

ВЕНД ПРЕДЪЕНИСЕЙСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА (юго-восток Западной Сибири)

**Д.В. Гражданкин^{1,2}, А.Э. Конторович^{1,2}, В.А. Конторович^{1,2}, С.В. Сараев¹, Ю.Ф. Филиппов¹,
А.С. Ефимов³, Г.А. Карлова¹, Б.Б. Кочнев^{1,2}, К.Е. Наговицин^{1,2}, А.А. Терлеев¹, Г.О. Федянин²**

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

² *Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия*

³ *Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,
630091, Новосибирск, Красный просп., 67, Россия*

В верхнепротерозойском—нижнепалеозойском Предъенисейском осадочном бассейне, расположенном на юго-востоке Западной Сибири под мощным чехлом мезозойско-кайнозойских отложений, установлен фоссилиеосодержащий верхний венд. Структурные и текстурные признаки отложений позволяют выделять две осадочные системы: 1) зона волнения и течений — передовой склон рифа — рифовый пояс биогермных построек (разрез скв. Восток-3) и 2) приливно-отливные равнины — эвапоритовый залив (разрез скв. Аверинская-150). В отложениях передового склона рифа присутствуют остатки трубчатых известковых скелетов животных-рифостроителей *Cloudina riemkeae*, *Cloudina hartmannae* и *Cloudina carinata*, фосфатизированные остатки, похожие на представителей рода *Namacalathus*, и остатки разнообразных фосфатизированных и агглютированных трубок. Ископаемые остатки указывают на сложную экологическую структуру сообществ организмов, которые обитали в пределах рифовых построек. Палеонтологическая характеристика позволяет относить вендские отложения к нижней части комплексной зоны *Purella antiqua* и пограничному интервалу с нижележащей зоной *Anabarites trisulcatus* верхнего венда Сибирской платформы. Следовательно, по крайней мере в позднем протерозое, Предъенисейский осадочный бассейн являлся продолжением перикратонной осадочной системы, которая функционировала на западной окраине Сибирской платформы (в современных географических координатах).

Венд, Предъенисейский осадочный бассейн, Cloudina, Западная Сибирь.

VENDIAN OF THE FORE-YENISEI SEDIMENTARY BASIN (southeastern West Siberia)

**D.V. Grazhdankin, A.E. Kontorovich, V.A. Kontorovich, S.V. Saraev, Yu.F. Filippov, A.S. Efimov,
G.A. Karlova, B.B. Kochnev, K.E. Nagovitsin, A.A. Terleev, and G.O. Fedyanin**

Fossiliferous Upper Vendian strata are discovered in the Upper Proterozoic to Lower Paleozoic Fore-Yenisei sedimentary basin under a thick Mesozoic-Cenozoic cover in the southeastern West Siberia. Two depositional systems are recognized based on sedimentological features: (1) wave- and current-agitated shoreface-forereef-biohermal reef system (Vostok-3 Borehole section) and (2) tidal-flat- evaporite basin (Averinskaya-150 Borehole section). The forereef facies yielded fossilized tubular calcareous skeletons of reef-building metazoans *Cloudina riemkeae*, *Cloudina hartmannae*, and *Cloudina carinata*, phosphatized *Namacalathus*-like fossils, and a diversity of tubular phosphatized and agglutinated tubular fossils. The fossil assemblage can be interpreted as the evidence of ecological complexity of the reef system. Paleontological characteristics suggest correlation of the Vendian strata with the lowermost *Purella antiqua* Assemblage Zone and the boundary interval with the underlying *Anabarites trisulcatus* Assemblage Zone of the Siberian Platform. Therefore, at least in the late Proterozoic, the Fore-Yenisei sedimentary basin was part of a larger pericratonic depositional system on the western margin of the Siberian Platform.

Vendian, Fore-Yenisei sedimentary basin, Cloudina, West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Геологические исследования последних десятилетий на юго-востоке Западно-Сибирской плиты показали, что к западу от р. Енисей под мощной (1–3 км) толщей мезозойских и кайнозойских отложений распространен не менее мощный комплекс слабодислоцированных верхнепротерозойско-нижнепалеозойских отложений, образующих Предъенисейский осадочный бассейн. Основание комплекса залегает на глубинах 6–12 км и скважинами не вскрыто, однако установлено, что под нижним кембрием залегает палеонтологически охарактеризованный верхний венд [Конторович и др., 2008, 2009] (рис. 1).

© Д.В. Гражданкин, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, С.В. Сараев, Ю.Ф. Филиппов, А.С. Ефимов, Г.А. Карлова, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицин, А.А. Терлеев, Г.О. Федянин, 2015

DOI: 10.15372/GiG20150407

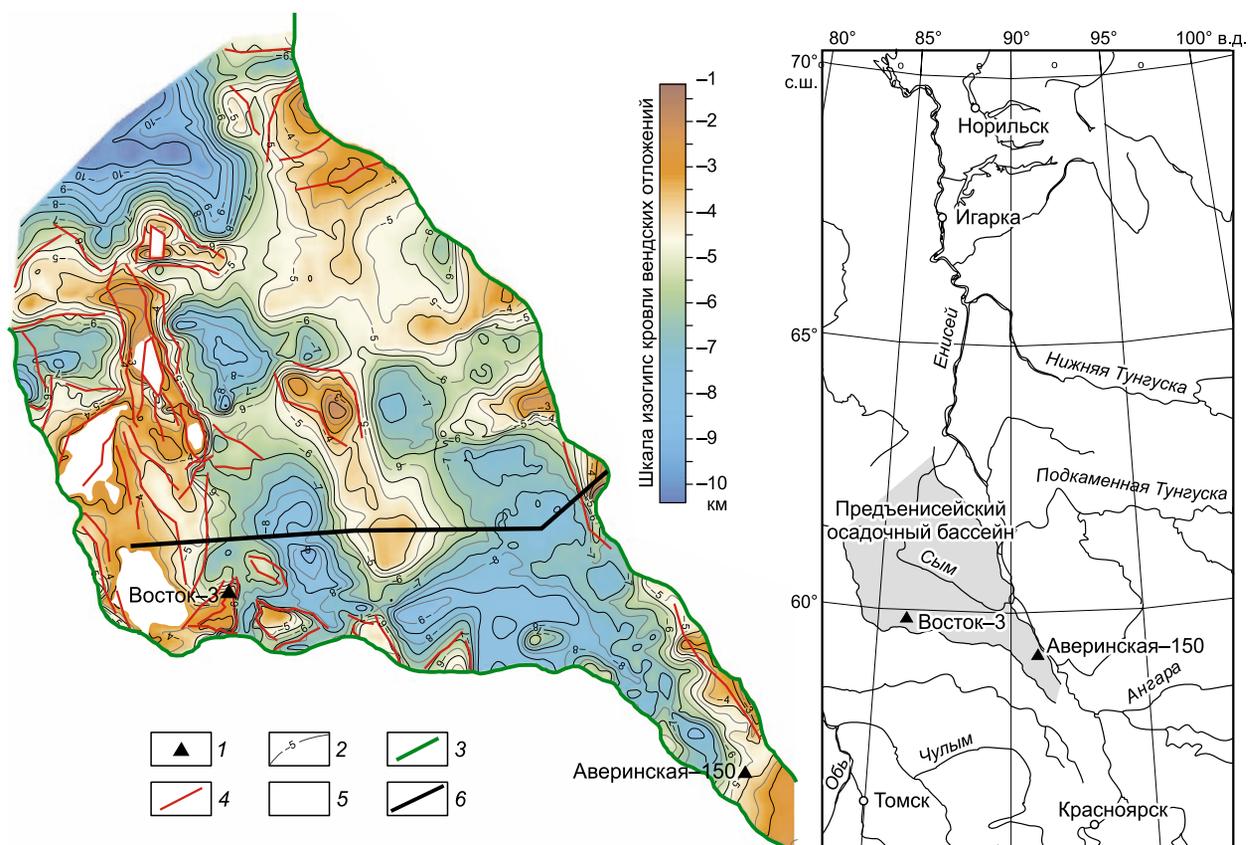


Рис. 1. Географическое положение Предъенисейского осадочного бассейна и структурная карта кровли венда.

1 — скважины, вскрывшие вендский комплекс; 2 — изогипсы кровли вендских отложений (км); 3 — границы Предъенисейского бассейна; 4 — разломы; 5 — область размыва кровли венда и выхода на предъюрскую поверхность более древних отложений; 6 — линия регионального сейсмического профиля Восток-10.

Анализ полученных результатов позволяет вернуться к дискуссии о тектонической природе домезозойских комплексов на этой территории и местоположении западной границы Сибирской платформы. Многие исследователи предполагали, что древние платформенные структуры продолжаютсЯ под чехлом Западно-Сибирской плиты [Шацкий, 1932; Наливкин, 1933; Фомичев, 1948; Ростовцев, 1956, 1958; Загороднов, Залипухин, 1960; Мирошников, 1961; Накаряков, 1961; Боголепов, Шевцов, 1962; Боголепов, 1963; Яншин, 1964; Тектоника ..., 1966].

Открытие карбонатных отложений венда к западу от Енисейского кряжа подтверждает тезис о том, что в неопротерозое (наличие отложений позднего венда доказано однозначно), эта территория была составной частью осадочного чехла Сибирской платформы [Беляев, Башарин, 2001; Конторович и др., 2003]. Остается открытым вопрос, развит ли на этой территории терригенный комплекс венда, повсеместно распространенный на юге Сибирской платформы и к востоку от Енисейского кряжа. Сейсмические данные показывают, что венд протягивается полосой шириной 200—300 км к западу от р. Енисей и Енисейского кряжа [Конторович и др., 2006]. Они же показывают, что большая по мощности часть докембрийского комплекса в этой зоне скважинами не вскрыта. Время начала формирования осадочного чехла достоверно не установлено. Нельзя исключать наличие в комплексе и осадочных образований мезопротерозоя.

Борис Сергеевич Соколов проявил большой интерес к открытию венда на юго-востоке Западной Сибири, активно обсуждал эти новые геологические материалы и принял участие в первых публикациях на эту тему [Конторович и др., 2009]. Мы посвящаем эту статью 100-летию со дня рождения великого ученого.

