

УДК 551.732.2:56(571.5)

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОГО И БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОСИНСКОГО ГОРИЗОНТА НИЖНЕГО КЕМБРИЯ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (СКВАЖИНЫ ЗАПАДНО-ЯРАКТИНСКИЕ 45, 361)

Токарев Дмитрий Александрович^{1,2},
Tokarevda@ipgg.sbras.ru

Плюснин Алексей Владимирович³,
plysnin_av@irkutskoil.ru

Терлеев Александр Анатольевич¹,
Terleevaa@ipgg.sbras.ru

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики,
Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, 3.

² Новосибирский государственный университет,
Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1.

³ ООО «ИНК»,
Россия, 664007, г. Иркутск, пр. Большой Литейный, 4.

Актуальность. Геологоразведочные работы, проводимые в последнее время по всей Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, делают исследования карбонатов осинской подсвиты особенно актуальными, поскольку они позволяют установить закономерности образования ловушек углеводородов.

Цель исследования – изучение осевой и склонной части крупного Ичединско-Большетирского барьерного рифа на юге Непско-Ботубинской антеклизы.

Объекты: карбонатные породы Ичединско-Большетирского барьерного рифа, средней (осинской) подсвиты усольской свиты томмотского яруса нижнего кембрия, вскрытые скважинами № 45 и 361 Западно-Ярактинской площади.

Методы: комплекс ГИС, детальное литолого-седиментологическое описание 90 и 33 м керн соответственно, секвенс-стратиграфический анализ, петрографический анализ 120 образцов и изучение палеонтологических остатков, отобранных из керн скважин Западно-Ярактинской площади.

Результаты. Были выделены семь литологических типов пород, закономерно сменяющие друг друга по разрезу. Накопление пород осинского пласта происходило в следующем диапазоне фациальных обстановок (по направлению от бассейна осадконакопления к континенту): верхняя сублитораль, литораль, супралитораль (себха). Образование карста происходило в субазральных условиях. Проведенный биостратиграфический анализ подтверждает нижнекембрийский возраст. В скважине № 45 обнаружены остатки известковых водорослей *Renalcis polymorphum*, *Renalcis levis*, *Botomaella zelenovii*, *Epiphyton zonatum*, *Epiphyton celsum*, *Epiphyton scapulium*, *Chabakovia ramosa*, *Chabakovia nodosa*, а также мелкораквинная фауна *Namacalathus* sp. В скважине № 361 были обнаружены и определены известковые водоросли *Renalcis polymorphum*, *Renalcis granosus*, *Renalcis* sp., *Renalcis levis*, *Renalcis seriata*, *Korilophyton* sp., *Chabakovia* sp. и мелкораквинная фауна (SSF) рода *Namacalathus* sp. В разрезе подсвиты выделены три секвенса четвертого порядка. Границы секвенса фиксируют субазральные перерывы, представленные в керне седиментационной брекчией, зонами карста. Наибольшее по амплитуде и продолжительности понижение уровня моря приурочено к границе второго и третьего секвенса. Известковые водоросли, изученные из керн скважин, являлись основными рифостроителями раннекембрийских органогенных построек. Для этих организмов характерны небольшие глубины литорали – сублиторали, что хорошо согласуется с результатами проведенного литолого-фациального исследования.

Ключевые слова:

Кембрий, осинский горизонт, Восточная Сибирь, археоциаты, цианобактерии, органогенные постройки, секвенс-стратиграфический анализ.

Введение

Активная геологоразведка на Непско-Ботубинской антеклизе дает возможность проводить детальные литолого-фациальные и биостратиграфические исследования. На современном этапе исследования у геологов есть явные преимущества – высокий процент поднимаемого керн из интересующего стратиграфического интервала. Одним из основных объектов поиска углеводородов в карбонатном коллекторе являются породы осинского продуктивного горизонта. Работа является продолжением цикла работ, посвящённых строению барьерного Ичединско-Большетирского рифа [1–3].

Объект и методы исследования

Объект изучения – карбонатные породы Ичединско-Большетирского барьерного рифа [4, 5] средней (осинской) подсвиты (горизонт) усольской свиты томмотского яруса нижнего кембрия, вскрытые скважинами № 45 и 361 Западно-Ярактинской площади (ЗЯ-45 и ЗЯ-361), расположенной на юге Непско-Ботубинской антеклизы. В административном плане скважины находятся на севере Иркутской области в 80 км севернее пос. Верхнемарково. Согласно фациальному районированию кембрийских отложений [6], территория исследований относится к Непской зоне Ангаро-Непского фациального района Непско-

Ботуобинской антеклизы юга Сибирской платформы (рис. 1). Осинская подсвита (продуктивный горизонт) в скважине ЗЯ-45 имеет толщину 101 м, в ЗЯ-361 – 37 м и почти в полном объеме охарактеризована керновым материалом. Это обстоятельство позволило с высокой степенью достоверности провести литологические, биостратиграфические исследования, выполнить фациальные реконструкции и секвенс-стратиграфический анализ разреза.

В основу работы легла комплексная интерпретация обширного фактического материала, включающего: комплекс ГИС, детальное литолого-седиментологическое описание 90 и 33 м керна соответственно, секвенс-стратиграфический анализ, петрографический анализ 120 образцов и изучение палеонтологических остатков, отобранных из керна скважин.

При литологических исследованиях применялись общепринятые классификации по вещественному со-

ставу, структурно-генетическим признакам карбонатных пород, изложенные в работах отечественных и зарубежных авторов, таких как С.Г. Вишняков [7], В.Н. Киркинская и др. [8], В.Г. Кузнецов [9], А.В. Маслов [10], Г.И. Теодорович [11], R.J. Danham [12], E. Flugel [13].

Фациальные реконструкции осуществлялись на основе седиментационных моделей, разработанных известными специалистами в области карбонатного осадконакопления: Дж.Л. Уилсона [14], G. Einsele [15], G. Stanley [16], В.А. Жемчуговой [17], В.Г. Кузнецов и др. [18].

Для воссоздания эволюции бассейна применен секвенс-стратиграфический анализ, направленный на выявление признаков эвстатических изменений уровня моря. При секвенс-стратиграфическом анализе разреза авторы руководствовались работами О.П. Ковалевского, Л.С. Маргулиса [19], О. Catuneanu [20, 21].

