

УДК 551.732.2:56(571.5)
DOI: 10.18799/24131830/2024/3/4275
Шифр специальности ВАК: 25.00.01

Осинская подсвета усольской свиты нижнего кембрия центральной и южной частей Непско-Ботуобинской антеклизы: строение, условия формирования и биостратиграфическая характеристика

Д.А. Токарев^{1,2}, А.В. Плюснин^{3✉}, А.А. Терлеев¹, Д.А. Староселец³,
Е.В. Никулин³, И.В. Афонин⁴, Е.А. Агашева⁴

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, г. Новосибирск

² Новосибирский государственный университет, Россия, г. Новосибирск

³ Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

⁴ Томский государственный университет, Россия, г. Томск

✉ a.v.plyusnin@mail.ru

Аннотация. Актуальность. Современная активная разведка и освоение углеводородсодержащих отложений Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции актуализировали исследования карбонатных пород осинской подсветы. Особую перспективность среди них занимают работы, позволяющие выявить закономерности формирования ловушек нефти и газа. **Цель:** представить результаты литолого-фациального, биостратиграфического и петрофизического изучения осинского горизонта южной и центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы. **Объекты:** карбонатные породы средней (осинской) подсветы усольской свиты томмотского яруса нижнего кембрия, изученные по керну скважин. **Методы:** комплекс ГИС, детальное литолого-седиментологическое описание керна, секвенс-стратиграфический анализ, петрографический анализ 300 образцов и изучение палеонтологических остатков нового материала. **Результаты.** На основании выполненных исследований выделены, прослежены и впервые описаны три зоны осадконакопления: глубоководная, краевая и мелководная. Для глубоководной зоны характерно некомпенсированное осадконакопление, присутствие одиночных рифов и приуроченность к депрессионным впадинам и прогибам. Она окаймлялась краевой зоной карбонатной платформы, связанной с повышенными толщинами подсветы и распространением по площади рифов. Следом за ней располагалась мелководная зона, представленная средними и уменьшенными толщинами осинской подсветы, её отложения сложены породами карбонатного зернистого и глинистого составов с маломощными одиночными рифами. Локализованная краевая зона карбонатной платформы протяжённого распространения согласуется с ранее выделенными Чамбинско-Алтыбско-Мирнинской и Верхнетохомско-Катско-Пилюдинской зонами распространения рифоподобных органогенных построек. На основании изученных скважин выполнено описание строения трех пачек согласно литолого-фациальному профилю. Приведен авторский вариант проведения границ пачек. Выявлено, что в глубоководной зоне перспективы поиска пород-коллекторов связаны с одиночными карбонатными постройками, в краевой с площадным биогермом, а в мелководной с детритовыми отложениями и мелкими биогермами. Показана приуроченность палеонтологических находок к выделенным зонам осадконакопления и пачкам. Определено, что в формировании второй и третьей пачек, краевой зоны карбонатной платформы участвовали водоросли, диагностированные в баундстоунах (автохтонные). Археоциаты диагностированы в детритовых карбонатных породах второй пачки (аллохтонные) в скв. № 7 и автохтонные в баундстоунах скв. 2X. Крибрициаты найдены в баундстоунах третьей пачки (автохтонные). Археоциаты, крибрициаты, намакалатусы, известковые водоросли, изученные из керна скважин Западно-Ярактинская № 45, 361, Большетирская № 7, 3X, 2X, 4X, 5X, 6X, являлись основными эдификаторами раннекембрийских органогенных построек (биостромы, биогермы, биогермные массивы, рифогенные образования).

Ключевые слова: кембрий, осинская подсвета, Восточная Сибирь, археоциаты, цианобактерии, органогенные постройки, секвенс-стратиграфический анализ

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания РАН по Фундаментальным научным исследованиям, проект FW ZZ-2022-0003, FW ZZ-2022-0002.

Для цитирования: Осинская подсвета усольской свиты нижнего кембрия центральной и южной частей Непско-Ботуобинской антеклизы: строение, условия формирования и биостратиграфическая характеристика / Д.А. Токарев, А.В. Плюснин, А.А. Терлеев, Д.А. Староселец, Е.В. Никулин, И.В. Афонин, Е.А. Агашева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 3. – С. 176–191. DOI: 10.18799/24131830/2024/3/4275

UDC 551.732.2:56(571.5)
DOI: 10.18799/24131830/2024/3/4275

Osinskaya subformation of the Usolsky formation of the Lower Cambrian of the central and southern parts of the Nepa-Botuoba antecline: structure, formation conditions and biostratigraphical characteristics

D.A. Tokarev^{1,2}, A.V. Plusnin^{3✉}, A.A. Terleev¹, D.A. Staroselets³,
E.V. Nikulin³, I.V. Afonin⁴, E.A. Agasheva⁴

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

³ University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

⁴ Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

✉ a.v.plyusnin@mail.ru

Abstract. Relevance. Geological prospecting carried out recently throughout the Lena-Tunguska oil-and-gas province makes studies of carbonates of the Osinskaya subformation particularly relevant, as they make it possible to establish the patterns of hydrocarbon trap formation. **Aim.** To present the results of the lithological and facial, biostratigraphic and petrophysical studies of the Osinskaya subformation in the southern and central part of the Nepa-Botuoba antecline. **Objects.** Carbonate rocks of the middle Osinskaya subformation of the Usolskiy Formation of the Lower Cambrian Tommotian Stage, studied from well cores. **Methods.** GIS complex, detailed lithological and sedimentological description of the core, sequential stratigraphic analysis, petrographic analysis of 300 samples and examination of paleontological remains taken from the core; analysis. **Results.** Based on these studies, three sedimentation zones were identified, traced, and described for the first time: deep-water, marginal, and shallow-water. The deep-water zone is characterized by uncompensated sedimentation, the presence of single reefs, and confinement to depressions and troughs. It was flanked by an edge zone of carbonate platform associated with elevated thicknesses of the subformation and distribution of reefs over the area. It was followed by a shallow-water zone, represented by medium and reduced thicknesses of the Osinskaya subformation, its sediments are composed of carbonate grained and clayey rocks with small single reefs. The localized marginal zone of the extended carbonate platform agrees with the previously identified Chambinsko-Altybsko-Mirninskaya and Verkhnetokhomsko-Katsko-Pilyudinskaya zones of distribution of reef-like organogenic structures. On the basis of the studied wells, the structure of three formations according to the lithologic-facial profile was described. The paper introduces the authors' variant of conducting the boundaries of the members. It was revealed that in the deep-water zone the prospects of searching for reservoir rocks are associated with single carbonate structures, in the marginal zone with area bioherms, and in the shallow-water zone with detrital deposits and shallow bioherms. The paleontological finds are shown to be confined to the selected sedimentation zones and beds. It was determined that algae diagnosed in the boudstones (autochthonous) were involved in the formation of the second and third strata, the edge zone of the carbonate platform. Archaeocyaths were diagnosed in detrital carbonate rocks of the second pack (allochthonous) in well no. 7 and autochthonous in boudstones of well no. 2X. Cribriates were diagnosed in the boudstones of the third member (autochthonous). Archaeocyaths, cribriates, namacalatuses, and calcareous algae studied from the cores of wells West Yaratianian no. 45, 361, Bolshetyrskaya no. 7, 3X, 2X, 4X, 5X, 6X were major edificators of Early Cambrian organogenic structures (biostromes, bioherms, bioherms massifs, reef formations).

Keywords: Cambrian, Osinskaya subformation, Eastern Siberia, archaeocyaths, cyanobacteria, organogenic structures, sequence stratigraphic analysis

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Russian Academy of Sciences for Fundamental Intermediate Research, project FW ZZ-2022-0003, FW ZZ-2022-0002.

For citation: Tokarev D.A., Plusnin A.V., Terleev A.A., Staroselets D.A., Nikulin E.V., Afonin I.V., Agasheva E.A. Osinskaya subformation of the Usolsky formation of the Lower Cambrian of the central and southern parts of the Nepa-Botuoba antecline: structure, formation conditions and biostratigraphical characteristics. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2024, vol. 335, no. 3, pp. 176–191. DOI: 10.18799/24131830/2024/3/4275

Введение

Венд-кембрийский карбонатный комплекс юга Восточной Сибири в последнее время представляет собой объект пристального внимания геологов-

нефтяников, так как является одним из основных нефтегазопродуктивных горизонтов Лено-Тунгусской провинции. Наибольшие перспективы в Иркутской области связывают с осинским продуктивным го-

ризонтом. Уже доказана его продуктивность на таких месторождениях, как Марковское, Талаканское, Ичединское, Северо-Даниловское и др. [1]. В настоящий период в пределах всей Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции ведутся активные геологоразведочные работы, что делает исследования карбонатов осинской подсвиты особенно актуальными, поскольку результаты подобных изучений позволят установить закономерности образования ловушек углеводородов. Работа является продолжением цикла публикаций, посвящённых строению осинской карбонатной эпиконтинентальной платформы [2–5]. В настоящем исследовании авторы публикуют результаты комплексного литолого-биостратиграфического исследования различных типов разреза осинской подсвиты.

Объект и методы исследования

Основой для работы послужили результаты литолого-фациального и секвенс-стратиграфического анализа керн карбонатных пород осинской под-

свиты, вскрытых скважинами Западно-Ярактинскими № 45 и 361, № 7 Большешетирской, а также № 1X, 2X, 3X, 4X, 5X и 6X. Территориально скважины располагаются на севере Иркутской области, в междуречье р. Лены и Нижней Тунгуски (рис. 1, a, b).

Общий метраж изученного керна составил более 900 м. Помимо этого изучался комплекс ГИС, включавший гамма- (ГК) и нейтронный-гамма (НГК) каротажи. Проведено петрографическое изучение шлифов в количестве 600 шт. При построении концептуальной фациальной схемы (рис. 1, c) использовались данные ГИС 875 скважин, а также данные сейсморазведочных работ 2D МОГТ. При литолого-фациальных, секвенс-стратиграфических и петрографических исследованиях применялась литература, перечисленная в работах [5–15], а также источники, посвящённые моделированию карбонатных систем [16–18].