СТРАТИГРАФИЯ

После открытия кембрия под мезозойским осадочным чехлом на востоке Западной Сибири в разрезе скв. Елогуйская [Драгунов и др., 1967] стало очевидно, что фундамент Западно-Сибирской геоси-

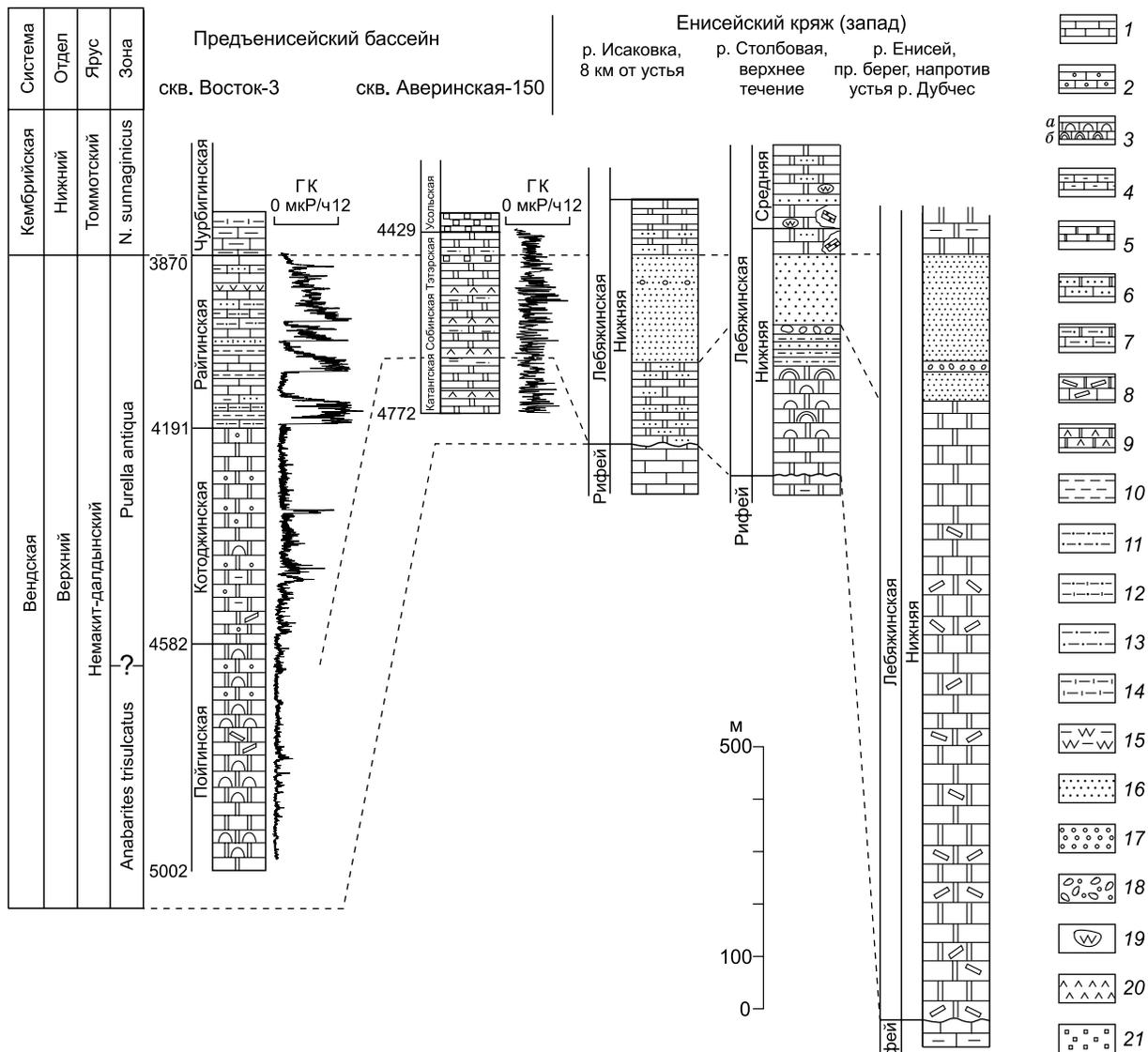


Рис. 2. Схема корреляции разрезов вендских отложений Предъенисейского осадочного бассейна и западной части Енисейского края.

1 — известняки, 2 — комковатые известняки, 3 — строматолитовые известняки (а — пластовые строматолиты, б — столбчатые строматолиты), 4 — глинистые известняки; 5 — доломитолиты; 6 — песчанистые доломитолиты и известняки; 7 — алевритистые доломитолиты и известняки; 8 — интракластовые доломитолиты и известняки; 9 — ангидритистые доломитолиты; 10 — аргиллиты; 11 — алевролиты; 12 — известковистые алевролиты; 13 — углеродсодержащие алевритоглинистые породы; 14 — углеродсодержащие карбонатно-глинистые породы; 15 — углеродсодержащие глинисто-кремнистые породы; 16 — песчаники; 17 — гравелиты; 18 — конгломераты; 19 — кремневые конкреции; 20 — ангидрит; 21 — галит.

неклизы, по крайней мере в восточной ее части, может включать в себя и более древние отложения. Первые предположения о существовании на юго-востоке Западной Сибири пород вендского возраста были сделаны в 1970-е годы по результатам изучения микробиалитов в разрезе скв. Вездеходная-3 [Биджаков и др., 1977; Сурков, Жеро, 1981]. Последовавшая сейсморазведка МОГТ, выполненная томскими и красноярскими геофизическими организациями (А.С. Ефимов, В.А. Кондрашов, В.Г. Сибгатуллин, А.С. Шатова и др.), показала наличие здесь мощной толщи субплатформенных отложений предположительно позднепротерозойского и раннепалеозойского возраста, залегающей под мезозойским осадочным чехлом [Бененсон и др., 1987; Дашкевич, Каштанов, 1990; и др.]. Для изучения геологического строения и оценки перспектив нефтегазоносности этой толщи (по рекомендации Н.А. Дашкевича, А.С. Ефимова, В.А. Каштанова, А.Э. Конторовича, В.А. Конторовича, В.А. Кринуна, В.П. Мангазеева, Л.В. Смирнова, В.С. Суркова, В.М. Тищенко, Ю.Ф. Филиппова и др.) был пробурен ряд глубоких параметрических скважин (Тыйская-1, Вездеходная-4, Лемок-1, Аверинская-150, Восток-1, Восток-3, Восток-4), вскрывших палеонтологически охарактеризованные карбонатные и эвапоритовые отложения кембрия и венда.

Впервые нижний кембрий (ботомский ярус) на палеонтологическом материале (трилобиты, акри-тархи) был установлен в скв. Тыйская-1 [Каштанов и др., 1995], затем мелкие скелетные остатки томмотского возраста были обнаружены в скв. Аверинская-150 [Сараев и др., 2004]. Все это дало основание более уверенно предполагать вендский возраст для подстилающих отложений. Присутствие венда в Предьенисейском бассейне было окончательно доказано результатами изучения параметрической скважины Восток-3, пробуренной в 2006 г. в западной его части, в непосредственной близости от скв. Вездеходная-4 на глубину 5002 м с детальным отбором керна [Конторович и др., 2008, 2009] (рис. 2).

На западе Предьенисейского бассейна в основании вскрытого разреза венда (инт. 5002—4582 м скв. Восток-3) залегают серые неравномерно перекристаллизованные доломитолиты пойгинской свиты с пластово-строматолитовой, доларенитовой, долосилитовой и пелитоморфной структурой (см. рис. 2). Местами встречена микробиялитовая структура *Korilophyton* (инт. 4944—4930 м и 4756—4753 м). Вверх по разрезу (инт. 4582—4191 м) доломитолиты пойгинской свиты постепенно переходят в темно-серые, серые и светло-серые доломитолиты котоджинской свиты, среди которых преобладают в разной степени перекристаллизованные доларениты, переслаивающиеся со слабо перекристаллизованными пелитоморфными доломитолитами. В интервалах 4550.3—4545.3, 4538.3—4535.3, 4471.5—4469.0 м встречены пластовые строматолиты, в инт. 4443.9—4404.8 м отмечаются микрофитолиты *Vesicularites* и *Volvatella*, а в инт. 4411.8—4404.8 м присутствует микробиялитовая структура *Renalcis*. По сравнению с подстилающей пойгинской свитой в доломитолитах появляется незначительная примесь алюмосиликокластики пелитовой и алевропесчаной размерности (кварц, мусковит), редкие тонкие прослои кремней и в целом увеличивается содержание углеродистого вещества. На доломитолитах котоджинской свиты с резким контактом залегают осадочная последовательность райгинской свиты (инт. 4191—3870 м), состоящая из трех крупных циклитов мощностью от 95 до 130 м. Каждый циклит в нижней части сложен кальксилититами и мелкозернистыми калькаренитами с прослоями полевошпатово-сланцево-кварцевых песчаников и алевролитов и гидрослюдистых аргиллитов с высоким содержанием (до 50 %) обломочного мусковита, а в верхней части — темно-серыми и коричнево-серыми с запахом сероводорода, неравномерно перекристаллизованными пелитоморфными известняками. Породы характеризуются неясной параллельной, косой или редко градационной слоистостью, местами с маломощными прослоями известковистых алевролитов, черных пиритосных аргиллитов и слабоизвестковистых аргиллитов. Выше по разрезу залегают тонко переслаивающиеся пелитоморфные известняки, тонкозернистые калькарениты, кальксилититы и карбонатно-глинистые породы чурбигинской свиты, содержащие фрагменты скелетных остатков кембрийского возраста. Общая вскрытая мощность венда составляет 1132 м.

На востоке Предьенисейского бассейна венд, возможно, вскрыт скв. Аверинская-150. На основании литологического сходства с разрезами Нижнего Приангарья (юго-запад Сибирской платформы), разрез венда скв. Аверинская-150 расчленяется на катангскую и собинскую свиты [Сараев и др., 2004]. Интервал 4772—4717 м, сложенный массивными и неяснослоистыми коричнево-серыми доломитолитами, переслаивающимися с интервалами тонко чередующихся глинистых и алевролитовых доломит-ангидритовых пород, сопоставляется с катангской свитой. Интервал 4717—4429 м общей мощностью 288 м, сложенный преимущественно массивными, слабоглинистыми буровато-серыми, местами окремненными доломитолитами с примесью и прослоями ангидрита, отвечает объему собинской и тэтэрской свит. В верхней части этого интервала встречены прослои, обогащенные глинистым и алевролитовым материалом. Слоистость в доломитолитах тонкая, реже пологая косая, линзовидная, бугорчатая; отмечаются текстуры взмучивания и обезвоживания. Породы часто подвергнуты вторичной галитизации. Рассмотренная осадочная последовательность перекрывается толщей с мощными пластами каменной соли, относимой к аналогам усольской свиты. В верхней части интервала, которая условно сопоставляется с тэтэрской свитой, в 7 м ниже предполагаемой кровли (гл. 4436 м) обнаружены мелкие скелетные остатки хиолитов *Exilitheca* sp., указывающие на принадлежность вмещающих пород к комплексу зоны *Nochoroicyathus sunnaginicus* томмотского яруса нижнего кембрия. В нижней части вскрытого разреза (инт. 4738—4724 м) найдены мелкие скелетные остатки *Chancelloria* sp. Наиболее древние достоверные остатки ханцеллорид (сочлененные склериты) встречены совместно с мелкими скелетными остатками, характеризующими комплексную зону *Purella antiqua* немакит-далдынского региояруса верхнего венда [Хоментовский и др., 1990]. Ископаемые остатки, напоминающие отдельные лучи склеритов *Chancelloria* sp., известны и из более древних отложений [Хоментовский, Карлова, 2005], поэтому нижняя часть разреза скв. Аверинская-150 может включать пограничные отложения зон *Anabarites trisulcatus* и *Purella antiqua*. Следует отметить, что в нижней части этого разреза не обнаружены палеонтологические остатки, которые бы однозначно указывали на вендский возраст.