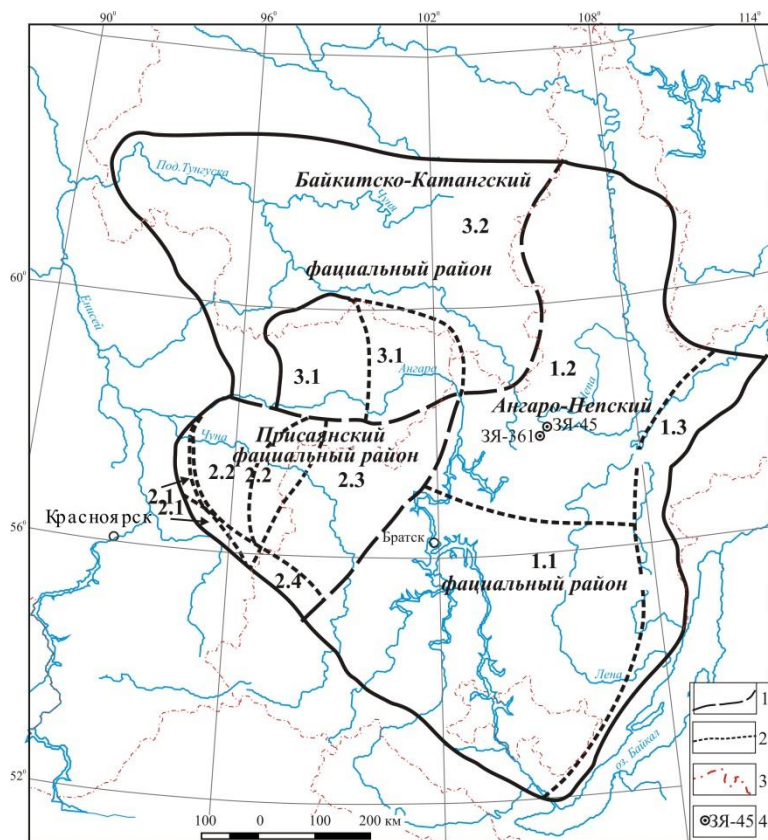


Рис. 1. Местоположение изученных скважин на карте фациального районирования Иркутско-Байkitской области [6]. Границы: 1 – районов; 2 – зон; 3 – административные; 4 – скважины на рисунках. Зоны: 1.1 – Ангарская, 1.2 – Непская, 1.3 – Приленская; 2.1 – Тасеевская, 2.2 – Богучанская, 2.3 – Ковинская, 2.4 – Тайнинская; 3.1 – Нижнеангарская, 3.2 – Байkitская

Fig. 1. Location of the studied wells on the map of the facies zoning of the Irkutsk-Baykit region [6]. Boundaries: 1 – districts; 2 – zones; 3 – administrative; 4 – wells in the figures. Zones: 1.1 – Angarskaya, 1.2 – Nepskaya, 1.3 – Prilenskaya; 2.1 – Taseevskaya, 2.2 – Boguchanskaya, 2.3 – Kovinskaya, 2.4 – Taininskaya; 3.1 – Nizhneangarskaya, 3.2 – Baykitskaya

Литолого-фациальное строение

В изученных разрезах осинского горизонта выделено восемь типов пород, закономерно сменяющих друг друга по разрезу снизу вверх и соответствующих различным фациальным обстановкам мелководного шельфа.

1. Известняки доломитистые до доломитовых, темно-серые и коричневатого-серые, водорослевые и стромаголитовые со структурой баундстоун, сложены различными цианобактериальными образованиями, формирующими серию мелкомасштабных построек биогермного типа, нарастающих друг на друга.

2. Известняки доломитистые до доломитовых, коричневые и темно-коричневые, реликтоводорослевые со структурой баундстоун, волнисто-пологослоистые, сформированные на обломочном (микрофитолитовом) карбонатном субстрате, периодически подвергавшиеся осушению. О регулярных субаэральных экспозициях свидетельствуют трещины синерезиса, выполненные галитом, а также рассеянная сульфатизация, интенсивная доломитизация и кавернозность.
3. Доломиты известковистые до известняков, темно-коричневые и коричневые, микрофитолитовые со структурой грейнстоун, слабо волнисто-пологослоистые.
4. Доломиты известковые до известняков доломитистых, кристаллические, коричневато-серые, реликтивно мелкообломочные со структурой грейнстоун, тонко-параллельнослоистые, однонаправленно-косослоистые, участки с деформационными текстурами, слабо брекчированные.
5. Карстовая щебеночно-глыбовая брекчия известняков доломитистых водорослевых. Породы представлены закарстованными биогермными водорослевыми известняками, интенсивно разбитыми трещинами и щелевидными каверновыми полостями на отдельные блоки.
6. Доломиты темно-коричневые, плоско-галечные конгломераты, косослоистые, сложенные плоскими (от 1 до 5 см в длину) обломками микритовых и микрофитолитовых доломитов, погруженных в сильно битуминизированный доломитоглинистый матрикс.
7. Ангидриты и ангидрито-доломиты серые, светло-серые, голубовато-серые, яснокристаллические, желваково и тонкослоистые, плотные, крепкие.
8. Каменные соли белые, розовато-серые, красновато-серые и темно-серые, разнокристаллические, преимущественно крупнокристаллические, массивные и полосчатые, участками с ориентированными интракластами аргиллита и карбонатных пород размером от 0,1 до 5 см, плотные, крепкие. В разрезе осинской подсвиты галит выполняет крупные меж-пустотные и меж-органогенные поры, каверны и пещеристые полости. Также он приурочен к карстовым полостям и трещинам различного генезиса.

Накопление пород осинского пласта происходило в следующем диапазоне фациальных обстановок (по направлению от бассейна осадконакопления к континенту):

- верхняя сублитораль, для нее характерны породы со структурой баундстоун;
- литораль (приливно-отливная равнина), для нее характерны породы со структурой грейнстоун;
- супралитораль (себха), представлена ангидритами и каменными солями.

Карстовая щебеночно-глыбовая брекчия и доломитовые плоско-галечные конгломераты приурочены к этапам выхода рифогенных пород в субаэральные условия.

Каждая фациальная зона характеризуется специфичным комплексом структурно-генетических типов пород (описание которых дано выше), отражающим условия осадконакопления. Обозначенный фациальный ряд менялся в течение осинского времени. Изученные скважины представляют два типа разреза барьерного рифа: осевой, характеризующийся повышенными мощностями отложений скв. 45, и склоновый – с минимальными мощностями скв. 361. Особенности их строения будут рассмотрены далее.

Секвенс-стратиграфическая последовательность

В разрезе скважин 45 и 361 выделяется три секвенса четвертого порядка (рис. 2–4). *Секвенс первый SQ1*. Подошва секвенса в изученных скважинах проходит по подошве солей, несогласно перекрывающих нижележащие доломиты нижней подсвиты усольской свиты. Системный тракт стадии падения уровня моря (Falling Stage System Tract – FSST) представлен солями супралиторали. Вышележащие доломиты глинистые, неравномерно сульфатизированные брекчиевидные приурочены к тракту низкого стояния уровня моря (Lowstand System Tract – LST), в подошве ограничены секвенс-стратиграфической границей. Трансгрессивная поверхность проведена в подошве приливо-отливного комплекса, представленного доломитами с реликтовой структурой грейнстоун в скв. 45 и доломитами плоско-галечными в скв. 361. Отложения трансгрессивного тракта (Transgressive System Tract – TST) в разрезе скв. 45 представлены доломитами известковистыми, микрофитолитовыми, слоистыми (фация приливо-отливной отмели). В разрезе скв. 361 – доломитами водорослевыми, в верх по разрезу переходящими в микрофитолитовые (мелкие холмовидные постройки на приливо-отливной отмели). Выше залегают отложения тракта высокого стояния уровня моря (Highstand system tract – HST), представленные одиночными водорослевыми постройками холмовидного, биогермного типа. В кровле наблюдаются признаки субаэральной экспозиции. Разрез скв. 361 имеет схожее строение. Отличия заключаются в преобладании водорослевых построек с ламинарной слоистостью (строматолитов).

Формирование отложений на данном этапе происходило в условиях верхней и нижней литоралей, временами сменяющимися на супралиторальные. Видна разница в темпах роста органогенных построек осевой и склоновой части, что связано с преобладанием водорослей в осевом разрезе.

