., Низяева И.С., Васильев Н.Я. Закономерности формирования и распределения коллекторов углеводородов в нижнемеловых отложениях севера Западной Сибири // Разведка и охрана недр. – 2016. – № 2. – С. 30–36.
22. Балабанова Т.Ф., Веренинова Т.А., Галеркин С.Г., Джиноридзе Н.М., Кирина Т.И., Кравей В.С., Месежников М.С., Чирва С.А. Палеогеография севера СССР в юрском и меловом периоде // Вопросы палеогеографии и палеобиографии мезозоя севера СССР. Тр. ВНИГРИ. Вып. 304. – Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1971. – С. 3–132.

References

1. Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shurygin B.N., Vakulenko L.G., Gaideburova E.A., Danilova V.P., Kazanekov V.A., Kim N.S., Kostyreva E.A., Moskvina V.N., Yan P.A. Jurassic paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Russian Geology and Geophysics*. 2013;54(8):747–779.
2. Kontorovich A.E., Ershov S.V., Kazanekov V.A., Karogodin Yu.N., Kontorovich V.A., Lebedeva N.K., Nikitenko B.L., Popova N.I., Shurygin B.N. Cretaceous paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Russian Geology and Geophysics*. 2014;55(5–6):582–609.
3. Mel'nikov N.V., Shabanov Yu.Ya., Shabanova O.S. Stratigraphic chart of Cambrian deposits in the Turukhansk-Irkutsk-Olekma region, Siberian Platform. *Russian Geology and Geophysics*. 2010;51(6):672–683.
4. Afanasenkov A.P., Unger A.V., Lugovaya O.V., Chikishev A.A., Nikishin A.M., Bordunov S.I., Yakovishina E.V. The tectonics and stages of the geological history of the Yenisei-Khatanga Basin and the conjugate Taimyr Orogen. *Geotectonics*. 2016;50(2):161–178. DOI: 10.1134/S0016852116020023.
5. Khudoley A.K., Prokopiev A.V., Chamberlain K.R., Ernst R.E., Jowitt S.M., Malysheva S.V., Zaitsev A.I., Kropachev A.P., Koroleva O.V. Early Paleozoic mafic magmatic events on the eastern margin of the Siberian-Craton. *Lithos*. 2013;174:44–56. DOI: 10.1016/j.lithos.2012.08.008.
6. Dobretsov N.L. Permian-Triassic magmatism and sedimentation in Eurasia as a reflection of mantle superplum. *DAN*. 1997;354(4):497–500.
7. Dobretsov N.L., Vernikovskiy V.A., Simonov V.A., Karyakin Y.V., Korago E.A. Mesozoic-Cenozoic volcanism and geodynamic events in the Central and Eastern Arctic. *Russian Geology and Geophysics*. 2013;54(8):874–887.
8. Nikishin A.M., Ziegler P.A., Abbott D., Brunet M-F., Cloetingh S. Permo-Triassic intraplate magmatism and rifting in Eurasia: implications for mantle plumes and mantle dynamics // *Tectonophysics*. 2002;351(1–2):3–39.
9. Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V. Mesozoic-Cenozoic geological history of the north of Western and Eastern Siberia based on the seismic data analysis. *Geologiya nefi i gaza*. 2017;(1):34–40.
10. Kazarinov V.P. Mesozoic and Cenozoic deposits of Western Siberia. Moscow: Gostoptekhizdat, 1958. 324 p.
11. Kontorovich A.E., Berman E.L., Bogorodskaya L.I., Vinokur B.G., Kolganova M.M., Lipnitskaya L.F., Mel'nikova V.M., Stasova O.F., Fomichev A.S. Geochemistry of Jurassic and Lower Cretaceous deposits in the West Siberian lowland. Moscow: Nedra, 1971. 251 p.
12. Zakharov V.A., Nal'nyaeva T.I., Shul'gina N.I. New data on biostratigraphy of Upper Jurassic and Lower Cretaceous deposits of the Paks peninsula (Anabar Bay, northern Middle Siberia). Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 528. Moscow: Nauka; 1983. P. 56–176.
13. Devyatov V.P., Nikitenko B.L., Shurygin B.N. Jurassic paleogeography of Siberia during major changeovers. *Novosti paleontologii i stratigrafii. Prilozhenie k zhurnaluu Geologia i geofizika*, Vol. 52. 2011;(16–17):87–101.
14. Zakharov V.A., Shurygin B.N. The Jurassic sea in the north of the Middle Siberia (according to the data on bivalves). *Usloviya sushchestvovaniya mezozoiskikh morskikh boreal'nykh faun*. Novosibirsk: Nauka, 1979. P. 56–81.
15. Zakharov V.A., Shurygin B.N. Geographical differentiation of marine bivalves in the Jurassic and Early Cretaceous within the Arctic biogeographical realm. *Mezozoi Sovetskoi Arktiki*. Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 555. Novosibirsk: Nauka, 1983. P. 72–94.
16. *Paleogeography of the USSR north in the Jurassic period*. Novosibirsk: Nauka, 1983. 188 p.
17. Zakharov V.A., Shurygin B.N. Method for bottom topography and marine paleobasins depth reconstruction on the basis of benthos catenas analysis. *Sreda i zhizn' v geologicheskom proshlom. Paleobasseiny i ikh obitateli*. Novosibirsk: Nauka, 1985. P. 97–107
18. Nikitenko B.L. Jurassic stratigraphy, paleobiogeography, and biofacies on the basis of microfauna (foraminifera and ostracodes). In: B.N. Shurygina ed. *Novosibirsk: SO RAN*, 2009. 680 p.