КОМПЛЕКС ИСКОПАЕМЫХ ОСТАТКОВ

Палеонтологическое обоснование вендского возраста. В скв. Восток-3 в инт. 4203.5—4200.0 м (верхняя часть котоджинской свиты) и в инт. 4061.0—4054.0 м (средняя часть райгинской свиты) в шли-

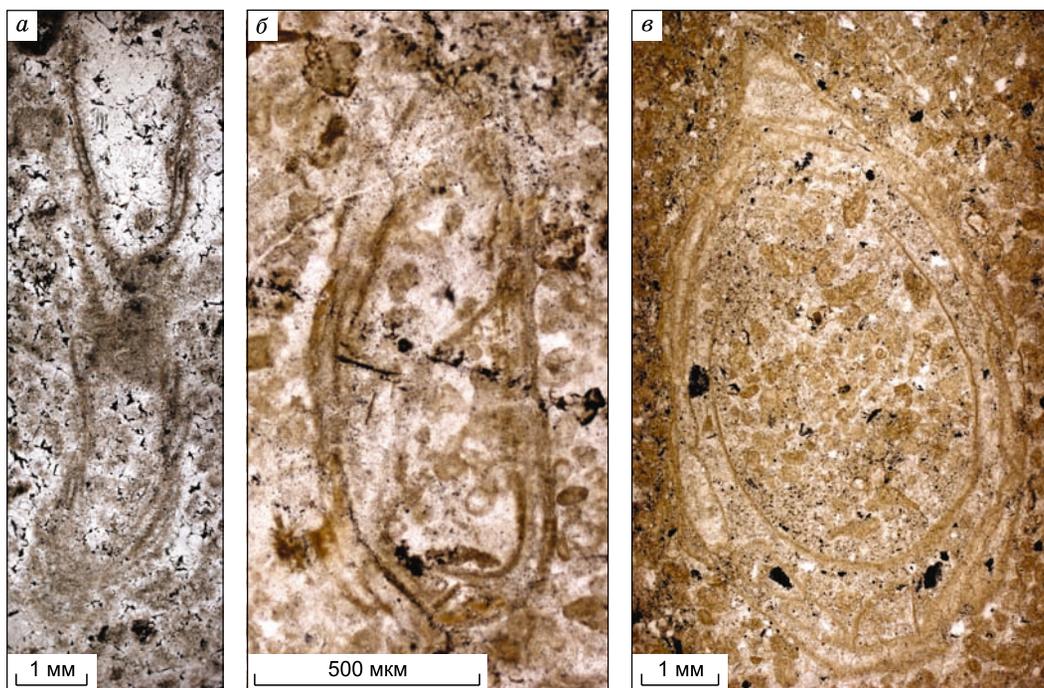


Рис. 3. Ископаемые остатки трубчатых известковых скелетов животных-рифостроителей в шлифах из райгинской свиты Предъенисейского осадочного бассейна.

a — *Cloudina hartmannae*, скв. Восток-3, инт. 4161.0—4149.0 м; *б* — *Cloudina riemkeae*, скв. Восток-3, инт. 4061.0—4054.0 м; *в* — *Cloudina carinata*, скв. Восток-3, инт. 4161.0—4149.0 м.

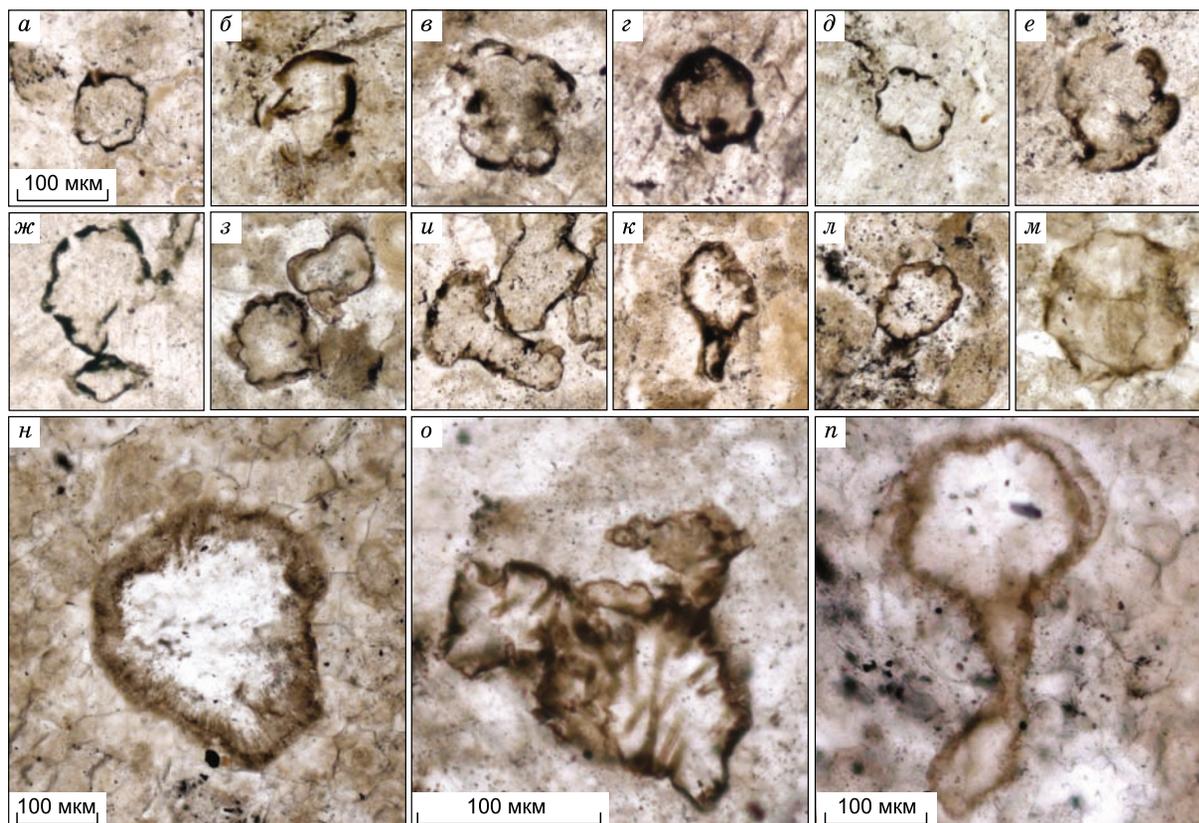


Рис. 4. Предполагаемые ископаемые остатки представителей рода *Namacalathus* в шлифах из райгинской свиты Предъенисейского осадочного бассейна.

a—л, о — скв. Восток-3, инт. 4061.0—4054.0 м; *м, н, п* — скв. Восток-3, инт. 4161.0—4149.0 м (экземпляры *a—м* приведены к единому масштабу).

фах обнаружены сечения трубчатых кальцитовых скелетных остатков представителей рода *Cloudina*. Мелкие экземпляры диаметром 0.5 мм напоминают представителей вида *Cloudina riemkeae*, тогда как более крупные экземпляры диаметром 1.5—4.5 мм могут быть отнесены к виду *Cloudina hartmannae* [Germis, 1972] (рис. 3). Следует отметить, что на сечении одного из экземпляров (см. рис. 3, в) на поверхности стенок присутствуют обращенные наружу продольные гребневидные складки, напоминающие морфологию представителей вида *Cloudina carinata* [Cortijo et al., 2010]. Структура стенки сохранилась плохо, однако в ряде случаев можно наблюдать характерное для *Cloudina* ламеллярное строение [Grant, 1990], обусловленное чередованием темных (скорее всего, более тонко кристаллических) и светлых слоев. К сожалению, немногочисленность ископаемого материала и его плохая сохранность не позволяют более уверенно определять таксономическую принадлежность экземпляров.

Трубчатые кальцитовые скелетные остатки представителей рода *Cloudina* имеют широкое распространение в отложениях верхнего эдиакария. Кроме усть-юдомской свиты Учуро-Майского региона Сибирской платформы [Zhuravlev et al., 2012], достоверные ископаемые остатки *Cloudina* также встречаются в Намибии, Бразилии, Мексике, на юго-западе США, в Канаде, Китае, Испании и Омане [Grant, 1990; Conway Morris et al., 1990; Hofmann, Mountjoy, 2001; Amthor et al., 2003; Hua et al., 2005; Sour-Tovar et al., 2007; Cortijo et al., 2010; Warren et al., 2014]. U-Pb возраст по цирконам из вулканических туфов в Намибии и Омане определяют временной диапазон распределения остатков *Cloudina* в интервале от 547.32 ± 0.31 до 542.37 ± 0.28 млн лет [Grotzinger et al., 1995; Amthor et al., 2003; Schmitz, 2012]. На Сибирской платформе для нижней части усть-юдомской свиты (по данным некоторых исследователей — для подстилающей аимской свиты) получен Pb-Pb-изохронный возраст 553 ± 23 (2σ) млн лет [Семихатов и др., 2003]. На Южно-Китайской платформе возраст ископаемых остатков *Cloudina* моложе U-Pb возраста 551.09 ± 0.84 млн лет цирконов из вулканических туфов [Condon et al., 2005]. На настоящее время неизвестно случаев совместного нахождения *Cloudina* с остатками организмов кембрийского возраста. В усть-юдомской свите совместно с *Cloudina* встречаются мелкие скелетные остатки комплексной зоны *Anabarites trisulcatus* верхнего венда [Хоментовский, 2008; Zhuravlev et al., 2012]. Верхняя граница зоны *Anabarites trisulcatus* имеет возраст ~544 млн лет [Рогов и др., 2015]. Следовательно, обнаруженные в скв. Восток-3 ископаемые скелетные остатки представителей рода *Cloudina* указывают на поздневендский возраст вмещающих котоджинской и райгинской свит.