Секвенс второй SQ2. Изученные разрезы скважин имеют схожее строение. Подошва секвенса проходит по слабо закарстованной поверхности водорослевых карбонатов тракта высокого стояния уровня моря SQ1. Отложения тракта низкого стояния уровня моря представлены доломитами плоско-галечными. Трансгрессивный тракт представлен отложениями приливо-отливной отмели. В скв. 361 наблюдается наименьшая мощность отложений тракта. На этапе высокого стояния уровня моря формировались довольно мощные микробиальные постройки, последовательно нарастающие друг на друга, эпизодически

выходившие под уровень субаэральной экспозиции. Наибольшая амплитуда понижения уровня и продолжительность субаэральной экспозиции фиксируется на границе второго и третьего секвенса, где мощности внутририфового карста составляет порядка 16 м в осевой части и 10 м в склоновой части.

Второй цикл формирования отложений начался с понижения относительного уровня моря (ОУМ), произошла смена условий осадконакопления с подприливных на супралиторальные. Это привело к формированию карста на этапе субаэральной экспозиции. На трансгрессивном этапе формируется приливно-отливная отмель, постепенно заселяемая бассейна и перекрытие водным слоем областей сноса в условиях высокого положения ОУМ привели к образованию обширной мелководной зоны, где развивались водорослевые образования, накопление которых в результате быстрого роста, пре-

вышающего темп погружения дна бассейна, способствовало заполнению пространства аккомодации и частому выходу пород в субаэральные условия, что привело к образованию карста.

Секвенс третий SQ3. Подошва секвенса проходит по закарстованной поверхности водорослевых карбонатов тракта высокого стояния уровня моря SQ2. Отложения тракта низкого стояния уровня моря представлены карстовой щебеночно-глыбовой брекчией, которая образовалась в период осушения и развития карста нижележащих водорослевых известняков тракта высокого стояния уровня моря SQ2. Трансгрессивный тракт в разрезе скв. 361 представлен обломочными зернистыми грейнстоунами. В разрезе скв. 45 трансгрессивный тракт не выделяется. Последующая, относительно быстрая трансгрессия привела к агградации рифа с незначительной проградацией на этапе высокого стояния уровня моря.

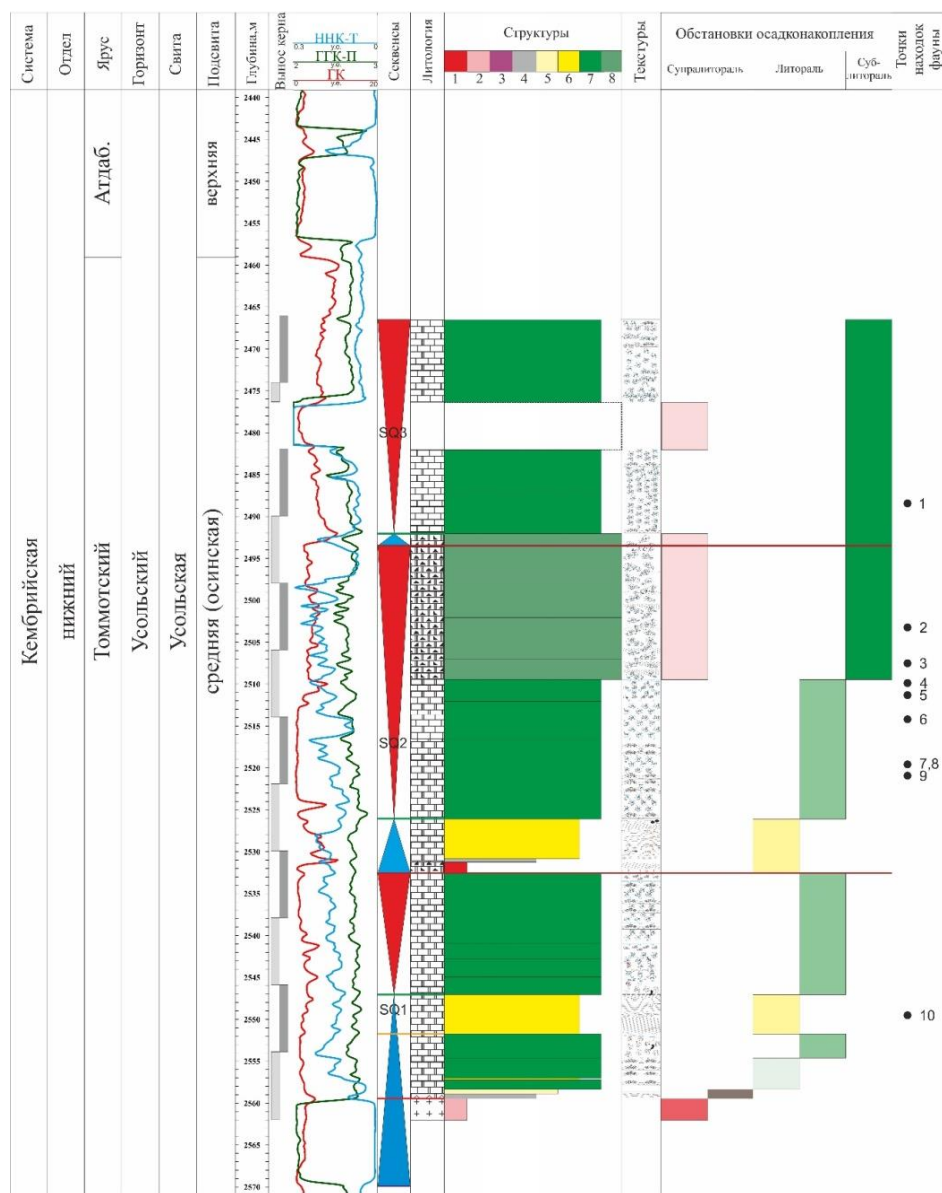


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез скважины Западно-Ярактинской 45 с точками палеонтологических находок

Fig. 2. Lithological and stratigraphic section of the West Yarka well 45 with points of paleontological finds

Третий цикл седиментации также начинается с тракта низкого положения ОУМ. Первыми обмелению и частичному осушению могли подвергнуться краевые и более рельефно выраженные части бассейна. В результате последующей трансгрессии возникли

благоприятные условия для формирования ядра рифа в осевой части разреза. В склоновой части наблюдаются обломочные зернистые образования, перекрытые микробально-водорослевыми породами, характеризующие верхний слон барьерного рифа.

