

П. Н. Колосов¹, С. С. Рожин²

Биохемотрозные микрорфитолиты неопротерозоя среднего течения реки Лены

¹Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия

²СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Аннотация. В неопротерозойских отложениях юго-востока Сибирской платформы микрорфитолиты (онколиты и катаграфии) распространены весьма широко. Биохемотрозная (растительно-литогенная) их природа оставалась недостаточно обоснованной фактическим материалом. Тем не менее многими специалистами они использовались как палеобиологические объекты в обосновании возраста отложений. В осадочных карбонатных породах неопротерозоя среднего течения р. Лены микрорфитолиты также широко распространены, и они оказались пригодными для выяснения их природы. Многие из них, например, названные «*osagia tenuilamellata*» похожи на оолиты и другие карбонатные зёрна хемотрозного происхождения, от которых их нередко трудно отличить без детальных исследований природы. В онколитах и катаграфиях неопротерозоя среднего течения р. Лены в разрезах каланчевской, ченчинской и тинновской свит, обнаруженных в районе Уринского поднятия, обнаружены шаровидные и нитевидные микроорганизмы, которые предположительно являются фотосинтезирующими цианобактериями. Они представлены обызвествленными клетками и нитевидными формами и впервые указывают на биохемотрозную природу микрорфитолитов неопротерозоя, а не хемотрозную. Полученные результаты могут быть использованы при выяснении фациальных условий осадконакопления, с которыми в Предплатомском прогибе связано прогнозирование потенциальных карбонатных коллекторов нефти и газа в разрезе неопротерозоя.

Ключевые слова: карбонатные зёрна, биохемотрозная природа, микрорфитолиты, онколиты, катаграфии, микроорганизмы, цианобактерии, водоросли, неопротерозой, Сибирская платформа.

Исследование выполнено по государственному заданию ИГАБМ СО РАН и при финансовой поддержке Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова.

DOI

КОЛОСОВ Петр Николаевич – д. геол.-минерал. н., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, главный научный сотрудник.

E-mail: p_kolosov@diamond.ysn.ru

КОЛОСОВ Petr Nikolaevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute SBRAS.

РОЖИН Степан Степанович – к. геол.-минерал. н., доцент СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: roshin-stepan@rambler.ru

ROZHIN Stepan Stepanovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

P. N. Kolosov¹, S. S. Rozhin²

Biochemogenic microfitolites of the Neoproterozoic of the middle course of the Lena river

¹Diamond and Precious Metal Geology Institute SBRAS, Yakutsk, Russia

²M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract. Microfitolites (oncolites and catagraphites) are very widespread in the Neoproterozoic deposits of the south-east of the Siberian platform. Their biochemogenic (vegetable-lithogenic) nature remained insufficiently proven by factual material. However, many experts have used them as paleobiological objects in order to prove the age of deposits. In the sedimentary carbonate rocks of the Neoproterozoic of the middle course of the Lena river, and microfitolites are suitable for identifying their nature. Many of them, for example, named "osadia tenuilamellata" are similar to oolites and other carbonate grains of chemogenic origin, and it is often difficult to distinguish them without detailed studies of nature. In oncolites and catagraphites of the Neoproterozoic of the middle course of the Lena river, in sections of the Kalanchevskaya, Chenchinskaya and Tinnovskaya formations exposed near the Urinsk uplift, spherical and thread-like microorganisms are found, which presumably are photosynthetic cyanobacteria. They are represented by calcified cells and thread-like forms, and for the first time point to biochemogenic nature of microfitolites of the Neoproterozoic, but not chemogenic, as is customary in some publications. The obtained results can be used to clarify the facies conditions of sedimentation, which in the Pre-Patom trough are associated with the prediction of potential carbonate reservoirs (intermediate sources) of oil and gas in the section of the Neoproterozoic.

Keywords: carbonate grains, biochemogenic nature, microfitolites, oncolites, catagraphites, microorganisms, cyanobacteria, algae, Neoproterozoic, Siberian platform.

Введение

Неприкрепленные концентрически-слоистые карбонатные зёрна, образование которых происходит при участии микроорганизмов, Пиа (Pia) обозначил термином «oncolithi» (онколиты) [1]. По В. П. Маслову онколиты: «Свободно лежащие на дне и переворачивающиеся течением округлые водорослевые желваки, ... делятся формально на макро- и микроонколиты. ... Происхождение многих онколитов связывается не только с биогенным отложением карбоната, но и с химическим. ... Osagia ... по существу является неправильным макропизолитом. Но в Osagia часто можно встретить и строматолитовые структуры, чем он отличается от оолитов чисто химического происхождения» [2, с. 92]. Онколиты нередко трудно отличить от оолитов [2, 3], поэтому коротко приведем некоторые основные понятия о строении, формах и размерах оолитов и им подобных карбонатных зёрен. В учебнике по петрографии осадочных