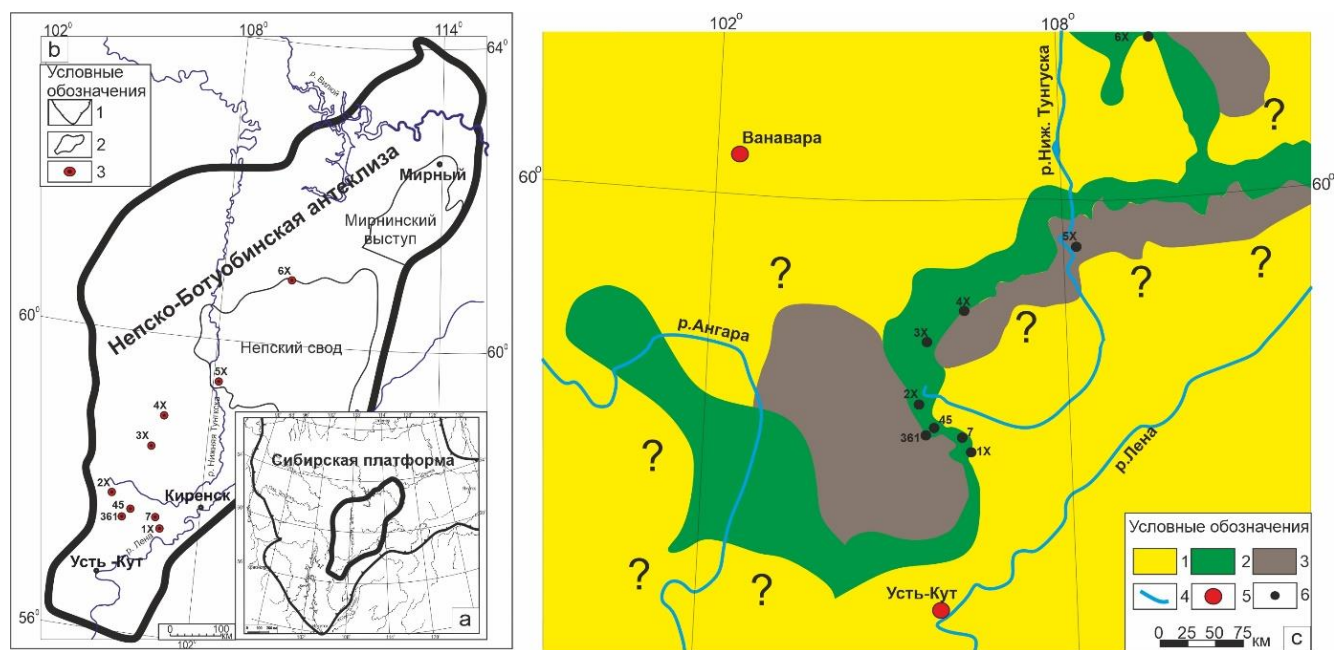


Рис. 1. Район исследования (a) и местоположение изученных скважин на схеме тектонического районирования (b) и концептуальной фациальной схеме осинского шельфа (c). Условные обозначения к рисункам (a) и (b): 1 – граница Сибирской платформы; 2 – граница Непско-Ботубобинской антеклизы; 3 – номера изученных скважин. Условные обозначения к рисунку (c): 1 – зона мелководной седиментации; 2 – площадная рифовая система, окаймляющая крупные прогибы и впадины; 3 – относительно глубоководная зона; 4 – гидросеть; 5 – города; 6 – точки изученных скважин. Знаком вопроса отмечены участки с недостаточными скважинными данными (Вопросами обозначены области, не представленные скважинными данными)

Fig. 1. Study area (a) and location of the studied wells in the tectonic zoning scheme (b) and conceptual facies scheme of the Osinsky shelf (c). Symbols for figures (a) and (b): 1 – boundary of the Siberian platform; 2 – boundary of the Nepko-Botuoba antecline; 3 – numbers of studied wells. Symbols for figure (c): 1 – zone of shallow water sedimentation; 2 – area reef system, bordering large troughs and depressions; 3 – deep water zone; 4 – hydraulic network; 5 – cities; 6 – points of the studied wells. A question marks areas with insufficient well data (Questions indicate areas not represented by borehole data)

Краткие сведения о геологическом строении

Объект изучения – карбонатные породы средней (осинской) подсвиты усольской свиты томмотского яруса нижнего кембрия. Осинская подсвита выделена М.А. Жарковым и В.В. Хоментовским [19, 20]. Стратотип находится в Иркутской области, в скважинах вблизи г. Усолье-Сибирское. Изучаемые разрезы скважин Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) соответствуют Непской зоне Ангаро-Непского фациального района, Иркутско-Байкитской области, и Ботуобинскому фациальному району, Ботуобинско-Олекминской фациальной области, которые входят в Турухано-Иркутско-Олекминский регион [21].

Непская фациальная зона, с типовым разрезом скв. Ярактинская-27, охватывает юг и центр НБА. Усольская свита делится на три подсвиты. Нижняя – галогенно-доломитовая, в интервале от подошвы свиты до подошвы осинской подсвиты. Среднеусольская (осинская) подсвита сложена карбонатными и сульфатно-карбонатными породами. Промышленные притоки углеводородов в осинской подсвите выделяются в одноимённый продуктивный горизонт. Верхнеусольская подсвита сложена карбонатно-галогенными породами. Осинская рифовая система окаймляет частично НБА по внешнему краю и на исследуемом участке прослеживается с севера на юг от Среднеботуобинского месторождения к Талаканскому и далее субпараллельно границе с Предпатомским прогибом. На севере она проходит субширотно по юго-восточному борту Тунгусской синеклизы. Содержание пород-коллекторов уменьшается по мере удаления от рифовой зоны от 50 до 5 % от мощности разреза, как в сторону развития глинисто-карбонатной подформации склона, так и в сторону лагунных и приливно-отливных отложений [22].

Литолого-фациальное строение

Основными типами пород, формирующими изучаемые отложения, являются в различной степени доломитизированные известняки, глинистые известняки и доломиты, а также сульфатизированные доломиты, переходящие в ангидриты.

В изученных разрезах осинского горизонта выделены типы пород, закономерно сменяющие друг друга по разрезу снизу вверх и соответствующие различным фациальным обстановкам мелководного шельфа. Детальное описание авторами рассмотрено в работах [1, 2]. Далее кратко перечислим их: 1. Доломитовый плоско-галечный конгломерат (флоатстоун); 2. Доломиты известковистые до известняков доломитистых (Породы), кристаллические, реликтово-мелкообломочные (грейнстоун); 3. Породы с несохранившейся первичной структурой; 4. Породы микривые со структурой мадстоу-

ун; 5. Породы микрофитолитовые со структурой пакстоун; 6. Породы микрофитолитовые со структурой грейнстоун; 7. Породы реликтово-мелкообломочные со структурой грейнстоун и рудстоун; 8. Породы реликтово-микробияльные со структурой баундстоун; 9. Породы органогенно-микробияльные (цианобактериально-водорослевые), включая пластовые строматолиты или биоламиниты, со структурой баундстон; 10. Карстовая щебенчато-глыбовая брекчия известняков доломитистых, галитистых и микробияльных; 11. Породы микробияльно-водорослевые со структурой баундстоун; 12. Породы строматолитовые со структурой байндстоун.

Выделенные выше литотипы были объединены в несколько групп по структурным признакам: глинистые, породы со структурой мадстоун (ЛТ-4); зернистые: пакстоун, грейнстоун и рудстоун (5, 6, 2, 7); обломочные, со структурой флоатстоун (1, 10); органогенные, баунстоун (8, 9, 11, 12).

Формирование отложений происходило в условиях сублиторали, литорали и супралиторали. На (рис. 2–4) показана схема корреляции изученных скважин с распределением выделенных типов пород и обстановок осадконакопления (рис. 5).

Зональность осинского шельфа

Анализ карт толщин, материалов сейсморазведки, ГИС и керн на большой площади юга и центра НБА позволил выделить и дифференцировать три зоны (макрофации), характеризующиеся определенным набором признаков.

Относительно глубоководная зона характеризовалась некомпенсированным осадконакоплением. Соответствует глубинам сублиторали в пределах шельфа. Локализовалась, по-видимому, в депрессионных впадинах и прогибах на мелководном шельфе (рис. 1, с). Литологически разрез представлен карбонатными глинистыми породами с прослоями зернистых и обломочных пород. От центральной части глубоководных зон к их периферии могут появляться одиночные биогермы. Биогермы представлены в основном конусовидными высокими, но небольшими по площади, органогенными постройками типа башен (пиннаклы по английской терминологии). Мощность до 100 м. Разрез краевой части такого пиннакла изучен в скв. 5X на юго-западе Непского свода (рис. 4).

Краевая зона карбонатной платформы характеризуется повышенными толщинами, изрезанностью, неоднородностью, увеличивающимися в сторону глубоководной зоны, которую она окаймляет, и простирается в субмеридиональном направлении через Большетирское, Ичединское месторождения до свода НБА, где далее разворачивается в субширотном направлении и простирается на 130 км, заканчиваясь

на Талаканском месторождении (рис. 1, с). Ширина зоны в поперечнике может достигать 4,5–11 км.

Во фронтальной части краевой зоны располагаются шлейфовые образования (склоновая часть краевой зоны). Примером служит скважина Западно-Ярактинская 361, описанная в работе [2]. Отложения представлены карбонатными зернистыми (преимущественно грейнстоун, рудстоун) и обломочными (флоатстоун) разностями с прослоями карбонатно-глинистых (мадстоун, вакстоун) пород. Мощность отложений в изученной скважине составляет 38 м.

Разрезы органогенных построек краевой зоны карбонатной платформы имеют сложное строение

и неравномерную структуры. Преобладают органогенные породы. Они изучены в скважинах Западно-Ярактинская 45 [2], Большетирская 7 [1], а также 1X, 2X, 3X, 4X. Мощность отложений колеблется в диапазоне от 70 до 115 м, закономерно сокращаясь в сторону мелководья (рис. 2, 3).

Мелководная зона характеризуется средними и уменьшенными мощностями осинской подсвиты, карбонатным зернистым и глинистым составом отложений с маломощными одиночными биогермами изометричной и неправильной формы типа пэтч-риф. Мощность отложений колеблется в диапазоне 55–75 м. Разрез мелководной зоны изучен в скв. 6X (рис. 4).