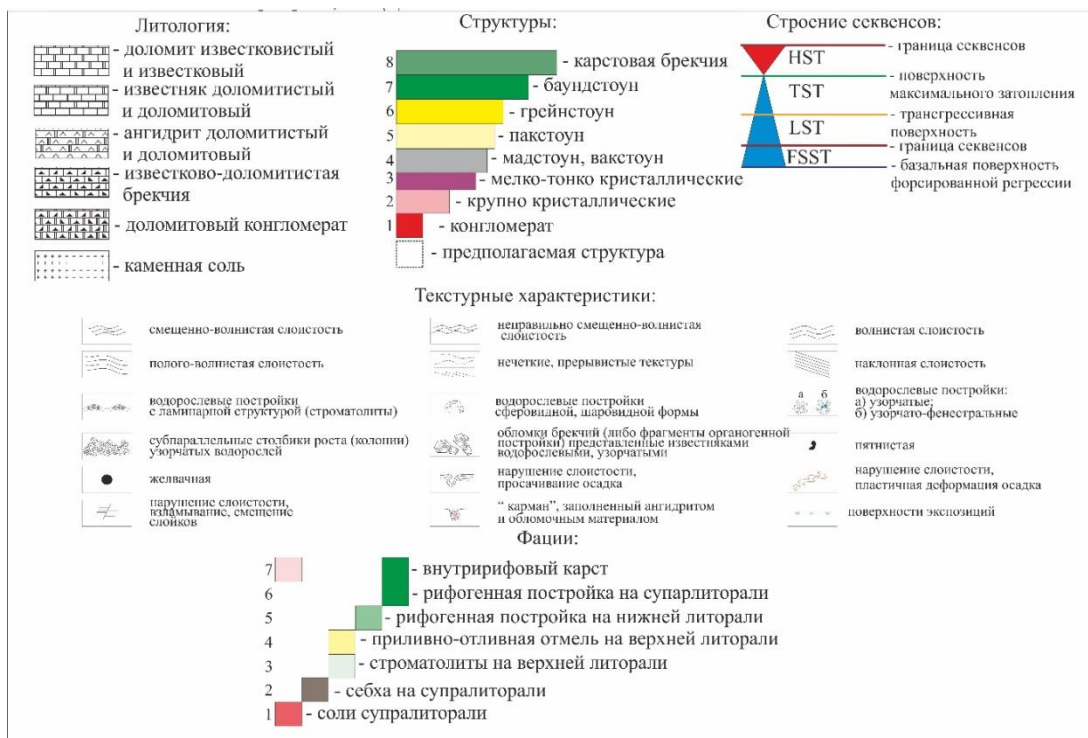


Рис. 3. Условные обозначения к разрезам изученных скважин

Fig. 3. Symbols for the sections of the studied wells

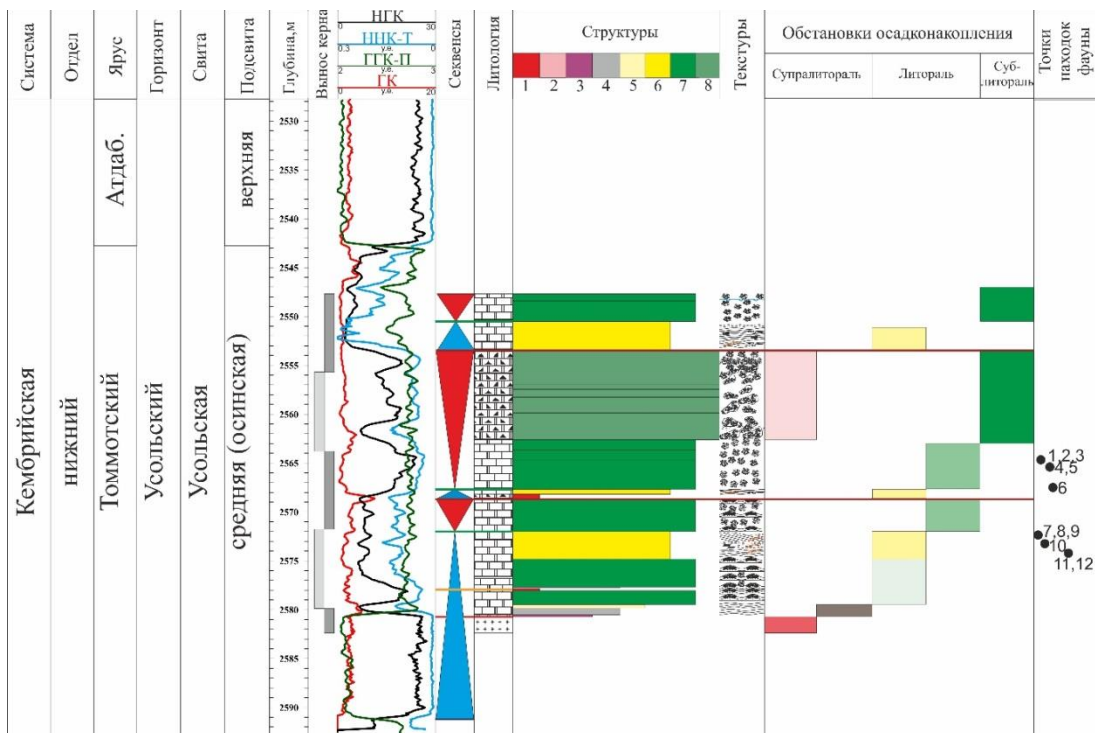


Рис. 4. Литолого-стратиграфический разрез скважины Западно-Ярактинской 361 с точками палеонтологических находок

Fig. 4. Lithological and stratigraphic section of the West Yarakta well 361 with points of paleontological finds

Таблица 1. Палеонтологические находки в разрезе скважины Западно-Ярактинская 45. Фиг. 1. *Namacalathus* sp. шл. № 110540 гл. 2488.72; Фиг. 2. *Namacalathus* sp. шл. № 110540 гл. 2488.72; Фиг. 3. *Chabakovia ramosa* шл. № 110675 гл. 2511.40; Фиг. 4. *Namacalathus* sp. шл. № 110540 гл. 2488.72; Фиг. 5. *Renalcis levis* шл. № 110101 гл. 2521.74; Фиг. 6. *Epiphyton scapulum*. шл. № 110684 гл. 2514.36; Фиг. 7. *Botomaella zelenovii* шл. № 110645 гл. 2503.54; Фиг. 8. *Epiphyton celsum*. шл. № 110696 гл. 2520.06; Фиг. 9. *Epiphyton zonatum*. шл. № 110696 гл. 2520.06; Фиг. 10. *Renalcis polymorphum*. шл. № 110675 гл. 2511.40; Фиг. 11. *Chabakovia nodosa* шл. № 110673 гл. 2510.91; Фиг. 12. *Renalcis levis* шл. № 110101 гл. 2521.74

Table 1. Paleontological finds in the section of the Ichedinskaya 45 well. Fig. 1. *Namacalathus* sp. schl. no. 110540 slide 2488.72; Fig. 2. *Namacalathus* sp. schl. no. 110540 slide 2488.72; Fig. 3. *Chabakovia ramosa* schl. no. 110675 slide 2511.40; Fig. 4. *Namacalathus* sp. schl. no. 110540 slide 2488.72; Fig. 5. *Renalcis levis* schl. no. 110101 chap. 2521.74; Fig. 6. *Epiphyton scapulum*. schl. no. 110684 slide 2514.36; Fig. 7. *Botomaella zelenovii* schl. no. 110645 slide 2503.54; Fig. 8. *Epiphyton celsum*. schl. no. 110696 slide 2520.06; Fig. 9. *Epiphyton zonatum*. schl. no. 110696 slide 2520.06; Fig. 10. *Renalcis polymorphum*. schl. no. 110675 slide 2511.40; Fig. 11. *Chabakovia nodosa* schl. no. 110673 slide 2510.91; Fig. 12. *Renalcis levis* schl. no. 110101 chap. 2521.74