В разрезе скв. Восток-3 совместно с *Cloudina* в шлифах встречаются ископаемые остатки, сечения которых в большинстве своем имеют округлую форму диаметром 80—140 мкм, но в ряде случаев наблюдаются также булавовидные очертания длиной 150—360 мкм (рис. 4). На ископаемых остатках сохранилась стенка толщиной от нескольких до 20 мкм, причем на стенке могут быть различные утолщения, выпячивания и поры. В результате изучения под сканирующим электронным микроскопом установлен фосфатный состав стенки (рис. 5). Экземпляры из разреза скв. Восток-3 напоминают строение представителей вида *Namacalathus hermanastes* из серии Нама эдиакария Намибии [Grotzinger et al., 2000], однако существенно (на порядок) более мелкие размеры особей и фосфатный состав заставляют осторожно подходить к определению таксономической принадлежности этих остатков. Впрочем, состав стенки у намибийских экземпляров неизвестен по причине того, что сама стенка не сохранилась; в очень редких случаях вместо стенки наблюдается темный, предположительно органический мате-

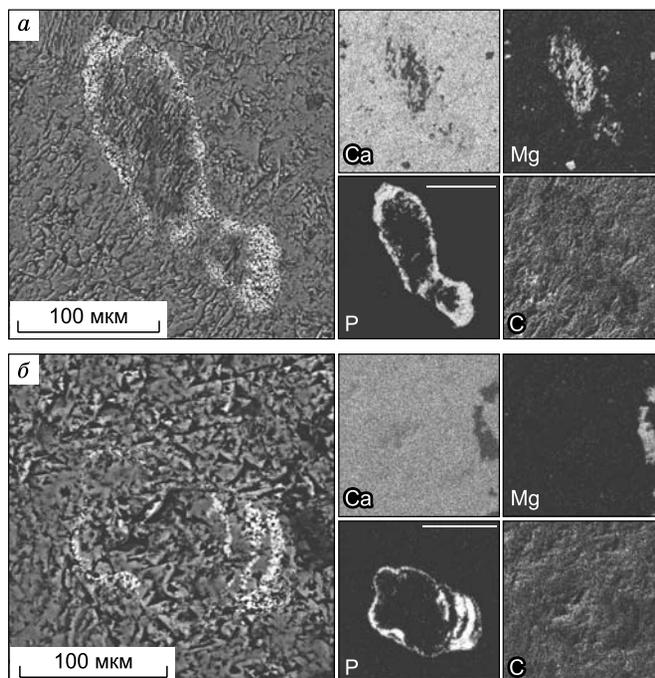


Рис. 5. Элементные карты двух экземпляров (а и б) предполагаемых ископаемых остатков представителей рода *Namacalathus* из райгинской свиты Предъенисейского осадочного бассейна.

Элементные карты получены при помощи энергодисперсионного микроанализатора OXFORD INCA Energy под сканирующим электронным микроскопом. Каждая карта отражает качественное содержание элемента (Ca, Mg, P, C), выраженное оттенком тона: чем ярче тон, тем более высокое содержание элемента.

риал с вкраплениями кальцита. Вместе с тем наблюдаемое на многих намибийских экземплярах обрастание наружной поверхности ископаемых остатков правильными кристаллами кальцита позволило высказать предположение о первичном кальцитовом составе стенки *Namacalathus hermanastes* [Grotzinger et al., 2000]. Не исключена вероятность, что ископаемые остатки из скв. Восток-3 были фосфатизированы в процессе фоссилизации. В пользу такого предположения свидетельствуют другие остатки фосфатного состава, встреченные в шлифах и в результате растворения карбонатных пород в уксусной кислоте (см. ниже). Особого внимания заслуживают экземпляры, срезы которых также напоминают представителей рода *Namacalathus*, а от стенки внутрь отходят фосфатизированные филаментоподобные структуры толщиной 6 мкм (см. рис. 4, н, о). Если в разрезе скв. Восток-3 действительно обнаружены представители рода *Namacalathus*, эти ископаемые остатки вносят существенную новизну не только в диагноз таксона, но и в палеобиологическую интерпретацию.

К настоящему моменту известны три местонахождения ископаемых представителей рода *Namacalathus* (в Намибии, Канаде и Омане), причем везде они встречены совместно с остатками *Cloudina* [Grotzinger et al., 2000; Hofmann, Mountjoy, 2001; Amthor et al., 2003]. Палеонтологическая ассоциация *Cloudina*—*Namacalathus*, по мнению различных исследователей, имеет высокое корреляционное значение. Если дальнейшими исследованиями подтвердится принадлежность ископаемых остатков из разреза скв. Восток-3 к роду *Namacalathus*, это послужит дополнительной аргументацией в пользу поздневендского возраста котоджинской и райгинской свит.

Трубчатые ископаемые остатки. В верхней части котоджинской свиты (инт. 4411.8—4404.8 м) и в райгинской свите (инт. 4161.0—4149.0 м и 4061.0—4054.0 м) при растворении в буферном растворе 3%-й уксусной кислоты установлен комплекс ископаемых скелетных остатков, представленный фрагментами слегка конических и цилиндрических прямых и изогнутых трубок. Максимальное количественное и морфологическое разнообразие трубок приурочено к средней части райгинской свиты. Эти остатки в предва-

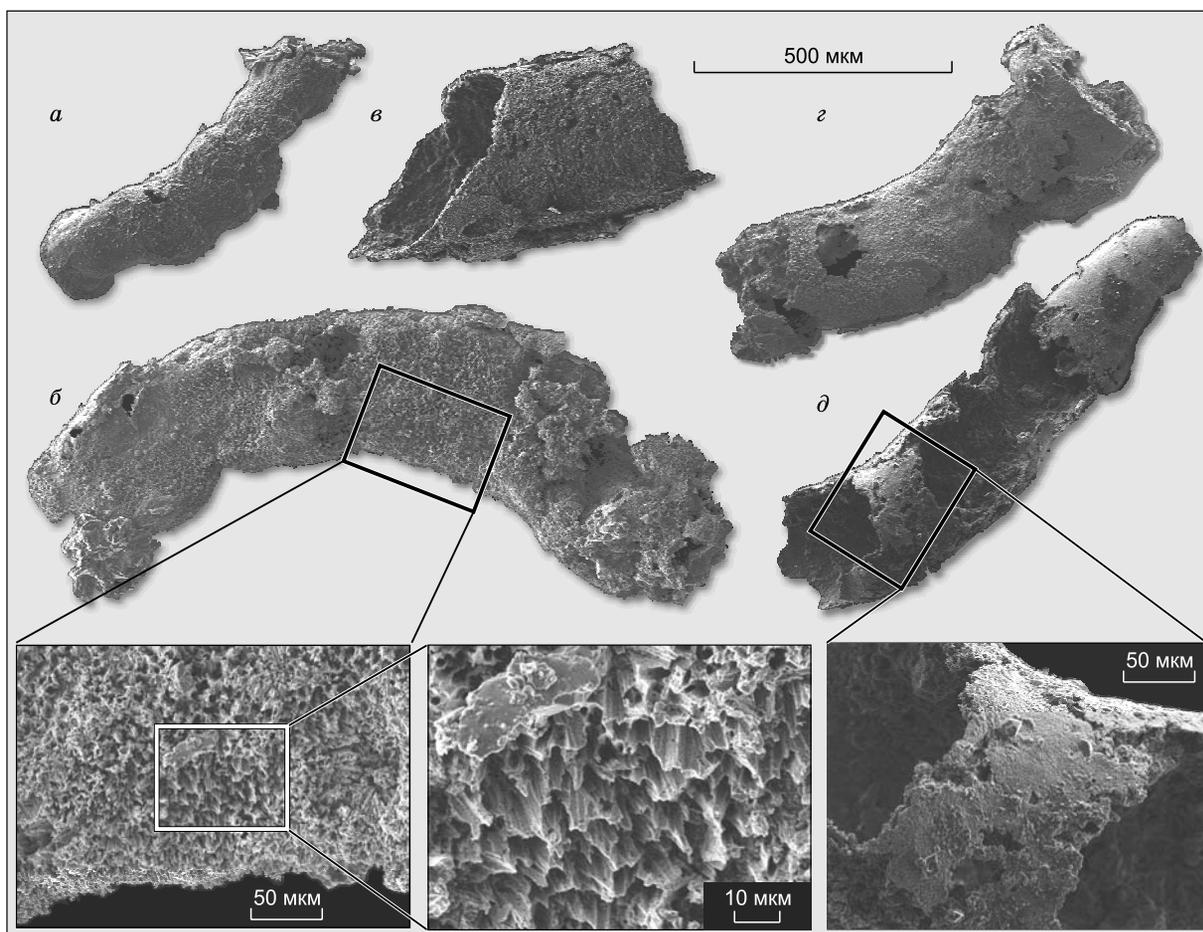


Рис. 6. Фосфатизированные трубчатые остатки из райгинской свиты Предъенисейского осадочного бассейна.

а—д — скв. Восток-3, инт. 4054.0—4050.0 м (з, д — фосфатный состав предполагается на основании внешнего сходства с другими экземплярами).

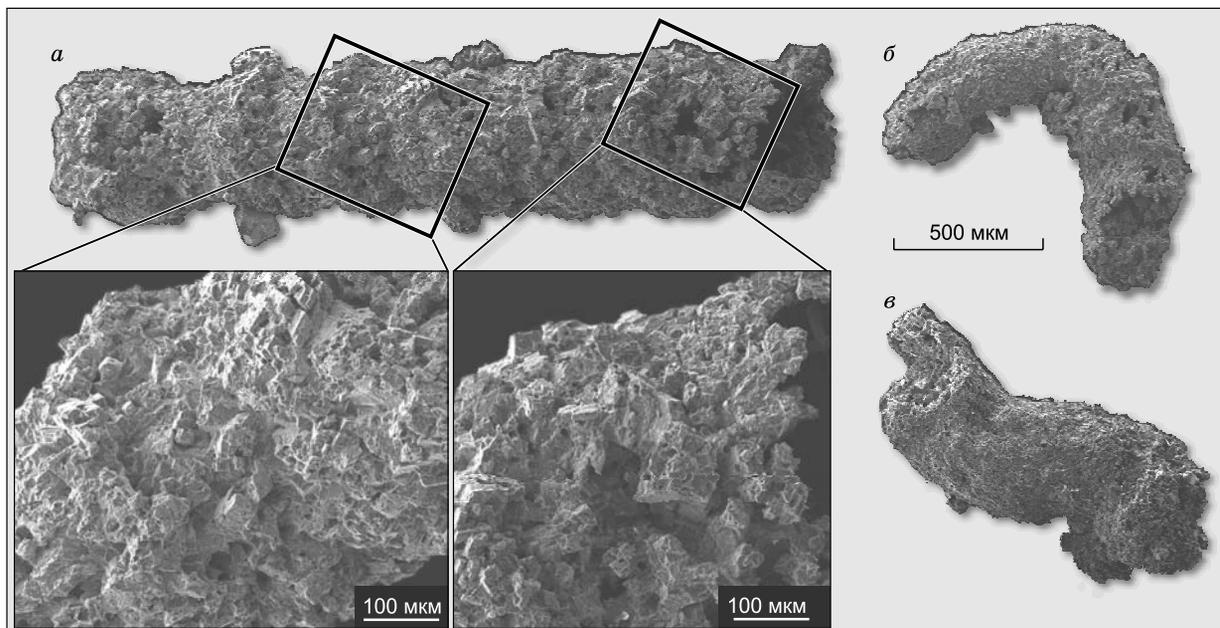


Рис. 7. Агглютированные трубчатые остатки из Предьенисейского осадочного бассейна.

а — скв. Восток-3, инт. 4161—4149 м, райгинская свита; *б* — скв. Восток-3, инт. 4054.0—4050.0 м, райгинская свита; *в* — скв. Восток-3, инт. 4411.8—4404.8 м, котоджинская свита.