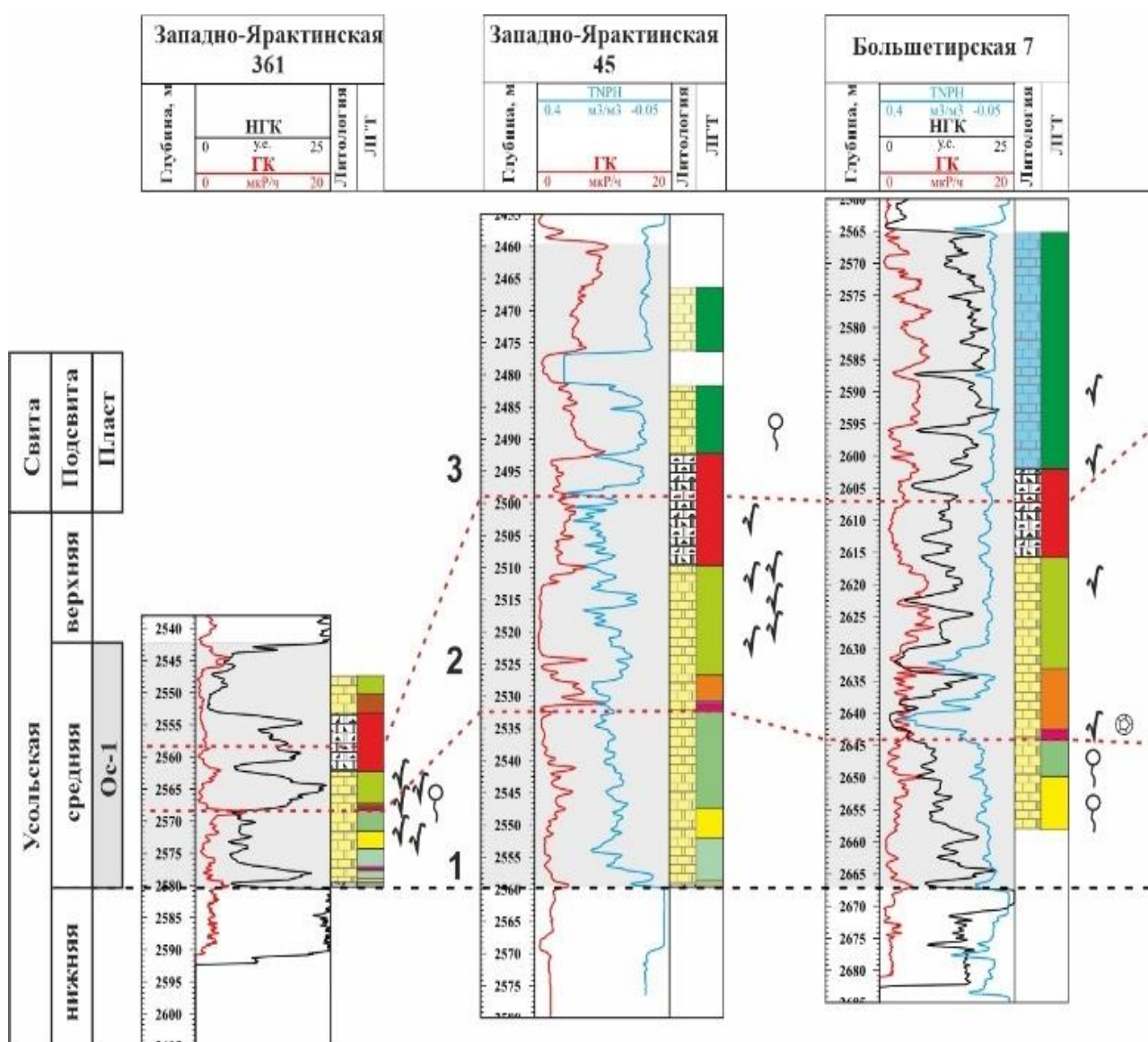


Рис. 2. Схема корреляции изученных скважин (начало)
 Fig. 2. Well survey correlation scheme (beginning)

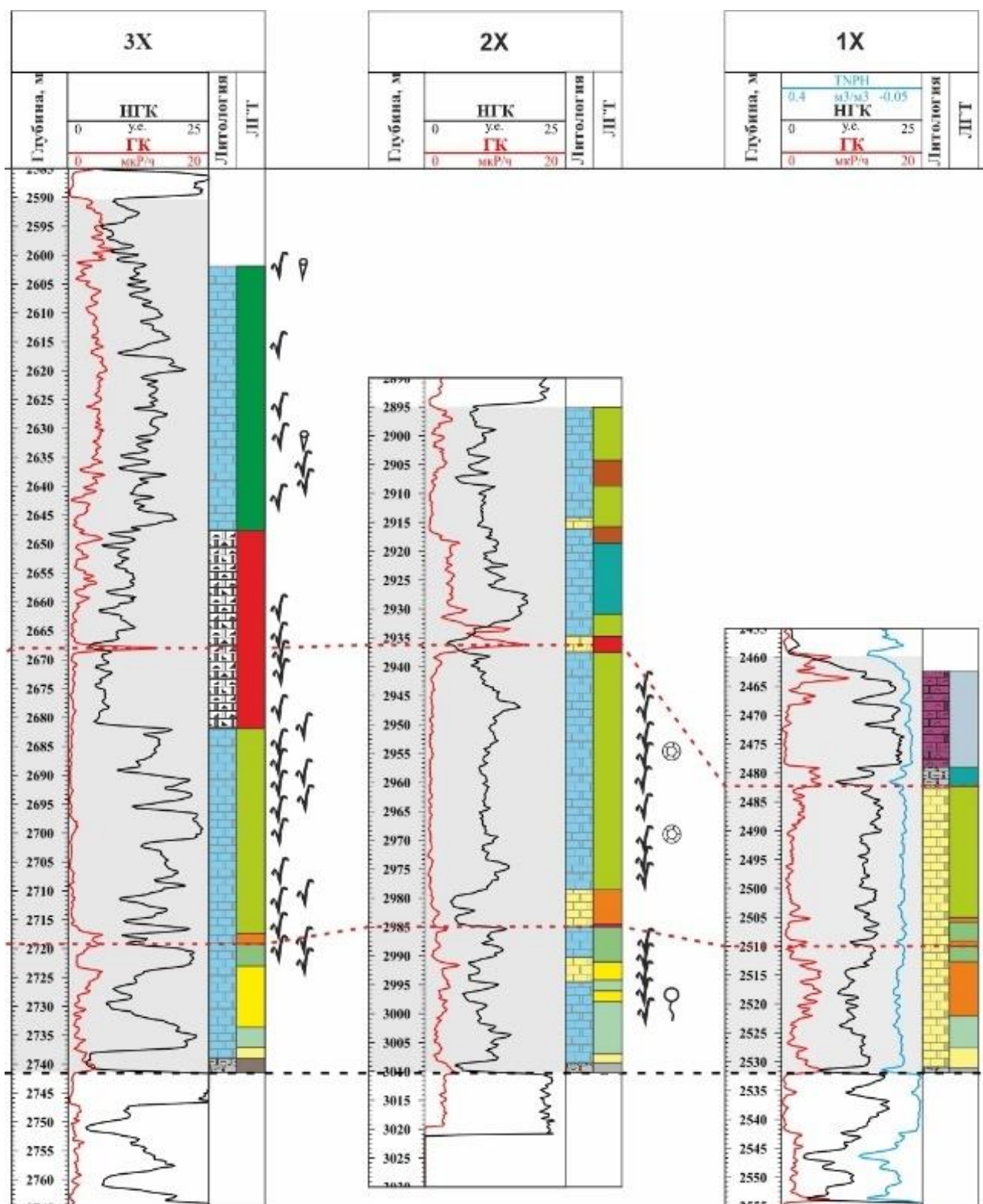


Рис. 3. Схема корреляции изученных скважин (продолжение)
 Fig. 3. Well survey correlation scheme (continuation)

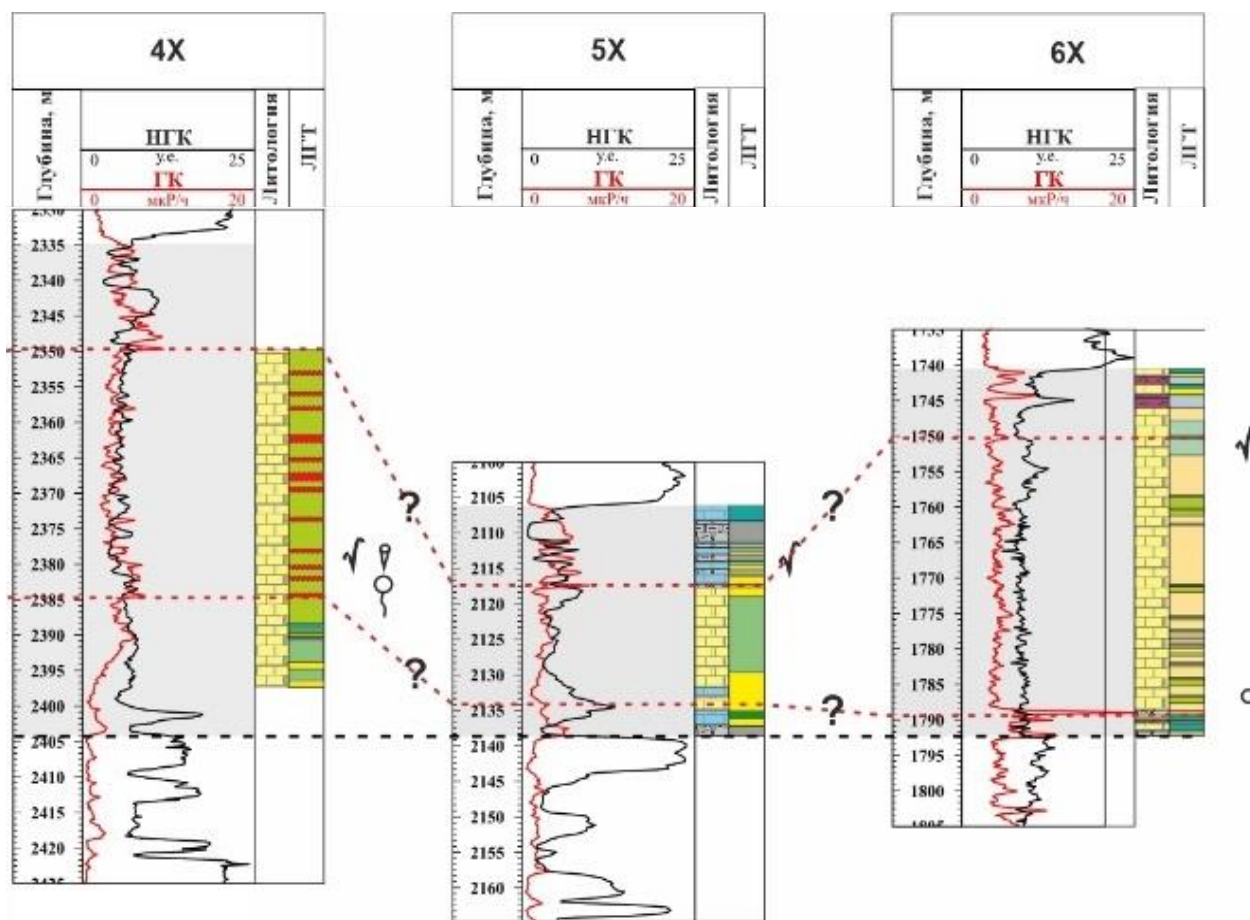


Рис. 4. Схема корреляции изученных скважин (окончание)
 Fig. 4. Well survey correlation scheme (ending)