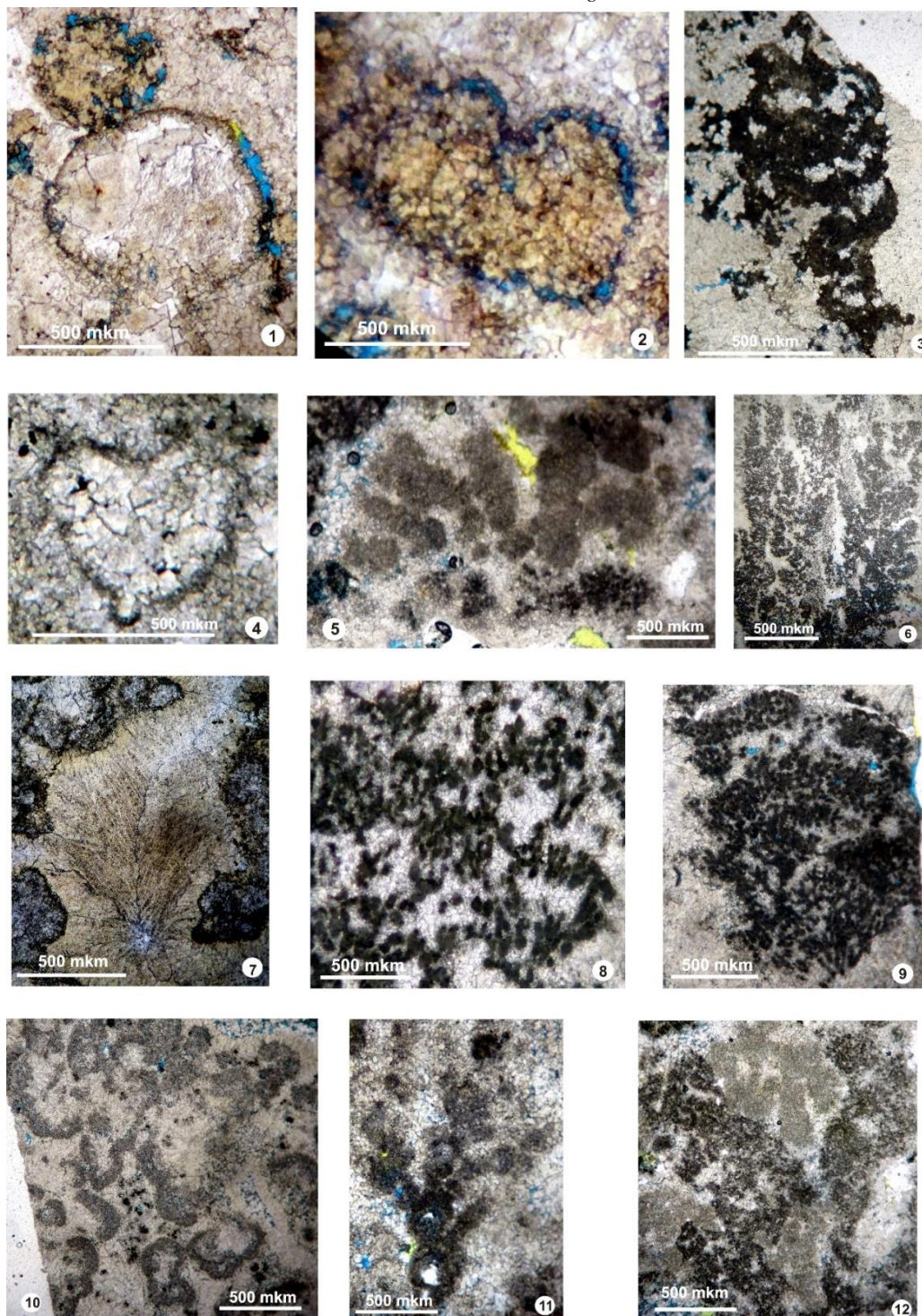
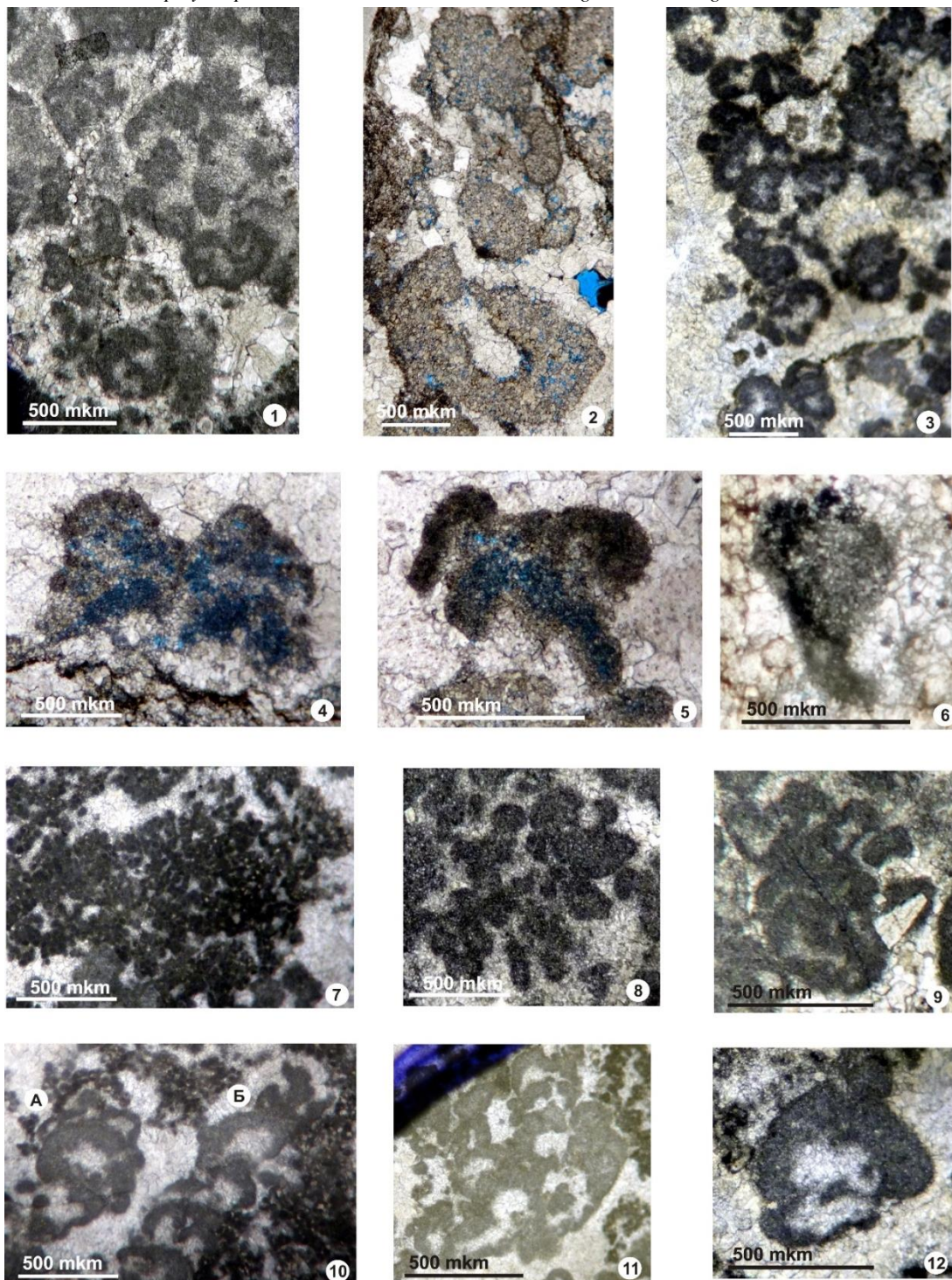