рительном порядке были определены как ископаемые представители родов *Platysolenites* и *Spirosolenites* [Конторович и др., 2008, 2009], однако последовавшее изучение под сканирующим электронным микроскопом позволило пересмотреть и дополнить морфологическую характеристику комплекса.

В первую очередь интерес представляют фрагменты С-образно изогнутых трубок фосфатного состава (рис. 6). Трубки слабоконические; в изученной коллекции представлено два экземпляра, ширина одного из которых (при длине фрагмента 1.5 мм) сужается от 0.3 до 0.25 мм, а второго (длина фрагмента 0.75 мм) — от 0.18 до 0.12 мм. Стенка трубок гладкая, однако в ряде случаев может быть корродирована процессами перекристаллизации. На поверхности трубок наблюдаются пережимы, разделяющие трубки на полусферические камеры. Длина камер различная, от 0.08 до 0.2 мм. Толщина стенки 3—4 мкм. В результате растворения также были получены фрагменты (длиной 0.75—0.85 мм) более широких (0.35 мм) прямых или С-образно изогнутых цилиндрических трубок фосфатного состава, не разделенных на камеры; однако нет полной уверенности в том, что все фосфатные трубки принадлежат к близкородственным организмам. Палеобиологическая интерпретация этих ископаемых остатков также может быть различной.

В процессе растворения также получены фрагменты прямых цилиндрических и конических агглютированных трубок, стенка которых сложена зернами доломита (рис. 7). Длина фрагментов достигает 2.5 мм, диаметр трубок 0.3—0.5 мм, толщина стенки 30—75 мкм. Наружная поверхность трубок поперечно-ребристая, ребристость регулярная, расстояние между ребрами 0.12—0.40 мм, высота ребер 45—60 мкм. Кроме прямых цилиндрических трубок, в изученной коллекции установлены фрагменты слегка конических U- и S-образно изогнутых агглютированных трубок диаметром 0.33—0.38 мм, у которых также наблюдается слабовыраженная ребристость. Агглютированные трубки из разреза скв. Восток-3 дополняют протерозойскую летопись этой группы ископаемых остатков, которая берет свое начало в межгляциальных отложениях криогения [Bosak et al., 2011, 2012].

КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ

Разрезы венда, вскрытые скважинами Восток-3 и Аверинская-150, характеризуют разные литофациальные зоны Предьенисейского осадочного бассейна. Корреляция этих разрезов проведена на основе имеющихся сведений о времени существования рода *Cloudina* и возрасте границ комплексных биостратиграфических зон, установленных по мелким скелетным остаткам. Ископаемые остатки *Cloudina* в разрезе скв. Восток-3 появляются в верхней части котоджинской свиты (инт. 4203.5—4200.0 м) и про-

падают в средней части райгинской свиты (инт. 4061.0—4054.0 м) [Конторович и др., 2008]. Во временной диапозон распространения ископаемых остатков *Cloudina* (547—542 млн лет) попадает возраст нижней границы зоны *Purella antiqua* (~544 млн лет) [Рогов и др., 2015; Гражданкин, Маслов, 2015]. Следовательно, по крайней мере верхняя часть котоджинской свиты и нижняя половина райгинской свиты Предъенисейского осадочного бассейна могут быть отнесены к пограничным отложениям зон *Anabarites trisulcatus* и *Purella antiqua*. Что касается пойгинской свиты, залегающей в основании разреза скв. Восток-3, то эта толща вместе с котоджинской свитой образует единую трансгрессивно построенную осадочную систему, поэтому мы не исключаем поздневендский (немакит-далдынский) возраст всей докембрийской части разреза. Более точно установить возраст пойгинской свиты не представляется возможным. Верхняя половина райгинской свиты не содержит ископаемых остатков, а в вышележащей чурбигинской свите, начиная с основания разреза, установлены спикулы губок и фрагменты скелетных остатков плохой сохранности кембрийского возраста [Конторович и др., 2008; Филиппов и др., 2014]. Положение границы комплексных зон *Purella antiqua* и *Nochorocyathus sunnaginicus* в разрезе скв. Восток-3 на палеонтологическом материале установить не удалось.

Вскрытый разрез протерозоя скв. Аверинская-150 расположен вблизи западной окраины Енисейского кряжа и отличается от разреза скв. Восток-3 широким развитием эвапоритовых отложений (галит, ангидрит), которые характерны для верхов венда и нижнего кембрия юго-западной части внутренних районов Сибирской платформы. В связи с этим, для расчленения разреза скв. Аверинская-150 использована схема внутренних районов, где граница между вендом и кембрием проходит в средней части тэтэрской свиты [Хоментовский и др., 1998; Федоров, 2005]. Подстилающие отложения в разрезе скв. Аверинская-150 представлены сильно ангидритистыми, тонкообломочными, реже строматолитовыми доломитами, формировавшимися в мелководном бассейне с повышенной соленостью, и весьма условно сопоставляются с катангской и собинской свитами даниловского горизонта внутренних районов Сибирской платформы [Сараев и др., 2004]. Палеонтологическая характеристика позволяет выделять здесь зону *Purella antiqua* и не исключает корреляции катангской свиты с пограничными отложениями зон *Anabarites trisulcatus* и *Purella antiqua* верхнего венда.

Вдоль западного склона Енисейского кряжа к венду относится нижняя часть лебяжинской свиты, сложенная доломитами, часто биоламинитовыми и слабоглинистыми. Выходы лебяжинской свиты прослеживаются в ряде отдельных тектонических блоков от устья р. Вороговка на севере до устья р. Большой Пит на юге. В этих разрезах лебяжинские доломиты часто залегают практически горизонтально и с угловым несогласием на разновозрастных подстилающих толщах. Относительно полные разрезы лебяжинской свиты, в частности, обнажаются в нижнем течении рек Кия и Вятка. Здесь доломиты лебяжинской свиты, как и на Вороговке, практически без базальной терригенной пачки залегают на раннепротерозойских гнейсах немтихинской толщи и перекрываются красноцветными конгломератами и песчаниками эвенкийской свиты среднего—верхнего кембрия. Точную мощность лебяжинской свиты в разрезах по рекам Вятка и Кия в связи с пологим залеганием слоев установить сложно, но она, согласно нашим наблюдениям, не превышает первых сотен метров. Возможно, верхние слои лебяжинской свиты здесь уничтожены предэвенкийским размывом, поскольку на севере Енисейского кряжа ее мощность превышает 1000 м [Бутаков и др., 1975]. В основании лебяжинской свиты в разрезах по р. Вороговка на северо-западе Енисейского кряжа обнаружены мелкие скелетные остатки, характерные для комплексной зоны *Purella antiqua* немакит-далдынского региояруса верхнего венда [Кочнев, Карлова, 2010; Хоментовский, 2014]. Кроме того, мелкие скелетные остатки *Cambrotubulus* sp. установлены Г.А. Карловой в нижней части лебяжинской свиты в разрезе по р. Кия. Нижняя часть лебяжинской свиты может быть одного возраста с собинской свитой разреза скв. Аверинская-150. Трассирование этого интервала в разрезе скв. Восток-3 не может быть выполнено на имеющемся материале, однако пачки песчаников в составе нижней подсвиты лебяжинской свиты могут быть условно сопоставлены с райгинской свитой (см. рис. 2). В верхней части средней подсвиты встречены ископаемые остатки трилобитов, что позволяет сопоставлять большую часть лебяжинской свиты с нижним кембрием.

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Западная часть Предъенисейского осадочного бассейна. Преобладание строматолитовых доломитов, подчиненная роль доларенитов (с редкими тонкими прослоями крупнообломочных интракластитов), долосилтитов и пелитоморфных доломитов, а также полное отсутствие алюмосиликостерригенного материала, в том числе глинистого, позволяют предполагать, что осадконакопление пойгинской свиты в разрезе скв. Восток-3 происходило в обстановках биогермных построек в пределах стабильного шельфа, полностью изолированного от потоков терригенного вещества. Плохая сортировка доларенитов и преобладание среди них разностей с базальным микритовым цементом свидетельству-

ют о слабой гидродинамической активности. Вышележащая котоджинская свита, по-видимому, полностью лишена микробиалитов. Здесь преобладают мелко- и среднезернистые средне- и плохо сортированные доларениты с микритовым базальным цементом, но также присутствуют пелитоморфные доломитолиты. Судя по всему, обстановки осадконакопления котоджинской свиты располагались в пределах передового склона биогермных построек, в том числе и самых нижних его частей. Чередование доларенитов и пелитоморфных доломитолитов в разрезе котоджинской свиты указывает на периодические трансгрессии и регрессии осадочной системы. Одна из таких регрессий привела к накоплению мощной (около 220 м) толщи преимущественно доларенитов в верхней части свиты. В отличие от пойгинской свиты, в котоджинской свите встречены редкие прослойки сильноглинистых доломитолитов, приуроченные к интервалам развития пелитоморфных доломитолитов, а также незначительная примесь алюмосиликокластики, представленная кварцем и мусковитом. Редкие тонкие прослойки кремнистого материала среди пелитоморфных доломитолитов в нижней части свиты также указывают на открытый характер обстановок осадконакопления. По сравнению с подстилающей свитой в доломитолитах в целом увеличилось содержание углеродистого вещества. Райгинская свита, по данным ГИС, характеризуется сложным циклическим строением. Его расшифровка сильно затрудняется перекристаллизацией карбонатных пород в связи с внедрением силла доларитов, однако закономерное чередование литотипов в разрезе райгинской свиты позволяет реконструировать обстановки осадконакопления как зону волнения и течения и выделять на мелководье несколько зон, периодическая миграция которых обусловила циклический характер осадконакопления.

Восточная часть Предъенисейского осадочного бассейна. Доломитолиты с биоламинитовой слоистостью в нижней части разреза скв. Аверинская-150 позволяют предполагать крайне мелководные (приливно-отливные) обстановки осадконакопления. Структурные и текстурные характеристики отложений выше по разрезу указывают на волновой и штормовой характер седиментации. Вследствие незначительной глубины заливообразного эвапоритового бассейна и широко проявленных процессов штормовой седиментации хомогенные сульфатные и карбонатные илы постоянно испытывали взмучивание и переотложение. Особенности распределения выделенных литотипов по разрезу свидетельствуют о постепенном углублении этой части бассейна.

Обломочные доломитолиты (доларениты) с примесью алюмосиликокластического материала, полевошпат-кварцевые песчаники и строматолитовые доломитолиты нижней подсвиты лебяжинской свиты в разрезе правобережья Енисея также вносят свой вклад в реконструкцию обстановок осадконакопления восточной части Предъенисейского осадочного бассейна. Терригенный материал, по всей видимости, поступал с островной суши, располагавшейся на месте осевой части Енисейского кряжа. Обломочный карбонатный материал поступал из биогермных построек, окаймлявших западное побережье островов. Судя по тому, что не во всех разрезах венда представлены строматолитовые доломитолиты, между постройками могли существовать проливы. Так, строматолитовые доломитолиты представлены в разрезах по р. Столбовая, в бассейне р. Черная и на правом берегу Енисея напротив устья Дубчеса и отсутствуют в хорошо обнаженном разрезе по р. Исаковка, а также на правом берегу Енисея у устья Верхней Сурнихи. В песчаниках в разрезе у устья Верхней Сурнихи установлены юго-восточные и восточные азимуты наклона косых слоев.