Строение и условия формирования

Осинская подсвита имеет трехчленное строение и разделяется исследователями на три пачки, или секвенсы [1]. Далее по тексту авторы рассмотрят особенности строения каждой из пачек в зависимости от зоны шельфа.

Нижняя пачка (1) представлена известняками, реже доломитами (зернистыми, органогенными и обломочными) с прослоями карбонатно-глинистых и сульфатно-карбонатных пород. Накопление отложений происходило в условиях приливно-отливной равнины открытого мелководного шельфа. По керну диагностированы фации литорали и верхней (мелководной) sublиторали. Мощность пачки изменяется от первых метров до первых десятков метров. Вариации мощностей обусловлены унаследованным от предыдущего этапа рельефом дна и гидродинамическим режимом. Согласно схеме корреляции, показанной на (рис. 2–4), видно, что мощность отложений пачки в скважинах, попавших в зону краевой части карбонатной платформы, выше, чем в других

скважинах. При этом дифференциация зон оскопления еще не произошла.

Средняя пачка (2) представлена карбонатно-глинистыми и глинисто-карбонатными породами в глубоководной зоне, карбонатными (зернистыми, органогенными и обломочными) породами в краевой зоне и карбонатными (органогенными и зернистыми) в мелководной зоне. Накопление отложений связано со вторым этапом осадконакопления. В это время общая трансгрессия достигла максимума и способствовала активной дифференциации отложений шельфа в период седиментации осинского горизонта. Далее по тексту рассмотрим особенности строения пачки в различных зонах.

Глубоководная зона с одиночными биогермами. В разрезе одиночного биогерма преобладают органогенные и органогенно-обломочные доломиты и известняки слоистые и пятнистые водорослевые, микрофитолитовые, сгустково-комковатые. Мощность отложений значительно меньше, чем в зоне краевой части карбонатной платформы, так как скважина вскрыла краевую часть.

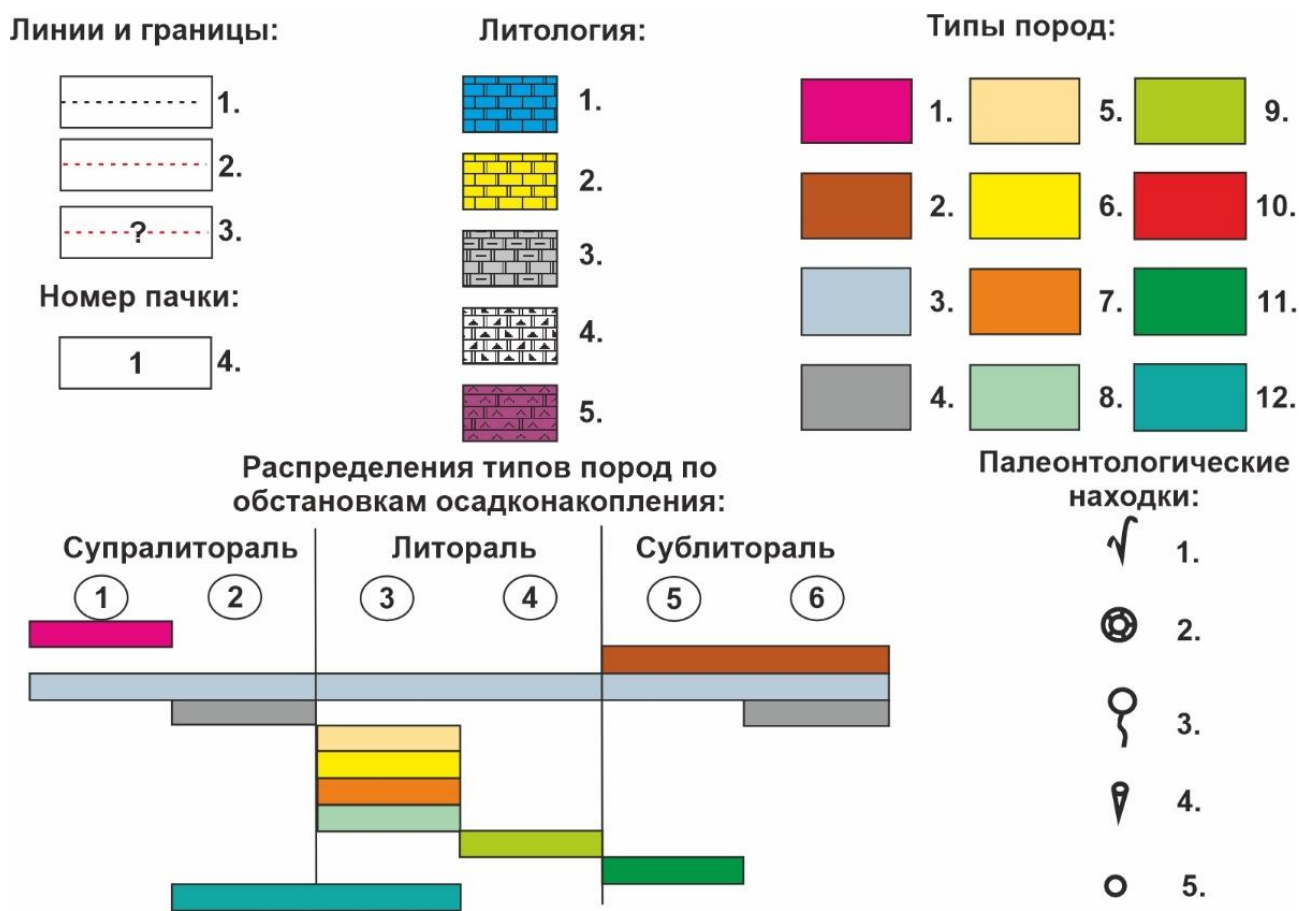


Рис. 5. Условные обозначения к рис. 2–4. Линии и границы: 1 – линия выравнивания, подошва осинской подсветы; 2 – достоверные границы пачек внутри осинской подсветы; 3 – предполагаемые границы пачек. Номер пачки (4). Литология: 1 – известняки доломитистые и доломитовые; 2 – доломиты известковистые и известковые; 3 – доломиты глинистые; 4 – карбонатные брекчии; 5 – ангидриты доломитистые и ангидриты. Типы пород: 1 – доломитовый плоско-галечный конгломерат; 2 – доломиты известковистые до известняков доломитистых, кристаллические, реликтивно мелкообломочные (грейнстоун); 3 – породы с несохранившейся первичной структурой; 4 – породы микритовые со структурой мадстоун; 5 – породы микрофитолитовые со структурой пактсоун; 6 – породы микрофитолитовые со структурой грейнстоун; 7 – породы реликтивно-мелкообломочные со структурой грейнстоун; 8 – породы реликтивно-микробальные со структурой баундстоун; 9 – породы органогенно-микробальные (цианобактериально-водорослевые), включая пластовые строматолиты или биоломиниты, со структурой баундстоун; 10 – карстовая щебенчато-глыбовая брекчия известняков доломитистых, галитистых и микробальных; 11 – породы микробально-водорослевые со структурой баундстоун; 12 – породы строматолитовые со структурой байндстоун. Распределения типов пород по обстановкам осадконакопления: 1 – субаэральный перерыв (супралитораль); 2 – себха на супралиторалях; 3 – верхняя литораль; 4 – нижняя литораль; 5 – верхняя sublittoral; 6 – нижняя sublittoral. Палеонтологические находки: 1 – известковые водоросли; 2 – археоцитаты; 3 – мелкокораквинная фауна; 4 – крибрицитаты; 5 – проблематика

Fig. 5. Symbols for Fig. 2–4. Lines and boundaries: 1 – alignment line, the sole of the Osinskaya subformation; 2 – reliable boundaries of bundles inside the Osinskaya subformation; 3 – assumed boundaries of bundles. Pack number (4). Lithology: 1 – dolomitic and dolomitic limestones; 2 – calcareous and calcareous dolomites; 3 – clay dolomites; 4 – carbonate breccias; 5 – dolomitic anhydrites and anhydrites. Types of rocks: 1 – dolomite flat-pebble conglomerate; 2 – dolomites calcareous to dolomitic limestones, crystalline, relict small-block (grainstone); 3 – rocks with non-preserved primary structure; 4 – micrite rocks with madstone structure; 5 – microphytolite rocks with paktsoun structure; 6 – microphytolite rocks with grainstone structure; 7 – relict-small-block rocks with grainstone structure; 8 – relict-microbial rocks with boundstone structure; 9 – organogenic-microbial rocks (cyanobacterial-algae), including stratified stromatolites or biolaminites, with a boundstone structure; 10 – karst crushed-block breccia of dolomitic, halitic and microbial limestones; 11 – microbial-algal rocks with a boundstone structure; 12 – stromatolite rocks with a bindstone structure. Distribution of rock types by sedimentation conditions: 1 – subaeral break (supralittoral); 2 – sebha on the supralittoral; 3 – upper littoral; 4 – lower littoral; 5 – upper sublittoral; 6 – lower sublittoral. Paleontological finds: 1 – calcareous algae; 2 – archaeocyates; 3 – small-scale fauna; 4 – cribricitates; 5 – problematic

Крайевая зона карбонатной платформы. В разрезе склоновой части доминируют обломочные и органические доломиты. Разрезы органических построек представлены главным образом доломитами и известняками органическими водорослевыми и микробными (баундстоунами), образующими каркасные постройки краевой зоны мощностью порядка 40–60 м. В скважинах Западно-Ярактинская 45, Большепетирская 7, 3X и 2X, как показано на рис. 2, в верхней части хорошо выражена и прослеживается по ГИС зона карста между 2 и 3 пачками мощностью до 20 м.