Таблица 2. Палеонтологические находки в разрезе скважины Западно-Ярактинская 361. Фиг. 1. *Renalcis polymorphum* шл. № 118419 гл. 2572.85; Фиг. 2. *Renalcis granosus* шл. № 118421 гл. 2573.24; Фиг. 3. *Renalcis* sp шл. № 118392 гл. 2565.44; Фиг. 4. *Chabakovia* sp шл. № 118424 гл. 2574.23; Фиг. 5. *Renalcis levis* шл. № 118424 гл. 2574.23; Фиг. 6. *Namacalathus* sp. шл. № 118398 гл. 2567.65; Фиг. 7. *Korilophyton* sp шл. № 118391 гл. 2564.53; Фиг. 8. *Renalcis levis*. шл. № 118419 гл. 2572.89; Фиг. 9. *Chabakovia* sp. шл. № 118419 гл. 2572.89; Фиг. 10. А – *Chabakovia* sp., Б – *Renalcis seriata*. шл. № 118391 гл. 2564.53; Фиг. 11. *Renalcis polymorphum*. шл. № 118391 гл. 2564.53; Фиг. 12. *Renalcis granosus*. шл. № 118392 гл. 2565.44

Table 2. Paleontological finds in the section of the Ichedinskaya 361 well. Fig. 1. *Renalcis polymorphum* schl. no. 118419 slide 2572.85; Fig. 2. *Renalcis granosus* schl. no. 118421 slide 2573.24; Fig. 3. *Renalcis* sp schl. no. 118392 slide 2565.44; Fig. 4. *Chabakovia* sp schl. no. 118424 slide 2574.23; Fig. 5. *Renalcis levis* schl. no. 118424 slide 2574.23; Fig. 6. *Namacalathus* sp. schl. no. 118398, slide 2567.65; Fig. 7. *Korilophyton* sp schl. no. 118391 slide 2564.53; Fig. 8. *Renalcis levis*. schl. no. 118419 slide 2572.89; Fig. 9. *Chabakovia* sp. schl. no. 118419 slide 2572.89; Fig. 10. А – *Chabakovia* sp., Б – *Renalcis seriata*. schl. no. 118391 slide 2564.53; Fig. 11. *Renalcis polymorphum*. schl. no. 118391 slide 2564.53; Fig. 12. *Renalcis granosus*. schl. no. 118392 slide 2565.44



Биостратиграфия

В результате микроскопического изучения биоты керн скважин Западно-Ярактинской площади (скважины №№ 45, 361) были выделены комплексы органических остатков (известковые водоросли, мелкораквинная фауна (Small Shelly Fossils – SSF)). Проведен палеонтологический и биостратиграфический анализ, который подтвердил раннекембрийский возраст вмещающих отложений. Впервые в отложениях, вскрытых скважиной Западно-Ярактинская 45, обнаружены и определены остатки известковых водорослей (цианобактерий). Наиболее характерные виды представлены в таблице: *Renalcis polymorphum* (табл. 1, фиг. 10), *Renalcis levis* (табл. 1, фиг. 5, 12), *Botomaella zelenovi* (табл. 1, фиг. 7), *Epiphyton zonatum Korde* (табл. 1, фиг. 9), *Epiphyton celsum* (табл. 1, фиг. 8), *Epiphyton scapulum* (табл. 1, фиг. 6), *Chabakovia ramosa* (табл. 1, фиг. 3), *Chabakovia nodosa* (табл. 1, фиг. 11), а также мелкораквинная фауна *Namacalathus sp* (табл. 1, фиг. 1, 2, 4).

В скважине № 361 были обнаружены и определены известковые водоросли *Renalcis polymorphum* (табл. 2, фиг. 1, 11), *Renalcis granosus* (табл. 2, фиг. 2, 12), *Renalcis sp* (табл. 2, фиг. 3), *Renalcis levis* (табл. 2, фиг. 5, 8), *Renalcis seriata* (табл. 2, фиг. 10(A)), *Korilophyton sp* (табл. 2, фиг. 7), *Chabakovia sp* (табл. 2, фиг. 4, 9, 10 (A)) и SSF *Namacalathus Grotzinger* (табл. 2, фиг. 6).

Заключение

Литолого-фациальные исследования позволили выделить семь типов пород, характеризующих различные обстановки мелководного шельфа осинского

палеобассейна: от приливно-отливных карбонатных отмелей литорали до органогенной постройки на сублиторали.

В разрезе скважин выделены три секвенсы четвертого порядка, отождествленные с галит-сульфатно-карбонатным осадконакоплением, которое происходило на относительно мелководном шельфе. Развитие секвенсов связано с углублением шельфа при расширении Палеосибирского океана. Мелководные условия приводили к заполнению пространства аккомодации за счет быстрого роста водорослей, формировавших органогенные постройки, и выходу отложений в супралиторальные условия. Наибольшее по амплитуде и продолжительности понижение уровня моря впервые выявлено на границе второго и третьего секвенсы. Здесь стоит ожидать хорошие коллекторские свойства, связанные с зонами внутририфового карста.

Мелкораквинная фауна рода *Namacalathus Grotzinger* ранее была широко известна из эдиакарских отложений по всему миру [22–27]. Впервые нами она была описана совместно с археоциатами (скважина Большетирская № 7) [3], что свидетельствует и о ее раннекембрийском возрасте.

Известковые водоросли, изученные из керн скважин Западно-Ярактинской площади, являлись основными рифостроителями раннекембрийских органогенных построек (биостромы, биогермы, биогермные массивы, рифогенные образования) [28]. Для этих организмов характерны небольшие глубины (до 100 м, фотическая зона) литорали – сублиторали, что хорошо согласуется с результатами проведенного литолого-фациального исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первые результаты комплексного литолого-фациального и биостратиграфического изучения нижнекембрийских отложений юга Сибирской платформы / Д.А. Токарев, А.В. Плюснин, А.А. Терлеев, Н.А. Иванова, А.В. Липянина, Р.Р. Ибрагимов // Геология рифов: материалы всероссийского литологического совещания. – Сыктывкар: Изд-во ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2020. – С. 118–122.
2. Токарев Д.А., Терлеев А.А., Плюснин А.В. Известковые водоросли (цианобактерии) усольской свиты нижнего кембрия юга Сибирской платформы (новые данные по скв. Ичединская № 45) // Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии: материалы LXVII сессии палеонтологического общества при РАН. – СПб: Изд-во «ВСЕГЕИ», 2021. – С. 82–84.
3. Новые результаты комплексного литолого-фациального и биостратиграфического изучения осинского горизонта нижнего кембрия юга Сибирской платформы (Большетирская скв. 7) / Д.А. Токарев, А.В. Плюснин, А.А. Терлеев, Н.А. Иванова, И.В. Варакина, А.В. Липянина // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2021. – № 2. – С. 11–20.
4. Никулина М.Ю., Мышевский Н.В., Никулин Е.В. Классические и аномальные объекты, выявленные в результате геологоразведочных работ на территории Иркутской нефтяной компании // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 26–29.
5. Особенности геологического строения Ичединского нефтяного месторождения / И.В. Сабанчин, А.Н. Афраков, С.Ф. Мулявин, Н.И. Зуева, Г.В. Лотушкина, И.Г. Стешенко, Н.А. Промзелева, Т.Н. Моисеева // Горные ведомости. – 2015. – № 8. – С. 66–74.
6. Мельников Н.В. Венд-кембрийский солеродный бассейн Сибирской платформы. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2009. – 148 с.
7. Вишняков С.Г. Генетические типы доломитовых пород северо-западной окраины Русской платформы // Труды Геол. института АН СССР. – 1956. – № 4. – С. 209–225.
8. Киркинская В.Н. Смехов. Е.М. Карбонатные породы – коллекторы нефти и газа. – Л.: Изд-во «Недра», 1981. – 255 с.
9. Кузнецов В.Г. Литология – основы общей (теоретической) литологии. – М.: Изд-во «Научный мир», 2011. – 360 с.
10. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – 289 с.
11. Теодорович Г.И. Аутигенные минералы осадочных пород. – М.: Изд-во «Гостоптехиздат», 1958. – 572 с.
12. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to deposition texture // Classification of Carbonate rocks. Symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. – Tulsa, 1962. – P. 108–121.
13. Flügel E., Flügel-Kahler E. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base // Facies. – 1992. – V. 26. – P. 167–277.
14. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. – М.: Изд-во «Недра», 1980. – 463 с.
15. Einsele G. Sedimentary basins, evolution, facies and sediment budget. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. – 792 p.
16. Stanley G. The history and sedimentology of ancient reef systems. – New York: Kluwer Academic, 2001. – 458 p.
17. Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. – М.: Изд-во «РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина», 2014. – 342 с.
18. Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазозонность / В.Г. Кузнецов, Л.Н. Илохин, О.В. Постникова, В.В. Бакина, А.Б. Горина, С.А. Дмитриевский, Н.М. Скобелева, Г.И. Тихомирова, В. Сухы, Л.Н. Фомичева. – М.: Изд-во «Науч. Мир», 2000. – 104 с.
19. Ковалевский О.П., Маргулис Л.С. Дополнение 1. Секвенс-стратиграфические подразделения // Дополнения к стратигра-