Палеогеография позднего венда. Результаты литолого-фациальных исследований разрезов с привлечением сейсмических и гравиметрических материалов позволяют лишь в самых общих чертах восстановить палеогеографические обстановки осадконакопления вендских отложений для времени *Purella antiqua* (рис. 8, 9). Наиболее определенной из всего ансамбля фаций является рифовый пояс биогермных построек северо-западного простирания шириной около 150 км. В постройке рифов, кроме сообществ микробиалитов, могли принимать участие *Cloudina* [Penny et al., 2014]. На западе и юго-западе рифовый пояс имел крутой склон и граничил с областью развития терригенно-карбонатно-вулканических отложений активной части задугового бассейна [Конторович и др., 1999; Сараев и др., 2004]. На востоке и северо-востоке от рифового пояса сравнительно узкая полоса шлейфов продуктов разрушения рифовой системы сменялась эвапоритовыми отложениями доломит-ангидритового состава, вскрытыми скв. Аверинская-150. Из-за господства штормовой седиментации осадки этого состава сохранились, как правило, в переотложенном состоянии в виде тонкослоистых темпеститов. Палеоостровная система на месте Енисейского кряжа во время *Purella antiqua* позднего венда была значительно большей, чем в кембрии, так как существуют разрезы, где отложения этой зоны венда отсутствуют, а кембрийские толщи с размывом залегают непосредственно на гнейсогранитах протерозоя. В позднем венде островной архипелаг служил активной областью сноса, а вокруг островов формировались толщи прибрежных песчаных отложений с признаками эвапоритизации и строматолитовые приостровные окаймляющие рифы. К востоку от Енисейской гряды палеоостровов начинался Восточно-Сибирский эвапоритовый бассейн, при этом состав его отложений в это время мало чем отличался от карбонатно-

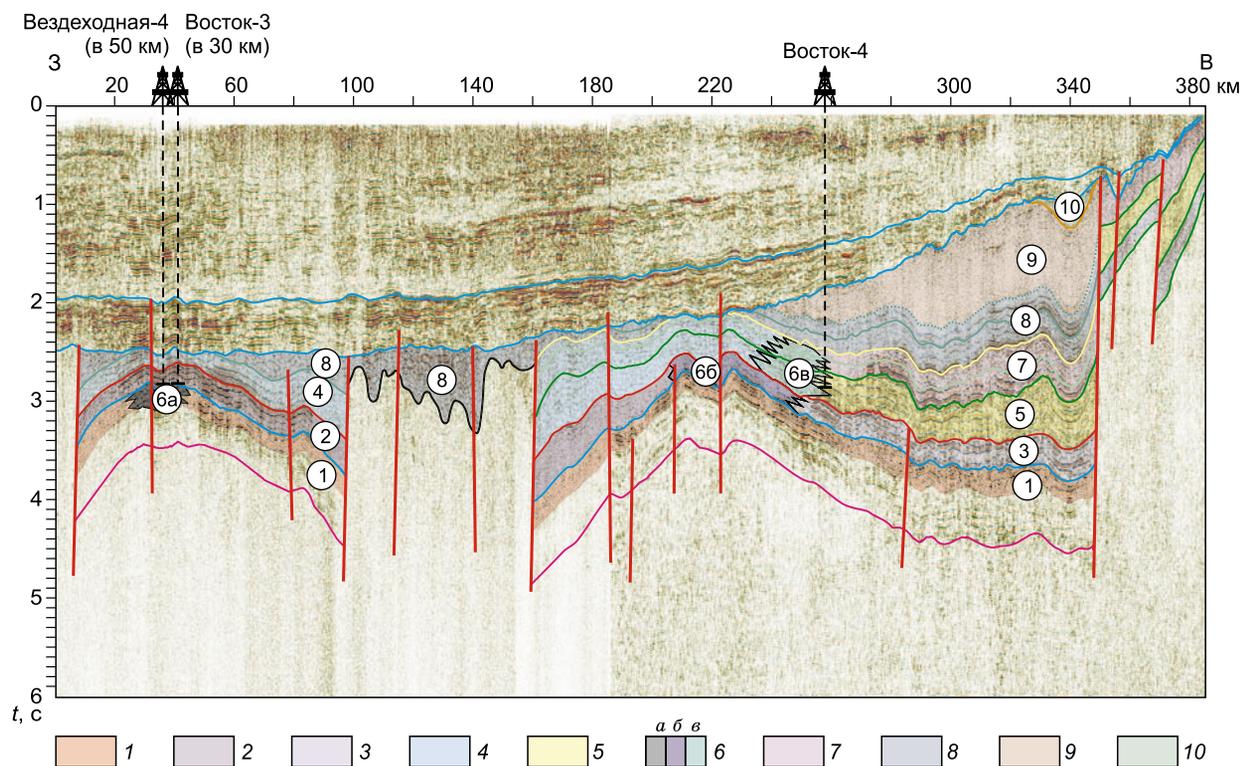


Рис. 8. Комплексы отложений Предъенисейского осадочного бассейна по линии регионального сейсмического профиля Восток-10:

1 — верхневендский доломитовый шлейфовый (пойгинская и котоджинская свиты); 2 — верхневендский терригенно-известняковый шлейфовый (райгинская свита); 3 — верхневендско-нижнекембрийский терригенно-сульфатно-доломитовый эвапоритовый; 4 — нижнекембрийский кремнисто-глинисто-карбонатный углеродсодержащий застойного бассейна (чурбигинская и пайдугинская свиты); 5 — нижнекембрийский сульфатно-карбонатный и сульфатно-карбонатно-соленосный эвапоритовый (усольская свита); 6 — биогермный (а — пойгинская и котоджинская свиты, б — райгинская свита, в — нижний кембрий); 7 — нижнекембрийский сульфатно-карбонатный эвапоритовый и биогермный (тыйская и аверинская свиты); 8 — среднекембрийский доломит-известняковый изолированного шельфа (елогуйская свита и нижняя часть эвенкийской свиты); 9 — верхнекембрийский карбонатно-терригенный красноцветный и пестроцветный изолированного шельфа (пыжинская свита и верхняя часть эвенкийской свиты); 10 — нижнепалеозойский (ордовик—силур?) карбонатный.

сульфатных отложений в восточной части Предъенисейского осадочного бассейна. Лишь только на самом юго-востоке Восточно-Сибирского бассейна в пределах северного борта Присяжно-Енисейской синеклизы (см. рис. 9) присутствуют соленосные отложения с преобладанием галита [Мельников, 2009]. Источники обломочного материала в Предъенисейском бассейне во время *Purella antiqua* позднего венда располагались на востоке, в области палеоостровов, где происходил размыв гранитов, гранитогнейсов и в разной степени преобразованных осадочных пород протерозойского возраста. Начиная с раннего кембрия в бассейне появляется второй поток алюмосиликокластики, представленной вулканитами кислого, среднего и основного составов, поступавшей из островодужной системы, которая функционировала на западе [Конторович и др., 1999].

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

На большей части Сибирской платформы (Лено-Тунгусская провинция) основные перспективы нефтегазоносности связаны с отложениями неопротерозоя (рифей, венд) и нижнего палеозоя. В Предъенисейском осадочном бассейне в скв. Лемок-1 в усольской свите было выявлено нефтепроявление, состав которого (наличие 12- и 13-монометилалканов, высокие концентрации этилхолестанов, аномально высокие концентрации изотопа углерода ^{12}C однозначно свидетельствует о позднепротерозойском, возможно среднепротерозойском (рифейском) возрасте нефтепроводящих отложений [Конторович и др., 2000]).

В венде Предъенисейского осадочного бассейна имеются коллекторы, в которых могли формироваться скопления углеводородов.

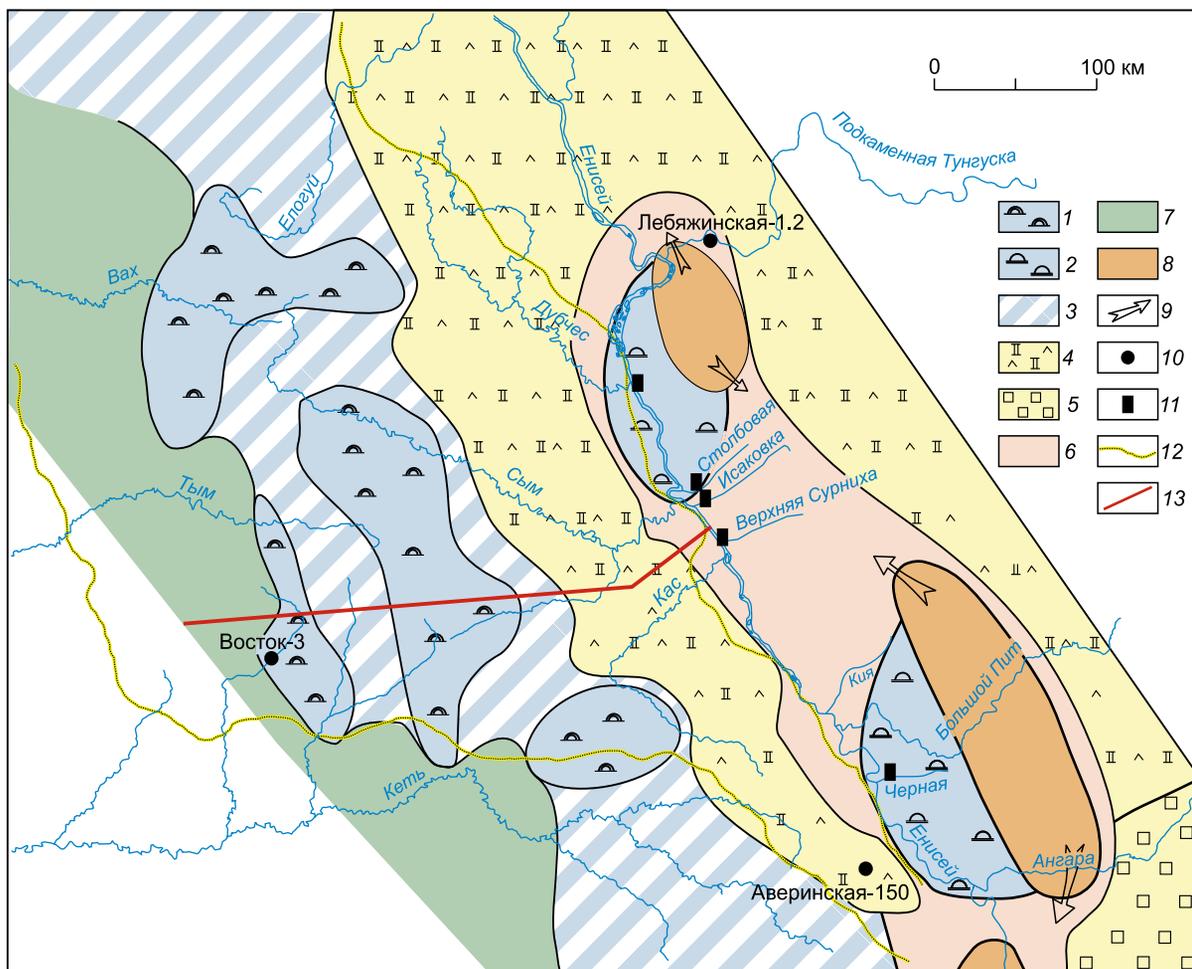


Рис. 9. Литолого-палеогеографическая схема Предъенисейского осадочного бассейна и смежных территорий Сибирской платформы (поздний венд, немакит-далдынский век).