Мелководная зона в разрезе скважины 6X представлена доломитами зернистыми (преимущественно пакстоун) с прослоями баундстоунов. Формирование отложений происходило в приливно-отливных и супралиторальных условиях. Разделение на пачки в донном разрезе дискуссионно.

Верхняя пачка (3) представлена карбонатными и карбонатно-глинистыми обломочными, органическими, зернистыми породами, а также сульфатами. Накопление отложений связано с высоким и стабильным уровнем моря. Далее по тексту рассмотрим особенности строения пачки в различных зонах.

Глубоководная зона. В разрезе преобладают глинисто-карбонатные породы.

Крайевая зона карбонатной платформы. В разрезе склоновой части доминируют доломиты обломочные. Разрезы органических построек представлены главным образом известняками, реже доломитами органическими, образующими постройки мощностью порядка 30–50 м. Изменение в строении наблюдается в скважинах 2X и 1X. В 2X наблюдается переход на более мелководные отложения (переходный подтип). В переходном подтипе наблюдается наличие прослоев грейнстоунов от слаболоистых до кослоистых и пачка пластовых строматолитов с повышенными значениями гамма-каротажа. В скважине IX наблюдаются пластовые ангидриты, по-видимому, сформировавшиеся в изолированных условиях забарьерной лагуны.

Мелководная зона представлена карбонатными зернистыми породами с прослоями глинисто-карбонатных и ангидритов. Обстановки схожи со второй пачкой.

Биостратиграфическая характеристика

При микроскопическом изучении палеонтологических остатков зерна скважин осинской подсвиты усольской свиты раннего кембрия центральной и южной части НБА (скважины: Западно-Ярактинская № 45, 361, Большепетирская № 7X, 3X, 2X, 4X, 5X, 6X) отчетливо выделяются комплексы органических остатков (известковые водоросли, археоциаты, крибрициаты, мелкораквинная фауна) (рис. 6, 7). Проведенный палеонтологический и

биостратиграфический анализ подтверждает раннекембрийский возраст вмещающих отложений.

В отложениях, вскрытых скважиной Западно-Ярактинская № 45, ранее нами были обнаружены и определены остатки известковых водорослей (цианобактерий): *Renalcis polymorphum*, *Renalcis levis*, *Botomaella zelenovi*, *Epiphyton zonatum* Korde, *Epiphyton celsum*, *Epiphyton scapulum*, *Chabakovia ramosa*, *Chabakovia nodosa*, а также мелкораквинная фауна *Namacalathus* sp (рис. 6, фиг. 13). В скважине № 361 – известковые водоросли *Renalcis polymorphum*, *Renalcis granosus*, *Renalcis* sp, *Renalcis levis*, *Renalcis seriata*, *Korilophyton* sp (рис. 7, фиг. 15), *Chabakovia* sp и SSF *Namacalathus Grotzinger* (рис. 7, фиг. 12). С глубинами обнаруженных остатков можно познакомиться в публикации [2].

Скважина Большепетирская № 7. Археоциаты рода *Nochoroicyathus* Zhur. и известковые водоросли *Renalcis polymorphum*, *Renalcis gelatinosum*, *Renalcis granosum*, *Botomaella zelenovi*. Помимо этого, встречена мелкораквинная фауна рода *Namacalathus Grotzinger*, Watters et Knoll. [1].

Скважина 3X. Известковые водоросли: *Botomaella* sp (рис. 7, фиг. 3), *Epiphyton scapulum* (рис. 7, фиг. 4), *Epiphyton zonatum*, *Renalcis seriata* (рис. 7, фиг. 6, 7), *Renalcis polymorphus* (рис. 7, фиг. 8), *Renalcis granosus* (рис. 6, фиг. 9), *Renalcis levis* (рис. 7, фиг. 11), *Korilophyton inopinatum* (рис. 7, фиг. 10), *Tubophyllum viktorii* (рис. 7, фиг. 14), *Chabakovia* sp; крибрициаты: *Dubius uncatatus* (рис. 7, фиг. 1), *Ramifir angulosus* (рис. 7, фиг. 2), а также археоциаты отряда *Ayacyathida* (рис. 7, фиг. 5).

Скважина 2X. Известковые водоросли: *Renalcis polymorphus* (рис. 6, фиг. 5), *Renalcis seriata* (рис. 6, фиг. 14), *Vija* sp (рис. 6, фиг. 6), *Korilophyton* sp (рис. 6, фиг. 6); археоциаты (рис. 6, фиг. 1, 2, 13), мелкораквинная фауна *Namacalathus* sp (рис. 6, фиг. 3, 4).

Скважина 4X. Известковые водоросли: *Renalcis levis* (рис. 6, фиг. 10), *Renalcis seriata*, *Renalcis granosus*; крибрициаты: *Ramifir* sp (рис. 6, фиг. 12); мелкораквинная фауна *Namacalathus* sp.

Скважина 5X. Известковые водоросли: *Renalcis granosus*, *Renalcis polymorphus*, *Chabakovia* sp (рис. 6, фиг. 11).

Скважина 6X. Проблематика (фораминиферы?) *Archaeosphaera cambrica* (рис. 6, фиг. 8).

Представители мелкораквинной фауны рода *Namacalathus Grotzinger* характерны для эдиакарских отложений по всему миру [23–28]. Нами впервые они были обнаружены и описаны совместно с археоциатами в керне скважины Большепетирская № 7 [1], что говорит и о ее раннекембрийском возрасте.

Согласно полученным результатам исследования выявлена следующая приуроченность палеонтологических находок, представленная в таблице.

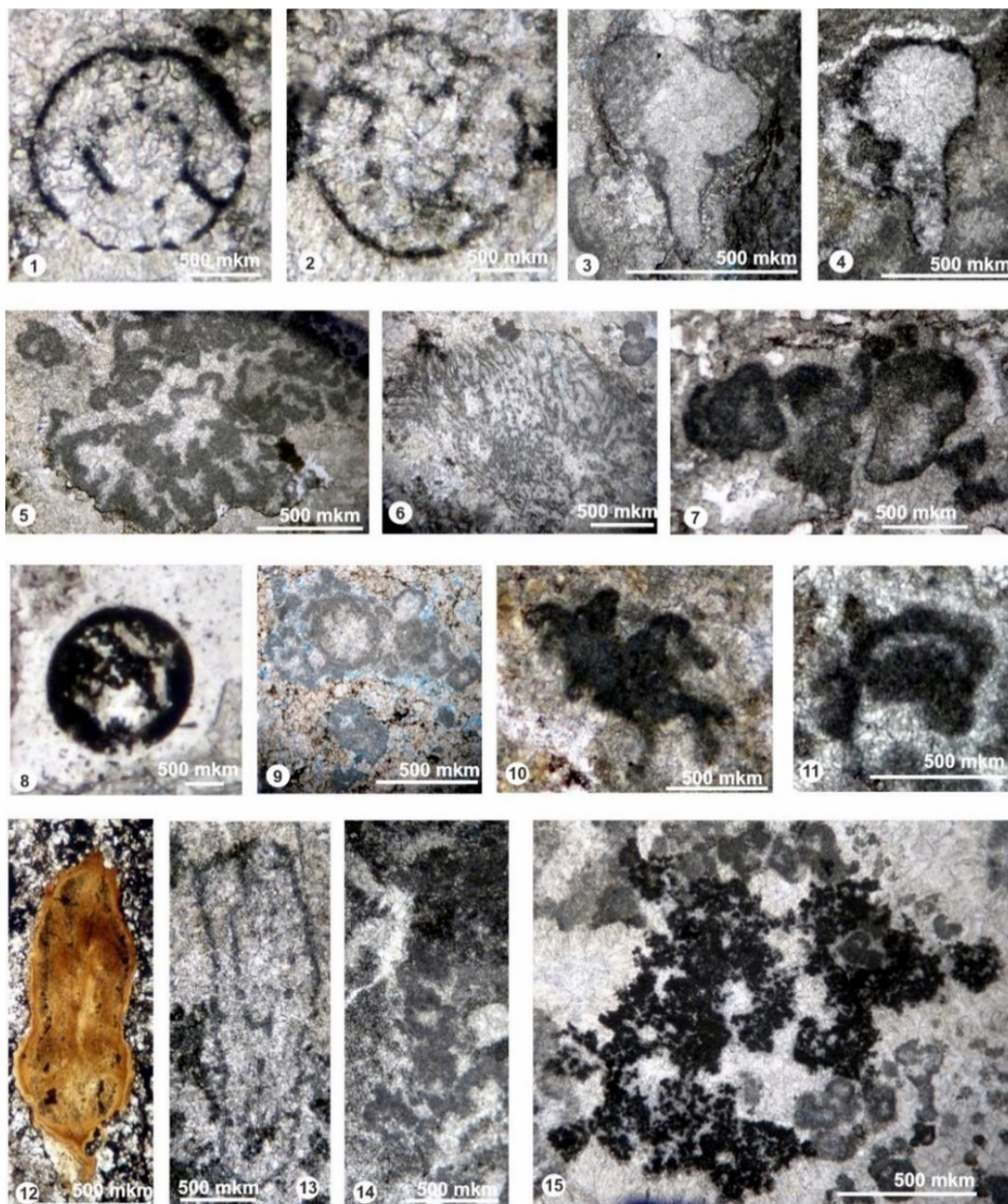


Рис. 6. Фототаблица палеонтологических находок из осинской подсвиты. Фиг. 1. *Archaeocyatha*. шл. № 132645 гл. 2955,52 м; Фиг. 2. *Archaeocyatha*. шл. № 132662 гл. 2969,57 м; Фиг. 3. *Namacalathus* sp. шл. № 132701 гл. 2997,68 м; Фиг. 4. *Namacalathus* sp. шл. № 132701 гл. 2997,68 м; Фиг. 5. *Renalcis polymorphus*. шл. № 132645 гл. 2955,52 м; Фиг. 6. *Bija* sp., *Korilophyton* sp. шл. № 132645 гл. 2955,52 м; Фиг. 7. *Renalcis granosus*. шл. № 129414 гл. 2113,80 м; Фиг. 8. *Archaesphaera cambrica*. шл. № 89 гл. 1787,63 м; Фиг. 9. *Renalcis seriata*, *Renalcis granosus*. шл. № 105698 гл. 23786,19 м; Фиг. 10. *Renalcis levis*. шл. № 105703 гл. 2379,33 м; Фиг. 11. *Chabakovia* sp. шл. № 129414 гл. 2113,80 м; Фиг. 12. *Ramifir* sp. шл. № 105703 гл. 2379,33 м; Фиг. 13. *Archaeocyatha*. шл. № 132664 гл. 2970,50 м; Фиг. 14. *Renalcis seriata*. шл. № 132685 гл. 2991,33 м; Фиг. 15. *Korilophyton* sp. шл. № 132662 гл.