- фическому кодексу России. – СПб: Изд-во «ВСЕГЕИ», 2000. – С. 59–66.
20. Catuneanu O. Principles of sequence stratigraphy. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 375 p.
 21. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature / O. Catuneanu, W.E. Galloway, C.G.S.t.C. Kendall, A.D. Miall, H.W. Posamentier, A. Strasser, M.E. Tucker // Newsletters on Stratigraphy. – 2011. – V. 44. – P. 173–245.
 22. Разрез переходных венд-кембрийских отложений восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) / А.Э. Конторович, А.И. Варламов, Д.В. Гражданкин, Г.А. Карлова, А.Г. Клец, В.А. Конторович, С.В. Сараев, А.А. Терлеев, С.Ю. Беляев, И.В. Вараксина, А.С. Ефимов, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицин, А.А. Постников, Ю.Ф. Филиппов // Геология и геофизика. – 2008. – № 12. – С. 1238–1247.
 23. Особенности строения разреза вендско-нижекембрийских отложения Сибирской платформы, вскрытых Чайкинской параметрической скважины 279 / Г.Г. Шемин, А.А. Терлеев, А.А. Постников, Д.А. Токарев, Б.Б. Кочнев // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2011. – № 4. – С. 21–29.
 24. Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. Calcified metazones in thrombolite-stromatolite reefs in the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia // Paleobiology. – 2000. – V. 26. – P. 334–359.
 25. Hofmann H.J., Mountjoy E.W. Namacalathus-Cloudina assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia: Canadas oldest shelly fossils // Geology. – 2001. – V. 29. – P. 1091–1094.
 26. Cloudina-Namacalathus-Kolophyton association in the Vendian of Altai-Sayan Foldbelt (Siberia) / A.A. Terleev, A.A. Postnikov, D.A. Tokarev, O.V. Sosnovskaya, G.N. Bagmet // Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential: Proc. of the International conf. – Novosibirsk, 30 July – 02 August, 2011. – С. 96–98.
 27. Известковые водоросли и строматолиты: систематика, биостратиграфия, фациальный анализ: сборник научных трудов ИГиГ СО АН СССР / отв. ред. В.Н. Дубатов, Т.А. Москаленко. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1988. – 228 с.

Поступила 01.04.2022 г.

Информация об авторах

Токарев Д.А., кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики; старший преподаватель кафедры исторической геологии и палеонтологии Геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета.

Плюснин А.В., седиментолог, департамент геологии и разработки месторождений, ООО «ИНК».

Терлеев А.А., кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института Нефтегазовой Геологии и геофизики.

UDC 551.732.2:56(571.5)

NEW RESULTS OF A COMPREHENSIVE LITHOLOGICAL-FACIES AND BIOSTRATIGRAPHIC STUDY OF THE OSINSKY HORIZON OF THE LOWER CAMBRIAN IN THE SOUTH OF THE SIBERIAN PLATFORM (WELLS WEST YARAKTA 45, 361)

Dmitry A. Tokarev^{1,2},
Tokarevda@ipgg.sbras.ru

Aleksey V. Plyusnin³,
A.V.Plyusnin@mail.ru

Aleksandr A. Terleev¹,
TerleevAA@ipgg.sbras.ru

¹ Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3, Koptyug avenue, Novosibirsk, 630090, Russia.

² Novosibirsk State University, 1, Pirogov street, Novosibirsk, 630090, Russia.

³ LLC «INK», 4, Bolshoy Liteiny avenue, Irkutsk, 664007, Russia.

Relevance. Geological prospecting work carried out recently throughout the Lena-Tunguska oil and gas province makes the study of the Osinskaya subformation carbonates especially relevant, since they allow establishing the patterns of hydrocarbon traps formation.

The goal of the research is to study the axial and inclined part of the large Ichedinsko-Bolshetirsky barrier reef in the south of the Nepa-Botuobinsky antecline.

Objects: carbonate rocks of the Ichedinsko-Bolshetirskiy barrier reef, middle (Osinskaya) subformation of the Usolskaya suite of the Tommot stage of the Lower Cambrian, penetrated by wells no. 45 and 361 of the West Yarakta area.

Methods: GIS complex, detailed lithological-sedimentological description of 90 and 33 m of core, respectively, sequence-stratigraphic analysis, petrographic analysis of 120 samples and the study of fossils sampled from West Yarakta area core.

Results. The authors have identified seven lithological types of rocks, consistently alternating each other along the section. The accumulation of rocks of the Osinskaya stratum occurred in the following range of facial environments (in the direction from the sedimentation basin to the continent): upper sublittoral, littoral, supralittoral (sebkha). Karst was formed under subaerial conditions. The conducted biostratigraphic analysis confirms the Lower Cambrian age. In the well no. 45 the remains of calcareous algae: *Renalcis polymorphum*, *Renalcis levis*, *Botomaela zelenovii*, *Epiphyton zonatum*, *Epiphyton celsum*, *Epiphyton scapulium*, *Chabakovia ramosa*, *Chabakovia nodosa*, as well as small shell fauna *Namacalathus sp.*, were discovered. In the well no. 361 calcareous algae *Renalcis polymorphum*, *Renalcis granosus*, *Renalcis sp.*, *Renalcis levis*, *Renalcis seriata*, *Korilophyton sp.*, *Chabakovia sp.*, were found and *SSF Namacalathus sp.* was identified. In the section of the subformation, three fourth-order sequences were identified. The sequencing boundaries are fixed by subaerial hiatuses, represented in the core by sedimentation breccia, karst zones. The largest, in terms of amplitude and duration, lowering of sea level is confined to the border of the second and third sequences. Calcareous algae studied from borehole cores were the main reef builders of the Early Cambrian organogenic structures. These organisms are characterized by shallow depths of the littoral – sublittoral, which is in accordance with the lithological-facies study results.

Key words:

Cambrian, Osinskaya subformation, Eastern Siberia, archaeocyaths, cyanobacteria, organogenic structures, sequence-stratigraphic analysis.