1–2 — строматолитовые известково-доломитовые биогермы (1 — рифовый пояс биогермных построек, 2 — мозаичные биогермы вокруг островов); 3 — обломочные известковые и доломитовые отложения передового склона рифового пояса; 4–5 — эвапоритовые отложения эпиконтинентального моря (4 — ангидрит-доломитовые, 5 — с преобладанием галита); 6 — терригенные и обломочно-карбонатные (с признаками эвапоритизации) отложения прибрежной зоны эпиконтинентального моря; 7 — терригенно-карбонатно-вулканогенные отложения задугового бассейна; 8 — область размыта и сноса (островная суша с расчлененным рельефом); 9 — направление сноса; 10–11 — изученные разрезы (10 — скважины; 11 — обнажения); 12 — современные границы Предъенисейского осадочного бассейна; 13 — линия регионального сейсмического профиля Восток-10.

Пластово-строматолитовые доломитолиты и доларениты пойгинской свиты содержат крупные поры и вытянутые каверновые полости (до 15×5 мм), имеющие как реликтовую строматакситовую природу, так и вторичную, возникшую в процессе перекристаллизации и более позднего выщелачивания. Общая пористость и кавернозность достигает 20%. Каверны выщелачивания и локальной перекристаллизации соединяются полыми микротрещинами-проводниками. Постоянно наблюдаемая фрагментация зерна при проходке отложений свиты и низкий выход зерна свидетельствуют о равномерной трещиноватости и о ее решающей роли в формировании толщи как коллектора. В отличие от пойгинской, выщележащая котоджинская свита практически лишена пластово-строматолитовых доломитолитов; в ней преобладают доларениты с микритовым базальным цементом, в меньших объемах развиты пелитоморфные доломитолиты. Здесь также широко развита трещиноватость, но интенсивность ее несколько снижается. Наиболее высокая степень перекристаллизации (более 80%) с образованием каверно-порового пространства наблюдается в доларенитах, наименьшая, как и в пойгинской свите, — в пелитоморфных доломитолитах. В котоджинской свите общее количество пор в доларенитах по данным петрографического метода может достигать в отдельных образцах 10–15%. По результатам петрофи-

зических исследований, не вполне адекватно отражающих коллекторские свойства свиты (из-за невозможности отбора образцов в трещиноватых участках керна), пористость меняется от 0.1 до 16.2 %. Средний диапазон изменения проницаемости составляет от тысячных долей до $0.7 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, в наиболее пористых прослоях проницаемость возрастает до 3.1 и $63.4 \times 10^{-15} \text{ м}^2$. Таким образом, по своим литологическим характеристикам, коллектор пойгинской свиты более перспективен, так как представлен собственно биогермными постройками рифового пояса. В пойгинское время рифы имели более широкое распространение, а в котоджинское — произошло некоторое углубление бассейна и сокращение ареала их распространения. Область основного развития рифов в это время сместилась к востоку. Коллекторы относятся к порово-каверново-трещинному типу. Пелитоморфные карбонатные и глинисто-карбонатные отложения райгинской, чурбинской свиты и доманикиты пайдугинской свиты могут служить потенциальными локальными флюидоупорами.

Присутствие в керне битумов ряда кериты—антракосолиты на многих стратиграфических уровнях свидетельствуют о том, что в изученном разрезе происходили процессы генерации и первичной миграции углеводородов. Часть нафтидов, судя по наличию антракосолитов, вместе с породами и рассеянным в них органическим веществом подверглась глубоким катагенетическим преобразованиям. Вместе с тем к полной деструкции углеводородов катагенез не привел, о чем говорит наличие в составе битумоидов углеводородов и асфальтово-смолистых компонентов. При оценке перспектив нефтегазоносности изученного разреза можно предполагать наличие в ловушках залежей позднекатагенных сухих и умеренно жирных газов с оторочками легких конденсатного типа нефтей, а также залежей тяжелых, мальтоподобных остаточных нефтей.

У восточной границы Предъенисейского осадочного бассейна, где предполагается существование цепочки палеостровов, наиболее перспективными в плане обнаружения коллекторов являются биогермные карбонатные постройки и мощные слои полевошпат-кварцевых песчаников. Так, в разрезе по р. Столбовая пластово-строматолитовые, столбчато-строматолитовые биогермы и сопровождающие их шлейфовые фации достигают мощностей около 100 м. Таким образом, наряду с западной полосой рифов в Предъенисейском бассейне намечается еще одна, восточная, примыкающая к восточной прибрежной (приостровной) его части. Рифы, в отличие от барьерной западной полосы, носят прибрежный характер, их распространение обусловлено конфигурацией береговой линии. В направлении к центральной части заливообразного эвапоритового бассейна биогермные постройки выклиниваются, либо резко сокращаются по мощности.

Полевошпат-кварцевые песчаники в составе нижнелебяжинской подсвиты, которые также могут рассматриваться в качестве потенциального коллектора, достаточно хорошо выдержаны в восточной прибрежной полосе Предъенисейского бассейна. Они залегают выше строматолитовых доломитов и установлены в разрезах по рекам Исаковка, Столбовая и правому берегу Енисея. Наблюдаемая (неполная) мощность песчаников в перечисленных разрезах составляет соответственно 175, 170 и 240 м. Минералогически зрелый полевошпат-кварцевый состав, отсутствие глинистого цемента и глинистых прослоев, прибрежные обстановки формирования песчаников, большие мощности пластов — все это свидетельствует о большой перспективности этих отложений в качестве коллекторов углеводородов. Вместе с тем в одновозрастных разрезах скважин Восток-3 и Аверинская-150 эти достаточно мощные пачки песчаников не встречены. По всей вероятности, прибрежно-морские песчаники и прибрежные рифы, сформировавшиеся у восточной границы Предъенисейского бассейна, выклиниваются в направлении к центру заливообразного эвапоритового бассейна, латерально замещаясь и перекрываясь карбонатно-сульфатно-соляными отложениями эвапоритовых фаций. Все это создает возможность возникновения литологических ловушек углеводородов в этой части Предъенисейского бассейна.

Для более достоверной оценки перспектив нефтегазоносности вендского комплекса региональные работы должны быть продолжены.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Предъенисейском осадочном бассейне под нижним кембрием установлены верхневендские отложения, палеонтологическая характеристика которых позволяет выделять здесь нижнюю часть комплексной зоны *Purella antiqua* и пограничный интервал с нижележащей зоной *Anabarites trisulcatus* немакит-далдынского регионаруса Сибирской платформы. Возраст этих отложений древнее чем 542 млн лет (верхний возрастной предел существования представителей рода *Cloudina*), но, скорее всего, моложе чем 550 млн лет (возраст нижней границы зоны *Anabarites trisulcatus*). Эти отложения могут быть одного возраста с котлинским региональным ярусом венда Восточно-Европейской платформы, нижняя граница которого имеет возраст ~550 млн лет [Гражданкин, Маслов, 2015].

В отложениях передового склона рифового пояса биогермных построек Предьенейского бассейна обнаружены ископаемые остатки *Cloudina* — древнейших в истории биосферы животных-рифостроителей. Представители рода *Cloudina* активно участвовали в процессах формирования и консолидации известкового каркаса рифа, что рассматривается как адаптация животных к более эффективному освоению новых пищевых ресурсов на мелководье [Penny et al., 2014]. На материале из серии Нама эдиакария Намибии показано, что *Cloudina riemkeae*, благодаря обрастанию поверхности микробиялитов и взаимной цементации, образовывали плотные многоярусные постройки высотой до 100 мм [Wood, Curtis, 2015]. По всей вероятности, *Cloudina* также формировали рифовые постройки на западной окраине Сибирской платформы. Вместе с остатками *Cloudina* в отложениях передового склона рифа также встречены фосфатизированные ископаемые остатки, похожие на представителей рода *Namacalathus*, и разнообразные агглютинированные и фосфатизированные трубчатые остатки. Можно предположить, что все ориктоценозы котоджинской и райгинской свит Предьенейского осадочного бассейна представляют собой аллохтонные захоронения остатков организмов, которые обитали в пределах рифовых построек. Если это так, то по крайней мере на западе (и, возможно, на юго-востоке [Zhuravlev et al., 2012]) поздневендский эвапоритовый бассейн Сибирской платформы был обрамлен рифами со сложной экологической структурой сообществ.

Карбонатный комплекс венда и более древние протерозойские образования Предьенейского осадочного бассейна, как и на всей Сибирской платформе, представляют интерес как объекты, перспективные на нефть и газ.

Исследования проведены в рамках программы фундаментальных исследований РАН, программы научных исследований Роснедра и при поддержке РФФИ (грант 14-17-00409).

ЛИТЕРАТУРА

Беляев С.Ю., Башарин А.К. Современная структура, история формирования и нефтегазоносность зоны сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (4), с. 736—745.

Бененсон В.А., Самсонов А.В., Дашкевич Н.Н., Сибгатуллин В.Г., Кондрашов В.А. Геологическое строение и прогноз нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири // Геология нефти и газа, 1987, № 9, с. 36—41.

Биджаков В.И., Коптяев Н.В., Мендигалеев А.С., Ненахов Ю.Я., Тищенко В.М. Предварительные результаты бурения параметрической скважины № 3 на Вездеходной площади // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск, Изд-во ТГУ, 1977, с. 37—42.

Боголепов К.В. О формах структурной связи Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты // Тектоника Сибири, т. 2. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1963, с. 112—121.

Боголепов К.В., Шевцов А.П. К вопросу о тектоническом строении области сопряжения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы // Тектоника Сибири, т. 1. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1962, с. 130—137.

Бутаков Е.П., Карпинский Р.Б., Усталов В.В. Венд Тейско-Чапского района (Енисейский кряж) // Геология и геофизика, 1975 (8), с. 67—77.

Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Место венда в Международной стратиграфической шкале // Геология и геофизика, 2015, т. 56 (4), с. 703—717.

Дашкевич Н.Н., Каштанов В.А. Платформенные отложения палеозоя и подсолевые комплексы докембрия левобережья р. Енисей — новый объект нефтегазопроисковых работ // Докл. АН СССР, 1990, т. 315 (5), с. 1187—1191.