Fig. 6. Photo table of paleontological finds from the Osinskaya subformation. Fig. 1. *Archaeocyatha*. schl. no. 132645 chl. 2955.52 m; Fig. 2. *Archaeocyatha*. schl. no. 132662 hl. 2969.57 m; Fig. 3. *Namacalathus* sp. shl. no. 132701 hl. 2997.68 m; Fig. 4. *Namacalathus* sp. shl. no. 132701 hl. 2997.68 m; Fig. 5. *Renalcis polymorphus*. fl. no. 132645 hl. 2955.52 m; Fig. 6. *Bija* sp., *Korilophyton* sp. sl. no. 132645 hl. 2955.52 m; Fig. 7. *Renalcis granosus*. fl. no. 129414 hl. 2113.80 m; Fig. 8. *Archaesphaera cambrica*. fl. no. 89 hl. 1787.63 m; Fig. 9. *Renalcis seriata*, *Renalcis granosus*. fl. no. 105698 hl. 23786.19 m; Fig. 10. *Renalcis levis*. fl. no. 105703 hl. 2379.33 m; Fig. 11. *Chabakovia* sp. fl. no. 129414 hl. 2113.80 m; Fig. 12. *Ramifir* sp. fl. no. 105703 hl. 2379.33 m; Fig. 13. *Archaeocyatha*. fl. no. 132664 hl. 2970.50 m; Fig. 14. *Renalcis seriata*. fl. no. 132685 hl. 2991.33 m; Fig. 15. *Korilophyton* sp. fl. no. 132662 hl.

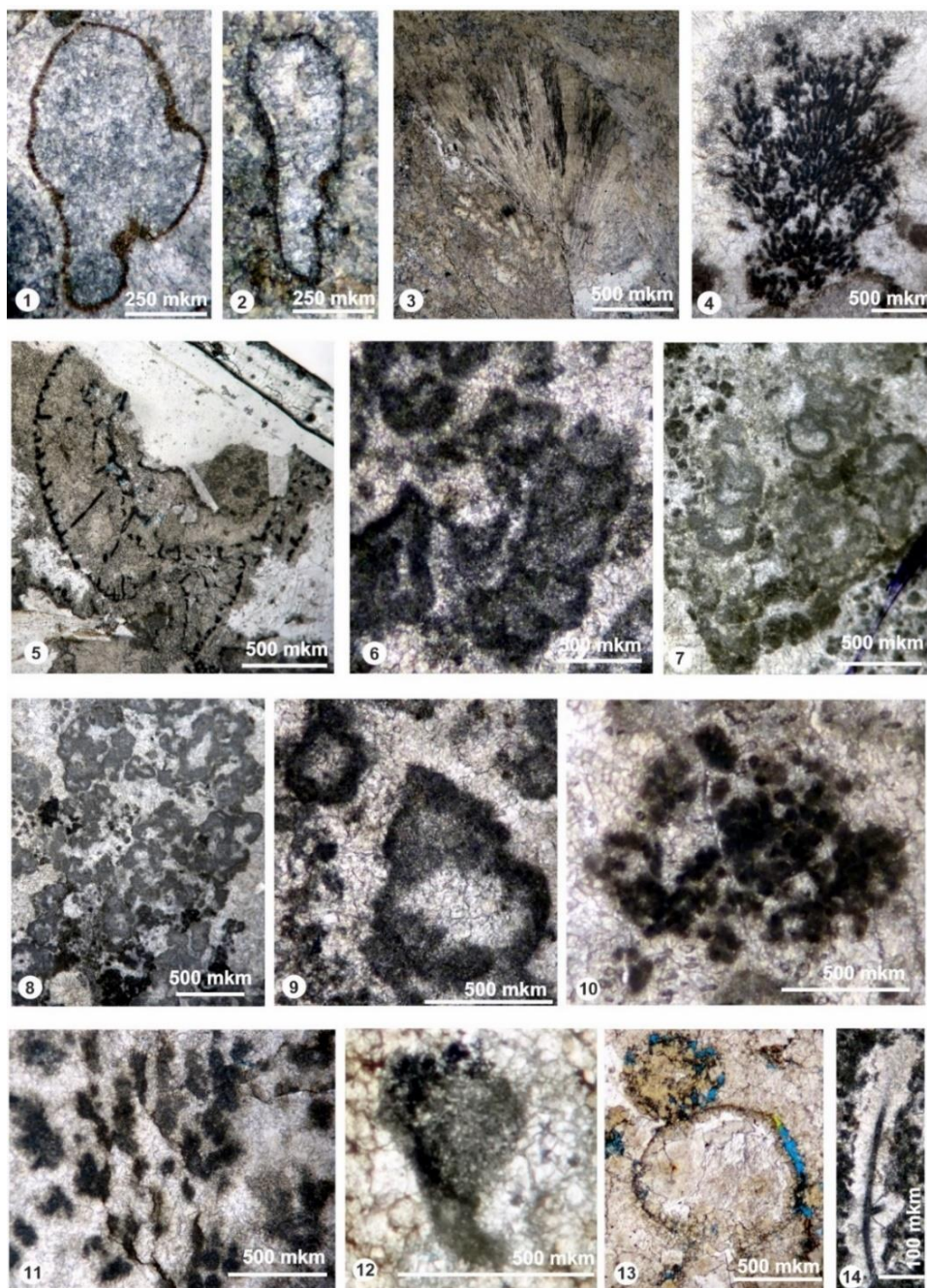


Рис. 7. Фототаблица палеонтологических находок из осинской подсвиты. Фиг. 1. *Dubius uncatus*. шл. № 140692 гл. 2602,69 м; Фиг. 2. *Ramifir angulosus*. шл. № 140724 гл. 2633,39 м; Фиг. 3. *Botomaella* sp. шл. № 140716 гл. 2626,54 м; Фиг. 4. *Epiphyton scapulm*. шл. № 140800 гл. 2684,48 м; Фиг. 5. *Archaeocyatha*. шл. № 140806 гл. 2688,80 м; Фиг. 6. *Renalcis seriata*. шл. № 140808 гл. 2690,65 м; Фиг. 7. *Renalcis seriata*. шл. № 140830 гл. 2712,42 м; Фиг. 8. *Renalcis polymorphus*. шл. № 140830 гл. 2712,42 м; Фиг. 9. *Renalcis granosus*. шл. № 140808 гл. 2690,65 м; Фиг. 10. *Korilophyton inopinatum*. шл. № 140802 гл. 2686,05 м; Фиг. 11. *Renalcis levis*. шл. № 140763 гл. 2661,59 м; Фиг. 12. *Namacalathus* sp. шл. № 118398 гл. 2567,65 м; Фиг. 13. *Namacalathus*. шл. № 110540 гл. 2488,72 м; Фиг. 14. *Tubophyllum viktorii*. шл. № 140814 гл. 2696,52 м. Фиг. 1–11, 14 – 3X. Фиг. 12 – Западно-Ярактинская 361; 13 – Западно-Ярактинская 45

Fig. 7. Photo table of paleontological finds from the Osinskaya subformation. Fig. 1. *Dubius uncatus*. shl. no. 140692 hl. 2602.69 m; Fig. 2. *Ramifir angulosus*. fl. no. 140724 hl. 2633.39 m; Fig. 3. *Botomaella* sp. fl. no. 140716 hl. 2626.54 m; Fig. 4. *Epiphyton scapulm*. fl. no. 140800 hl. 2684.48 m; Fig. 5. *Archaeocyatha*. fl. no. 140806 hl. 2688.80 m; Fig. 6. *Renalcis seriata*. fl. no. 140808 hl. 2690.65 m; Fig. 7. *Renalcis seriata*. shl. no. 140830 hl. 2712.42 m; Fig. 8. *Renalcis polymorphus*. fl. no. 140830 hl. 2712.42 m; Fig. 9. *Renalcis granosus*. vll. no. 140808 hl. 2690.65 m; Fig. 10. *Korilophyton inopinatum*. ch. no. 140802 ch. 2686.05 m; Fig. 11. *Renalcis levis*. ch. 140763 ch. 2661.59 m; Fig. 12. *Namacalathus* sp. ch. no. 118398 ch. 2567.65 m; Fig. 13. *Namacalathus*. ch. 110540 ch. 2488.72 m; Fig. 14. *Tubophyllum viktorii*. sch. no. 140814 hl. 2696.52 m. Figs. 1–11, 14 – 3X. Figs. 12 – Zapadno-Yaraktinskaya 361; 13 – Zapadno-Yaraktinskaya 45