REFERENCES

1. Tokarev D.A., Plyusnin A.V., Terleev A.A., Ivanova N.A., Lipyani-na A.V., Ibragimov R.R. Pervye rezultaty kompleksnogo litologo-fatsialnogo i biostratigraficheskogo izucheniya nizhnokembriyskikh otlozheniy yuga Sibirskoy platformy [The first results of a complex lithological-facies and biostratigraphic study of the Lower Cambrian sediments of the southern Siberian platform]. *Geologiya rifov. Materialy vserossiyskogo litologicheskogo soveshchaniya* [Geology of reefs. Materials of the All-Russian lithological meeting]. Syktyvkar, IG Komi UB RAS Publ., 2020. pp. 118–122.
2. Tokarev D.A., Terleev A.A., Plyusnin A.V. Izvestkovye vodorosli (tsianobakterii) usolskoy svity nizhnego kembriya yuga Sibirskoy platformy (novye dannye po skv. Ichedinskaya № 45) [Calcareous algae (cyanobacteria) of the Usol formation of the Lower Cambrian of the southern Siberian Platform (new data on well Ichedinskaya No. 45)]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty paleontologii. Materialy LXVII sessii paleontologicheskogo obshchestva pri RAN* [Theoretical and applied aspects of paleontology. Materials of the LXVII session of the Paleontological Society at the Russian Academy of Sciences]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2021. pp. 82–84.
3. Tokarev D.A., Plyusnin A.V., Terleev A.A., Ivanova N.A., Varaksina I.V., Lipyani-na A.V. New results of complex lithological-facies and biostratigraphic study of the Osinsky horizon of the Lower Cambrian of the southern Siberian platform (well Bolshe-tirskaya no. 7). *Geology and mineral resources of Siberia*, 2021, vol. 2, pp. 11–20. In Rus.
4. Nikulina M.Yu., Myshevsky N.V., Nikulin E.V. Classical and anomalous objects identified as a result of geological exploration on the territory of the Irkutsk Oil Company. *Oil economy-Oil industry*, 2020, vol. 9, pp. 26–29. In Rus.
5. Sabanchin I.V., Afrakov A.N., Mulyavin S.F., Zueva N.I., Lotushkina G.V., Steshenko I.G., Promzeleva N.A., Moiseeva T.N. Features of the geological structure of the Ichedinsky oil field. *Mining statements*, 2015, vol. 8, pp. 66–74. In Rus.
6. Mel'nikov N.V. *Vend-kembriyskiy solerodny basseyn Sibirskoy platform* [Vendian-Cambrian salt-bearing basin of the Siberian platform]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2009. 148 p.

7. Vishnyakov S.G. Geneticheskie tipy dolomitovykh porod severo-zapadnoy ukrainy Russkoy platformy [Genetic types of dolomite rocks of the northwestern margin of the Russian Platform]. *Proceedings of the Geological Institute of the USSR Academy of Sciences*, 1956, vol. 4, pp. 209–225.
8. Kirkinskaya V.N., Smekhov E.M. *Karbonatnye porody – kollektory nefii i gaza* [Carbonate rocks – reservoirs of oil and gas]. Leningrad, Nedra Publ., 1981. 255 p.
9. Kuznetsov V.G. *Litologiya – osnovy obshchey (teoreticheskoy) litologii* [Lithology – fundamentals of general (theoretical) lithology]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2011. 360 p.
10. Maslov A.V. *Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsiya poluchennykh dannyykh* [Sedimentary rocks: methods for studying and interpreting the data obtained]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2005. 289 p.
11. Teodorovich G.I. *Autigennye mineraly osadochnykh porod* [Autigenic minerals of sedimentary rocks]. Moscow, Gostoptehizdat Publ., 1958. 572 p.
12. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Classification of Carbonate rocks. Symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* Tulsa, 1962. pp. 108–121.
13. Flugel E. *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlin, Springer-Verlag Inc., 2004. 976 p.
14. Wilson J.L. *Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonate facies in geological history]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 463 p.
15. Einsele G. *Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2000. 792 p.
16. Stanley G. *The history and sedimentology of ancient reef systems*. New York, Kluwer Academic, 2001. 458 p.
17. Zhemchugova V.A. *Prakticheskoe primeneniye rezervuarnoy sedimentologii pri modelirovaniy uglevodorodnykh sistem* [Practical application of reservoir sedimentology in modeling of hydrocarbon systems]. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publ., 2014. 342 p.
18. Kuznetsov V.G., Ilyukhin L.N., Postnikova O.V., Bakina V.V., Gorina A.B., Dmitrievsky S.A., Skobeleva N.M., Tikhomirova G.I., Sukhy V., Fomicheva L.N. *Drevnie karbonatnye tolshchi Vostochnoy Sibiri i ikh neftegazonosnost* [Ancient carbonate strata of Eastern Siberia and their oil and gas potential]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2000. 104 p.
19. Kovalevsky O.P., Margulis L.S. Dopolnenie 1. Sekvens-stratigraficheskie podrazdeleniya [Supplement 1. Sequential stratigraphic units]. *Dopolneniya k stratigraficheskomu kodeksu Rossii* [Additions to the Stratigraphic Code of Russia]. St Petersburg, VEGEI Publ., 2000. pp. 59–66.
20. Catuneanu O. *Principles of sequence stratigraphy*. Amsterdam, Elsevier Publ., 2006. 375 p.
21. Catuneanu O., Galloway W.E., Kendall C.G.S.t.C., Miall A.D., Posamentier H.W., Strasser A., Tucker M.E. *Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature. Newsletters on Stratigraphy*, 2011, vol. 44, pp. 173–245.
22. Kontorovich A.E., Varlamov A.I., Grazhdankin D.V., Karlova G.A., Klets A.G., Kontorovich V.A., Saraev S.V., Terleev A.A., Belyaev S.Yu., Varaksina I.V., Efimov A.S., Kochnev B.B., Nagovitsin K.E., Postnikov A.A., Filippov Yu.F. Section of transitional Vendian-Cambrian deposits of the eastern part of the West Siberian geosyncline (based on the results of drilling a parametric well Vostok-3). *Geology and Geophysics*, 2008, vol. 12, pp. 1238–1247. In Rus.
23. Shemin G.G., Terleev A.A., Postnikov A.A., Tokarev D.A., Kochnev B.B. Features of the structure of the section of the Vendian–Lower Cambrian deposits of the Siberian platform exposed by the Chaikinskaya parametric well 279. *Geology and mineral resources of Siberia*, 2011, vol. 4, pp. 21–29. In Rus.
24. Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. Calculated metazonas in thrombolite-stromatolite reefs in the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia. *Paleobiology*, 2000, vol. 26, pp. 334–359.
25. Hofmann H.J., Mountjoy E.W. Namacalathus-Cloudina assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia. *Canadas oldest shelly fossils. Geology*, 2001, vol. 29, pp. 1091–1094.
26. Terleev A.A., Postnikov A.A., Tokarev D.A., Sosnovskaya O.V., Bagmet G.N. Cloudina-Namacalathus-Kolophyton association in the Vendian of Altai-Sayan Foldbelt (Siberia). *Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential*. Proc. of the International conf. Novosibirsk, 30 July – 02 August, 2011. pp. 96–98.
27. *Izvestkovye vodorosli i stromatolity: sistematika, biostratigrafiya, faebialny analiz* [Calcareous algae and stromatolites: systematics, biostratigraphy, facial analysis]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 228 p.

Received: 1 April 2022.

Information about the authors

Dmitry A. Tokarev, Cand. Sc., senior researcher, Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; senior lecturer, Novosibirsk State University.

Aleksey V. Plyusnin, sedimentologist, department of geology and field development, LLC «INK».

Aleksandr A. Terleev, Cand. Sc., senior researcher, Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.