19. Zakharov V.A., Rogov M.A., Dzyuba O.S., Žák K., Košťák M., Pruner P., Skupien P., Chadima M., Mazuch M., Nikitenko B.L. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia). *Polar Res.* 2014;33. DOI:10.3402/polar.v33.19714.
20. Muromtsev V.S. Electrometric geology of sand bodies — oil and gas stratigraphic traps. Leningrad: Nedra, 1984. 260 p.
21. Taninskaya N.V., Shimanskiy V.V., Kolpenskaya N.N., Nizyaeva I.S., Vasilev N.Ya. Regularities of formation and distribution of collectors of hydrocarbons in Lower Cretaceous deposits of the north of Western Siberia. *Razvedka i okhrana neдр.* 2016;(2):30–36.
22. Balabanova T.F., Vereninova T.A., Galerkin S.G., Dzhinoridze N.M., Kirina T.I., Kravei V.S., Mesezhnikov M.S., Chirva S.A. Paleogeography of the USSR north in the Jurassic and Cretaceous period. *Voprosy paleogeografii i paleobiografii mezozoya severa SSSR.* Tr. VNIGRI. Vyp. 304. Leningrad: Izdatelstvo VNIGRI, 1971. P. 3–132.

В 1-м выпуске журнала 2018 г. в статье «Тектоника северного обрамления Сибирской платформы по результатам комплексного анализа геолого-геофизических данных» (авторы А.П. Афанасенков, А.Н. Обухов, А.А. Чикишев, В.А. Шайдаков, А.В. Бордюг, С.Л. Каламкар) в рис. 5 ссылка [20] должна находиться в конце подрисуночной подписи.

Иосифу Ароновичу Мушину — 80 лет!



И.А. Мушин, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, родился 17 февраля 1938 г. в Баку. В 1960 г. окончил Московский нефтяной институт по специальности горный инженер-геофизик, после чего был принят в головной геофизический институт «ВНИИГеофизика», где и проработал последующие 50 лет. С 2010 г. по настоящее время работает в ФГБУ «ВНИГНИ».

Пожалуй, главная особенность почти 60-летней научной деятельности Иосифа Ароновича заключалась в том, что он всегда грамотно ставил цели и задачи геологических исследований и внимательно изучал геофизические методы и средства их решения и обеспечения.

Так, на начальном этапе своих исследований он занимался поисками и разведкой методом РНП новых нефтяных и газовых месторождений в районах Башкирии, Казахстана и Оренбургской области. Работы И.А. Мушин проводил под руководством своего учителя — профессора Л.А. Рябинкина. Уже в 1960-е гг. он стал одним из первооткрывателей нефтегазовых месторождений.

Иосиф Аронович — один из активных участников цифровой революции в отечественной сейсморазведке. Соответственно он стал одним из авторов первого учебника по цифровой обработке сейсмических данных, изданного в 1973 г. Развитие И.А. Мушиным методов конструирования алгоритмов и графов цифровой обработки было положено в основу его диссертации на соискание степени доктора технических наук.

После защиты докторской диссертации интересы исследований Иосифа Ароновича начали явно смещаться в область геологической интерпретации геофизических данных. В итоге была разработана комплексная структурно-формационная интерпретация (СФИ) данных сейсморазведки, ГИС и других геофизических методов, основоположником которой он является.

Развитие этого направления обеспечило появление новых эффективных методов геологической интерпретации: выявления и трассирования дизъюнктивных нарушений разного масштаба и ранга; сейсмоциклического анализа данных сейсморазведки и ГИС, обеспечивших развитие наиболее эффективных способов их увязки и комплексирования; построения сиквенс-стратиграфических разрезов и кубов — основы выявления перспективных объектов и ловушек углеводородов и т. д.

В последние годы (в ФГБУ «ВНИГНИ») коллектив специалистов под руководством И.А. Мушина разрабатывает и внедряет в производство инновационную технологию построения прогнозных региональных сейсмических кубов — «РегионСейс3D», развивающую новую парадигму регионального этапа геолого-разведочных работ.

Иосиф Аронович — член редколлегии журнала «Геофизика», член Ученого совета ФГБУ «ВНИГНИ», почетный профессор университета нефти КНР. Он является автором более 200 опубликованных научных работ, в том числе 12 монографий и 13 изобретений. Награжден золотой, тремя серебряными и двумя бронзовыми медалями ВДНХ. Почетный разведчик недр.

Уважаемый Иосиф Аронович, поздравляем Вас с юбилеем и желаем дальнейших профессиональных успехов, здоровья и благополучия!

Редколлегия и редакция журнала «Геология нефти и газа»