Таблица. Приуроченность палеонтологических находок к макрофациям и пачкам

Table. Relevance of paleontological findings to macrophages and kidneys

Скважина Well	Макрофация Macrofation	Пачка Member	Палеонтологические находки/Paleontological finds
№ 361	Склоновая часть краевой зоны Slope part of the marginal zone	Нижняя Lower	Известковые водоросли <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis granosus</i> , <i>Renalcis sp</i> , <i>Renalcis levis</i> , <i>Renalcis seriata</i> , <i>Korilophyton sp</i> , <i>Chabakovia sp</i> , и <i>SSF Namacalathus Grotzinger</i> Calcareous algae <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis granosus</i> , <i>Renalcis sp</i> , <i>Renalcis levis</i> , <i>Renalcis seriata</i> , <i>Korilophyton sp</i> , <i>Chabakovia sp</i> , and <i>SSF Namacalathus Grotzinger</i>
№ 45	Краевая зона карбонатной платформы Marginal zone of the carbonate platform	Верхняя Upper	Остатки известковых водорослей (цианобактерий) <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis levis</i> , <i>Botomaella zelenovi</i> , <i>Epiphyton zonatum Korde</i> , <i>Epiphyton celsum</i> , <i>Epiphyton scapulum</i> , <i>Chabakovia ramosa</i> , <i>Chabakovia nodosa</i> ; мелкораконинная фауна <i>Namacalathus sp</i> Remains of calcareous algae (cyanobacteria) <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis levis</i> , <i>Botomaella zelenovi</i> , <i>Epiphyton zonatum Korde</i> , <i>Epiphyton celsum</i> , <i>Epiphyton scapulum</i> , <i>Chabakovia ramosa</i> , <i>Chabakovia nodosa</i> ; small crustacean fauna <i>Namacalathus sp</i>
№ 7		Средняя Medium	Археоциаты рода <i>Nochoroicyathus Zhur.</i> ; известковые водоросли <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis gelatinosum</i> , <i>Renalcis granosum</i> , <i>Botomaella zelenovi</i> ; мелкораконинная фауна рода <i>Namacalathus Grotzinger</i> , <i>Watters et Knoll</i> Archaeocyaths of the genus <i>Nochoroicyathus Zhur.</i> ; calcareous algae <i>Renalcis polymorphum</i> , <i>Renalcis gelatinosum</i> , <i>Renalcis granosum</i> , <i>Botomaella zelenovi</i> ; small crustacean fauna of the genus <i>Namacalathus Grotzinger</i> , <i>Watters et Knoll</i>
3X		Верхняя Upper	Крибрициатиды: <i>Dubius uncatus</i> , <i>Ramifir angulosus</i> ; археоциаты отряда <i>Ayacicyathida</i> . Известковые водоросли: <i>Botomaella sp</i> , <i>Renalcis levis</i> Cribriatids: <i>Dubius uncatus</i> , <i>Ramifir angulosus</i> ; archaeocyathids of the order <i>Ayacicyathida</i> . Calcareous algae: <i>Botomaella sp</i> , <i>Renalcis levis</i>
2X		Средняя Medium	<i>Epiphyton scapulum</i> , <i>Epiphyton zonatum</i> , <i>Renalcis seriata</i> , <i>Renalcis polymorphus</i> , <i>Renalcis granosus</i> , <i>Korilophyton inopinatum</i> , <i>Tubophyllum viktorii</i> , <i>Chabakovia sp</i> ; <i>Ayacicyathida</i>
		Средняя Medium	Известковые водоросли: <i>Renalcis polymorphus</i> , <i>Bija sp</i> , <i>Korilopyton sp</i> ; археоциаты Calcareous algae: <i>Renalcis polymorphus</i> , <i>Bija sp</i> , <i>Korilopyton sp</i> ; archaeocyaths
4X		Нижняя Lower	Мелкораконинная фауна <i>Namacalathus sp.</i> , <i>Renalcis seriata</i> Small crustacean fauna <i>Namacalathus sp.</i> , <i>Renalcis seriata</i>
	Средняя Medium	Известковые водоросли: <i>Renalcis levis</i> , <i>Renalcis seriata</i> , <i>Renalcis granosus</i> ; крибрициатиды: <i>Ramifir sp</i> ; мелкораконинная фауна <i>Namacalathus sp.</i> Calcareous algae: <i>Renalcis levis</i> , <i>Renalcis seriata</i> , <i>Renalcis granosus</i> ; Cribriatidae: <i>Ramifir sp</i> ; fine crustacean fauna <i>Namacalathus sp.</i>	
5X	Пиннаклы на относительно глубоководной зоне Pinnacles in a relatively deep-water area	Верхняя Upper	Известковые водоросли: <i>Renalcis granosus</i> , <i>Renalcis polymorphus</i> , <i>Chabakovia sp.</i> Calcareous algae: <i>Renalcis granosus</i> , <i>Renalcis polymorphus</i> , <i>Chabakovia sp.</i>
6X	Мелководная часть карбонатной платформы Shallow part of the carbonate platform	Средняя Medium	Проблематика (фораминиферы?) <i>Archaesphaera cambrica.</i> Problematics (foraminifera?) <i>Archaesphaera cambrica.</i>

Заключение

- Проведение региональных геологоразведочных работ на НБА позволило выделить, проследить и впервые описать три зоны осадконакопления – глубоководную, краевую и мелководную. Глубоководная зона характеризовалась некомпенсированным осадконакоплением с одиночными рифами. Локализовалась, по-видимому, в депрессионных впадинах и прогибах. Ее окаймляла краевая зона карбонатной платформы. Она характеризуется повышенными толщинами, связанными с площадными рифами. За ней располагалась мелководная зона, характеризующаяся средними и уменьшенными мощностями осинской подсвиты, карбонатным зернистым и

глинистым составом отложений с маломощными одиночными рифами. Краевая зона карбонатной платформы, имеющая протяженное распространение, не противоречит работам предшественников и согласуется с Чамбинско-Алтыбско-Мирнинской и Верхнетохомско-Катско-Пилюдинской зонами распространения рифоподобных органогенных построек [29].

- На примере изученных скважин описано строение трех пачек согласно литолого-фациальному профилю. Приведен авторский вариант проведения границ пачек. Перспективы обнаружения коллекторов в глубоководной зоне связаны с одиночными постройками. В краевой зоне связаны как с площадным биогермом, так и с отло-

жениями передового шлейфа (склоновыми отложениями). В мелководной зоне – как с детритовыми отложениями, так и с мелкими биогермами. Главным условием является отсутствие вторичного засоления и сульфатизации пустотного пространства коллекторов.

- Представлены данные приуроченности палеонтологических находок к выделенным зонам осадконакопления и пачкам. В формировании второй и третьей пачек, краевой зоны карбонатной платформы участвовали водоросли, диагностированные в баундстоунах, а значит автохтонные. Археоциаты диагностированы в детритовых карбонатных породах второй пачки (аллохтонные) в скв. № 7 и автохтонные в баундстоунах скв. 2X. Крибрициаты диагностированы в баундстоунах третьей пачки (автохтонные).
- Археоциаты, крибрициаты, намакалатусы, известковые водоросли, изученные из керна скважин Западно-Ярактинская № 45, 361, Большегирская № 7, 3X, 2X, 4X, 5X, 6X, являлись основными эдификаторами раннекембрийских ор-

ганогенных построек (биостромы, биогермы, биогермные массивы, рифогенные образования) [30]. Для этой биоты характерны небольшие глубины (первые десятки метров, фотическая зона) литорали–сублиторали. Полученные палеонтолого-биостратиграфические данные подтверждают и существенно дополняют результаты проведенного литолого-фациального исследования.

- Выделенные зоны осинского шельфа (относительно глубоководная, краевая часть и мелководная часть карбонатной платформы) в первую очередь отличаются характером захоронения организмов. В биогермах и биостромах мы находим в первую очередь автохтонную биоту. Зернистые осадки, в частности мелководной зоны, характеризуются аллохтонной биотой. Выделение биофаций для характеристики разных типов разреза затруднено неравномерной доломитизацией разреза. В известняках мы можем увидеть и определить больше биоты, чем в доломитах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Новые результаты комплексного литолого-фациального и биостратиграфического изучения осинского горизонта нижнего кембрия юга Сибирской платформы (Большегирская скв. 7) / Д.А. Токарев, А.В. Плюснин, А.А. Терлеев, Н.А. Иванова, И.В. Вараксина, А.В. Липянина // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2021. – № 2. – С. 11–20.
3. Токарев Д.А., Плюснин А.В., Терлеев А.А. Новые результаты комплексного литолого-фациального и биостратиграфического изучения осинского горизонта нижнего кембрия юга Сибирской платформы (скважины Западно-Ярактинские 45, 361) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 157–167.
4. 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.
5. Вишняков С.Г. Генетические типы доломитовых пород северо-западной окраины Русской платформы // Труды Геол. института АН СССР. – 1956. – № 4. – С. 209–225.
6. Киркинская В.Н. Смехов. Е.М. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. – Л.: Изд-во «Недра», 1981. – 255 с.
7. Кузнецов В.Г. Литология – основы общей (теоретической) литологии. – М.: Изд-во «Научный мир», 2011. – 360 с.
8. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация полученных данных. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – 289 с.
9. Теодорович Г.И. Аутигенные минералы осадочных пород. – М.: Изд-во «Гостоптехиздат», 1958. – 572 с.
10. 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.
11. Flügel E., Flügel-Kahler E. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base // Facies. – 1992. – Vol. 26. – P. 167–277.
12. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. – М.: Изд-во «Недра», 1980. – 463 с.
13. Einsele G. Sedimentary basins, evolution, facies and sediment budget. – Berlin: Springer-Verlag, 2000. – 792 p.
14. Stanley G. The history and sedimentology of ancient reef systems. – New York: Kluwer-Academic, 2001. – 458 p.
15. Catuneanu O. Principles of sequence stratigraphy. 2nd ed. – Amsterdam: Elsevier, 2022. – 486 p.
16. Ferreira D., Lupinacci W. Advanced techniques for 3d reservoir characterization: models for the Buzios field, Santos basin. – Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2022. – 116 p.
17. Tucker M.E. Shallow-marine carbonate facies and facies models Geological Society. – London, Special Publications, 1985. – Vol. 18. – P. 147–169.
18. Alonso-Zarza A.M., Tanner L.H. Carbonates in continental settings: facies, environments, and processes. – Amsterdam: Elsevier, 2010. – 381 p.
19. Мельников Н.В., Шабанов Ю.Я., Шабанова О.С. Стратиграфическая схема кембрийских отложений Туруханско-Иркутско-Олекминского региона Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – С. 863–875.
20. Жарков М.А., Хоментовский В.В. Основные вопросы стратиграфии нижнего кембрия и венда юга Сибирской платформы в связи с соленостью // Бюл. МОИП, Отд. геол. – 1965. – № 1. – С. 110–118.

21. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (стратиграфия, история развития). – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2009. – 146 с.
22. Фортунатова Н.К., Швец-Тэнэга-Гурий А.Г., Ларкин В.Н. Строение и перспективы нефтегазоносности венд-нижнекембрийских отложений Непско-Ботуобинской антеклизы и ее обрамления // Геология нефти и газа. – 2010. – № 5. – С. 54–61.
23. Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. Calcified metazonas in thrombolite-stromatolite reefs in the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia // *Paleobiology*. – 2000. – Vol. 26. – P. 334–359.
24. Carbonate reservoir as a source rock / G.N. Gordadze, M.V. Giruts, A.R. Poshibaeva, O.V. Postnikova, V.V. Poshibaev, O.A. Antipova, S.Yu. Rudakovskaya, V.N. Koshelev, V.G. Martynov // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. – 2018. – Vol. 11. – № 4. – P. 575–592. DOI: 10.17516/1998-2836-0101
25. Hofmann H.J., Mountjoy E.W. Namacalathus-Cloudina assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia: Canada's oldest shelly fossils // *Geology*. – 2001. – Vol. 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, биоистратиграфия, фациальный анализ: сборник научных трудов ИГиГ СО АН СССР / отв. ред. В.Н. Дубатов, Т.А. Москаленко. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1988. – 228 с.
28. Warren J.K. *Evaporites: a compendium*. – Berlin: Springer, 2016. – 1854 p.
29. Шемин Г.Г. Модель строения, условия формирования и перспективы нефтегазоносности с выделением объектов поисково-оценочных работ осинского горизонта Нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы // *Гео-Сибирь*. – 2008. – Т. 5. – С. 100–104.
30. Разрез переходных венд-кембрийских отложений восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) / 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.

Информация об авторах

Дмитрий Александрович Токарев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3; старший преподаватель кафедры исторической геологии и палеонтологии Геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета, Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1. Tokarevda@ipgg.sbras.ru

Алексей Владимирович Плюснин, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории седиментологии и эволюции палеобиосферы Тюменского Государственного университета, Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Ленина, 23, лаб. 14. a.v.plyusnin@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2386-0287>

Александр Анатольевич Терлеев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3. Terleevaa@ipgg.sbras.ru

Дмитрий Андреевич Староселец, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории седиментологии и эволюции палеобиосферы Тюменского Государственного университета, Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Ленина, 23, лаб. 14. d_star1997@mail.ru

Евгений Владимирович Никулин, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории седиментологии и эволюции палеобиосферы Тюменского Государственного университета, Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Ленина, 23, лаб. 14. nikulinev80@gmail.com

Игорь Викторович Афонин, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории структурной петрологии и минерогенеза, Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. heaven05@list.ru

Екатерина Андреевна Агашева, инженер-исследователь испытательной лаборатории «Аналитический центр геохимии природных систем», Томский государственный университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. ekaterinaagashева@gmail.com

Поступила в редакцию: 07.06.2023

Поступила после рецензирования: 14.06.2023

Принята к публикации: 21.02.2024

REFERENCE

1. 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 Russ.)
2. Tokarev D.A., Plyusnin A.V., Terleev A.A., Ivanova N.A., Varaksina I.V., Lipyanina 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 Bolshetirskaya no. 7). *Geology and mineral resources of Siberia*, 2021, vol. 2, pp. 11–20. (In Russ.)

3. Tokarev D.A., Plusnin A.V., Terleev A.A. New results of comprehensive lithologic-facial and biostratigraphic study of the Osin horizon of the Lower Cambrian of the southern Siberian platform (wells West Yaractinian 45, 361). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2022, vol. 333, no. 4, pp. 157–167. (In Russ.)
4. Tokarev D.A., Terleev A.A., Plusnin A.V. Calcareous algae (cyanobacteria) of the Usolian Formation of the Lower Cambrian of the southern Siberian Platform (new data on Ichedinskaya well No. 45). *Theoretical and applied aspects of paleontology. Materials of LXVII session of paleontological society at RAS. St.-Petersburg*, Vseghei Publ., 2021. pp. 82–84. (In Russ.)
5. Vishnyakov S.G. 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. (In Russ.)
6. Kirkinskaya V.N., Smekhov E.M. *Carbonate rock-reservoirs of oil and gas*. Leningrad, Nedra Publ., 1981. 255 p. (In Russ.)
7. Kuznetsov V.G. *Lithology – fundamentals of general (theoretical) lithology*. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2011. 360 p. (In Russ.)
8. Maslov A.V. *Sedimentary rocks: methods for studying and interpreting the data obtained*. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2005. 289 p. (In Russ.)
9. Teodorovich G.I. *Autigenic minerals of sedimentary rocks*. Moscow, Gostoptehizdat Publ., 1958. 572 p. (In Russ.)
10. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to deposition texture. *Classification of Carbonate rocks. Symposium Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* Tulsa, 1962. pp. 108–121.
11. Flügel E., Flügel-Kahler E. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base. *Facies*, 2003, vol. 26. pp. 167–277.
12. Wilson J.L. *Carbonate facies in geological history*. Moscow, Nedra Publ., 1980. 463 p. (In Russ.)
13. Einsele G. *Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2000. 792 p.
14. Stanley G. *The history and sedimentology of ancient reef systems*. New York, Kluwer Academic, 2001. 458 p.
15. Catuneanu O. *Principles of sequence stratigraphy*. 2nd ed. Amsterdam, Elsevier Publ., 2022. 486 p.
16. Ferreira D., Lupinacci W. *Advanced techniques for 3d reservoir characterization: models for the Buzios field, Santos basin*. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2022. 116 p.
17. Tucker M.E. *Shallow-marine carbonate facies and facies models* Geological Society. London, Special Publications, 1985. Vol. 18, pp. 147–169.
18. Alonso-Zarza A.M., Tanner L.H. *Carbonates in continental settings: facies, environments, and processes*. Amsterdam, Elsevier, 2010. 381 p.
19. Melnikov N.V., Shabanov Yu.Ya., Shabanova O.S. Stratigraphic scheme of the Cambrian deposits of the Turukhano-Irkutsko-Olekminsky region of the Siberian Platform. *Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51. pp. 863–875. (In Russ.)
20. Zharkov M.A., Khomentovsky V.V. Basic issues of the Lower Cambrian and Vendian stratigraphy of the South Siberian Platform in relation to salinity. *Bulletin of the MEP, Department of Geology*, 1965, no. 1, pp. 110–118. (In Russ.)
21. Melnikov N.V. *Vendian-Cambrian saline basin of the Siberian platform (stratigraphy, development history)*. Novosibirsk, Siberian Branch of RAS Publ. House, 2009. 146 p. (In Russ.)
22. Fortunatova N.K., Shvets-Teneta-Guriy A.G., Larkin V.N. Structure and prospects of oil and gas potential of the Vendian-Lower Cambrian deposits of the Nepa-Botuoba anteclise and its framing. *Geology of Oil and Gas*, 2010, vol. 5, pp. 54–61. (In Russ.)
23. Grotzinger J.P., Watters W.A., Knoll A.H. Calcified metazonas in thrombolite-stromatolite reefs in the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia. *Paleobiology*, 2000, vol. 26, pp. 334–359.
24. Gordadze G.N., Giruts M.V., Poshibaeva A.R., Postnikova O.V., Poshibaev V.V., Antipova O.A., Rudakovskaya S.Yu., Koshelev V.N., Martynov V.G. Carbonate reservoir as a source rock. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 575–592.
25. Hofmann H.J., Mountjoy E.W. Namacalathus-Cloudina assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia: Canada's 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 conference*. Novosibirsk, 30 July – 02 August, 2011. pp. 96–98.
27. *Calcareous algae and stromatolites: systematics, biostratigraphy, facial analysis*. Eds. V.N. Dubatolov, T.A. Moskalenko. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988. 228 p. (In Russ.)
28. Warren J.K. *Evaporites: a compendium*. Berlin, Springer, 2016. 1854 p.
29. Shemin G.G. Model of structure, formation conditions and prospects of oil and gas bearing capacity with allocation of objects of prospecting and evaluation works of Osinskiy horizon of Lower Cambrian of central regions of Siberian platform. *Geo-Siberia*, 2008, vol. 5, pp. 100–104.
30. 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 (according to the results of drilling of the parametric well Vostok-3). *Geology and Geophysics*, 2008, no. 12, pp. 1238–1247. (In Russ.)

Information about the authors

Dmitry A. Tokarev, Cand. Sc., Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, 3, Academician Koptyug avenue, Novosibirsk, 630090, Russian Federation; Senior Lecturer, Novosibirsk State University, 1 Pirogov street, Novosibirsk, 630090, Russian Federation. Tokarevda@ipgg.sbras.ru

Aleksey V. Plusnin, Cand. Sc., Senior Researcher, University of Tyumen, 23, lab. 313, Lenin street, Tyumen, 625003, Russian Federation. a.v.plusnin@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2386-0287>

Alexander A. Terleev, Cand. Sc., Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, 3, Academician Koptyug avenue, Novosibirsk, 630090, Russian Federation. Terleevaa@ipgg.sbras.ru

Dmitry A. Staroselets, Postgraduate Student, Laboratory Researcher, University of Tyumen, 23, lab. 313, Lenin street, Tyumen, 625003, Russian Federation. d_star1997@mail.ru

Evgeniy V. Nikulin, Postgraduate Student, Laboratory Researcher, University of Tyumen, 23, lab. 313, Lenin street, Tyumen, 625003, Russian Federation. nikulinev80@gmail.com

Igor V. Afonin, Cand. Sc., Senior Researcher, Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation. heaven05@list.ru

Ekaterina A. Agasheva, Research Engineer, Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation. ekaterinaagasheva@gmail.com

Received: 07.06.2023

Revised: 14.06.2023

Accepted: 21.02.2024