Драгунов В.И., Смирнов А.Л., Чернышева Н.Е. Нижнепалеозойские отложения в фундаменте восточной части Западно-Сибирской низменности (Елогуйская опорная скважина) // ДАН СССР, 1967, т. 172 (2), с. 420—422.

Загороднов А.М., Залипухин М.И. К вопросу о тектоническом строении Пур-Тазовского между-речья // Тр. СНИИГГиМС, 1960, вып. 10, с. 23—40.

Каштанов В.А., Варламов А.И., Данилова В.П., Дашкевич Н.Н., Ефимов А.С., Ильина В.И., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Пак К.Л., Филиппов Ю.Ф., Чунихина Л.Д. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений левобережья Енисея (Тыйская параметрическая скважина) / Препринт № 1. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1995, 53 с.

Конторович А.Э., Сараев С.В., Казанский А.Ю., Каштанов В.А., Конторович В.А., Пономарчук В.А., Тищенко В.М., Филиппов Ю.Ф. Новый терригенно-вулканогенный разрез кембрия и положение

ние западной границы Сибирской платформы (по материалам параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (7), с. 1022—1031.

Конторович А.Э., Ефимов А.С., Кринин В.А., Хоменко, А.В., Гилянская Л.Г., Данилова В.П., Меленевский В.Н., Костырева Е.А., Махнеева Е.Н., Юдина Н.Т. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности кембрия и верхнего протерозоя западной окраины Сибирской платформы (левобережье Енисея) // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (12), с. 1615—1636.

Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Башарин А.К., Филиппов Ю.Ф. Геодинамическая модель формирования современной структуры Предъенисейской зоны Западно-Сибирской геосинеклизы и западной окраины Сибирской платформы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований (г. Иркутск, 20—23 октября 2003 г.). Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2003, с. 120—123.

Конторович А.Э., Конторович В.А., Филиппов Ю.Ф., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Вальчак В.И., Евграфов А.А., Ефимов А.С., Каштанов В.А., Конторович А.А., Петров В.Н., Хоменко А.В. Предъенисейская нефтегазоносная провинция — новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2006, № 5—6, с. 9—23.

Конторович А.Э., Варламов А.И., Гражданкин Д.В., Карлова Г.А., Клец А.Г., Конторович В.А., Сараев С.В., Терлеев А.А., Беляев С.Ю., Вараксина И.В., Ефимов А.С., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Постников А.А., Филиппов Ю.Ф. Разрез венда восточной части Западно-Сибирской плиты (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (12), с. 1238—1247.

Конторович А.Э., Соколов Б.С., Конторович В.А., Варламов А.И., Гражданкин Д.В., Ефимов А.С., Клец А.Г., Сараев С.В., Терлеев А.А., Беляев С.Ю., Вараксина И.В., Карлова Г.А., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Постников А.А., Филиппов Ю.Ф. Первый разрез венда в комплексе основания Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3 на востоке Томской области) // ДАН, 2009, т. 424 (6), с. 788—791.

Кочнев Б.Б., Карлова Г.А. Новые данные по биостратиграфии немакит-далдынского яруса венда юга Сибирской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2010, т. 18 (5), с. 28—41.

Мельников Н.В. Венд-кембрийский солеродный бассейн Сибирской платформы (стратиграфия, история развития). Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2009, 148 с.

Мирошников Л.Д. Структура фундамента северной части Западно-Сибирской низменности и возможность его нефтегазоносности // Геология и геофизика, 1961, (1), с. 34—39.

Накаряков В.Д. Строение домезозойского фундамента Приенисейской полосы Западно-Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1961, (3), с. 27—34.

Наливкин Д.В. Геологические районы СССР // Проблемы Советской геологии, 1933, № 1, с. 35—56.

Рогов В.И., Карлова Г.А., Марусин В.В., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Гражданкин Д.В. Время формирования первой биостратиграфической зоны венда в сибирском гипостратотипе // Геология и геофизика, 2015, т. 56 (4), с. 735—747.

Ростовцев Н.Н. Западно-Сибирская низменность // Очерк по геологии СССР (по материалам опорного бурения) // Тр. ВНИГРИ, 1956, т. 1, Нов. сер., вып. 96, с. 107—152.

Ростовцев Н.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности. М., Госгеотехиздат, 1958, 391 с.

Сараев С.В., Хоменко А.В., Батурина Т.П., Карлова Г.А., Кринин В.А. Венд и кембрий юго-востока Западной Сибири: стратиграфия, седиментология, палеогеография // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2004, № 1, с. 7—18.

Семихатов М.А., Овчинникова Г.В., Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Каурова О.К., Петров П.Ю. Pb-Pb-изохронный возраст и Sr-изотопная характеристика верхнеюдомских карбонатных отложений (венд Юдомо-Майского прогиба, Восточная Сибирь) // ДАН, 2003, т. 393 (1), с. 83—87.

Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М., Недра, 1981, 143 с.

Тектоника Евразии: объяснительная записка к Тектонической карте Евразии (масштаб 1 : 5 000 000) / Ред. А.Л. Яншин. М., Наука, 1966, 487 с.

Федоров А.Б. Граница вендской и кембрийской систем // Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Под ред. Н.В. Мельникова. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2005, с. 317—321.

Филиппов Ю.Ф., Сараев С.В., Коровников И.В. Стратиграфия и корреляция кембрийских отложений Предъенисейского осадочного бассейна Западной Сибири // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (5—6), с. 891—905.

Фомичев В.Д. Общая схема тектоники Западной Сибири и Восточного Казахстана // ДАН СССР, 1948, нов. сер., т. 59 (4), с. 735—738.

Хоментовский В.В. Юдомий Сибири, венд и эдиакарская система Международной стратиграфической шкалы // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16 (6), с. 3—21.

Хоментовский В.В. Ангарий Енисейского кряжа как стандартное подразделение неопротерозоя // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (3), с. 464—472.

Хоментовский В.В., Карлова Г.А. Основание томмотского яруса — нижняя граница кембрия // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2005, т. 13 (1), с. 26—40.

Хоментовский В.В., Вальков А.К., Карлова Г.А. Новые данные по биостратиграфии переходных венд-кембрийских слоев в бассейне среднего течения р. Алдан // Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Вопросы региональной стратиграфии. Сборник научных трудов / Под ред. В.В. Хоментовского, А.С. Гибшера. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1990, с. 3—57.

Хоментовский В.В., Федоров А.Б., Карлова Г.А. Нижняя граница кембрия во внутренних районах севера Сибирской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1998, т. 6 (1), с. 3—11.

Шатский Н.С. Проблемы нефтеносности Сибири // Нефтяное хозяйство, 1931, т. 24 (9), с. 131—140.

Яншин А.Л. Тектоническая карта Евразии. М.; Наука, 1964, 15 с. (Междунар. геол. конгр. XXII сес. Индия, 1964).

Amthor J.E., Grotzinger J.P., Schröder S., Bowring S.A., Ramezani J., Martin M.W., Matter A. Extinction of *Cloudina* and *Namacalathus* at the Precambrian-Cambrian boundary in Oman // *Geology*, 2003, v. 31 (5), p. 431—434.

Bosak T., Lahr D.J.G., Pruss S.B., Macdonald F.A., Dalton L., Matys E.D. Agglutinated tests in post-Sturtian cap carbonates of Namibia and Mongolia // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2011, v. 308, p. 29—40.

Bosak T., Lahr D.J.G., Pruss S.B., Macdonald F.A., Gooday A.J., Dalton L., Matys E.D. Possible early foraminiferans in post-Sturtian (716—635 Ma) cap carbonates // *Geology*, 2012, v. 40 (1), p. 67—70.

Cartijo I., Martí Mus M., Jensen S., Palacios T. A new species of *Cloudina* from the terminal Ediacaran of Spain // *Precamb. Res.*, 2010, v. 176, p. 1—10.

Condon D., Zhu M., Bowring S., Wang W., Yang A., Jin Y. U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China // *Science*, 2005, v. 308, p. 95—98.

Conway Morris S., Mattes B.W., Chen M. The early skeletal organism *Cloudina*: new occurrences from Oman and possibly China // *Amer. J. Sci.*, 1990, v. 290-A, p. 245—260.

Germs G.J.B. The stratigraphy and paleontology of the lower Nama Group, South West Africa // *Bulletin of the Precambrian Research Unit, University of Cape Town*, 1972, v. 12, p. 1—250.

Grant S.W.F. Shell structure and distribution of *Cloudina*, a potential index fossil for the terminal Proterozoic // *Amer. J. Sci.*, 1990, v. 290-A, p. 261—294.

Grotzinger J.P., Bowring S.A., Saylor B.Z., Kaufman A.J. Biostratigraphic and geochronologic constraints on early animal evolution // *Science*, 1995, v. 270, p. 598—604.

Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. Calcified metazoans in thrombolite-stromatolite reefs of the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia // *Paleobiology*, 2000, v. 26 (3), p. 334—359.

Hofmann H.J., Mountjoy E.W. *Namacalathus*—*Cloudina* assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia: Canada's oldest shelly fossils // *Geology*, 2001, v. 29 (12), p. 1091—1094.

Hua H., Chen Z., Yuan X., Zhang L., Xiao S. Skeletogenesis and asexual reproduction in the earliest biomineralizing animal *Cloudina* // *Geology*, 2005, v. 33 (4), p. 277—280.

Penny A.M., Wood R., Curtis A., Bowyer F., Tostevin R., Hoffman K.-H. Ediacaran metazoan reefs from the Nama Group, Namibia // *Science*, 2014, v. 344 (6191), p. 1504—1506.

Schmitz M.D. Appendix 2 — Radiometric ages used in GTS2012 // *The Geologic Time Scale 2012* / Eds. F. Gradstein, J. Ogg, M.D. Schmitz, G. Ogg. Boston, Elsevier, 2012, p. 1045—1082.

Sour-Tovar F., Hagadorn J.W., Huitrón-Rubio T. Ediacaran and Cambrian index fossils from Sonora, Mexico // *Palaeontology*, 2007, v. 50 (1), p. 169—175.

Warren L.V., Quaglio F., Riccomini C., Simões M.G., Poire D.G., Strikis N.M., Anelli L.E., Strikis P.C. The puzzle assembled: Ediacaran guide fossil *Cloudina* reveals an old proto-Gondwana seaway // *Geology*, 2014, v. 42 (5), p. 391—394.

Wood R., Curtis A. Extensive metazoan reefs from the Ediacaran Nama Group, Namibia: the rise of benthic suspension feeding // *Geobiology*, 2015, v. 13, p. 112—122.

Zhuravlev A.Yu., Liñán E., Gámez Vintaned J.A., Debrenne F., Fedorov A.B. New finds of skeletal fossils in the terminal Neoproterozoic of the Siberian Platform and Spain // *Acta Palaeontol. Pol.*, 2012, v. 57 (1), p. 205—224.

*Поступила в редакцию
23 января 2015 г.*