пород указано, что «образования, на первый взгляд очень похожие на типичные оолиты, известковые, но без концентрического строения и центрального ядра, часто называют псевдооолитами или оолитоидами» [4, с. 157]. Дж. Уилсон считает, что ооиды образуются в результате постоянного движения воды от умеренной до сильной интенсивности [5]. По Дж. Гринсмицу оолиты или ооиды обладают диаметром 1 мм или менее, а пизолиты – более 2 мм и имеют более сложный генезис (состоят из чередующихся слоёв серого, богатого органикой арагонита) [6]. Э. Хэллем пишет, что пока нет данных о происхождении специфических деформированных оолитов, часто с крючкообразными соединениями, известных как спастолиты [7]. Последние по В. К. Головёнок [8] являются результатом растворения онколитов и оолитов по сутурным поверхностям: возникают «хвостатые» образования – структуры типа «medullarites» по Л. И. Нарожных [9]. Согласно Р. К. Селли ооиды и оолиты – отороченные зёрна, а пизолиты и онколиты – это те же отороченные зёрна, но первые имеют диаметр в несколько миллиметров, а вторые обладают неправильной формой и размером до 5-6 см в диаметре, а также имеют прерывистые концентрические слойки (прерывистое перекачивание), образующиеся за счёт цианобактерий [10]. В противоположность оолитам они служат индикаторами низкоэнергетических обстановок. Пизолиты – зубчатые зёрна, «образовавшиеся, вероятно, в результате биохимического отложения водорослевых инкрустаций» [11, с. 154]. Отложения органогенного происхождения, образование которых произошло в результате формирования строматолитов, онколитов, биопленок, тромболитов (сгустки микробального происхождения, сложенные микрозернистым карбонатным материалом), В. Г. Кузнецов именуется термином «микробиолиты» [12].

Между оолитами и онколитами существуют переходные формы [13-15]. Е. А. Рейтлингер [13], З. А. Журавлева [16] и другие исследователи некоторые формы (например «*osagia tenuilamellata*»), трудно отличимые от оолитов, не приводя доказательств участия в их образовании микроорганизмов, приняли за онколиты группы «*osagia*». Термин «осагия» ввел У. Твенхофел (Twenhofel): возникшие при участии микроорганизмов округлые желваки различных размеров с концентрической слоистостью [17]. Под термином «катаграфии» В. П. Маслов [18, 2] понимал неслоистые или неяснослоистые сгустковые образования с облакообразной или неправильно-извилистой внешней формой. Генетически немного сходные карбонатные зерна (онколиты и катаграфии) И. К. Королук [19] объединила термином «микробиолиты».

Лучше всего выяснена природа онколитов палеозоя по материалам США [20] и Прибалтики [21], а также Урала и Приуралья [22]. В этих регионах установлены онколиты, образовавшиеся при участии водорослей и цианобактерий (рода *Girvanella* и других). Кроме того, выяснено, что морфологически сходные онколиты, как и строматолиты, образуются в принципиально различных условиях [22]. Ранее было установлено, что морфология карбонатных зерен, образующихся при участии водорослей и цианобактерий, в основном определяется условиями осадконакопления [23-26].

На Сибирской платформе широко распространен карбонатный тип разреза неопротерозоя, что связано с расцветом известковистых цианобактерий и водорослей, осаждающих карбонаты в стадию седиментации [25, 27, 28]. Помимо строматолитов обилие в нем следов жизнедеятельности микроорганизмов в форме микробиолитов (онколитов и катаграфий) хорошо известно по многочисленным публикациям отечественных исследователей многих НИИ в 1960-1980-х гг. [И. К. Королук, Е. А. Рейтлингер, З. А. Журавлева, Л. И. Нарожных, В. Е. Мильштейн, Г. А. Воронцова, М. С. Якшин и др.]. Результаты работ тех лет по этим группам использовались в стратиграфии неопротерозоя региона. Они оказались вполне приемлемыми как маркеры при корреляции отложений в пределах структурно-фациальных зон. В регионе недостаточно обоснованной фактическим материалом остается биохемотропная

(растительно-литогенная) природа микрофитоцитов неопротерозоя. Не наблюдая в них ни клеток, ни нитей, утверждалось [16] об отложении карбоната вокруг нитей водорослей. находка в микрофитоцитах микроорганизмов простой морфологии позволяет лишь предположительно утверждать об их образовании при участии цианобактерий, т. к. например, примитивные красные водоросли по внешнему виду близки к цианобактериям. Одна из задач в области микропалеонтологии докембрия, поставленная в 1988 г. резолюцией XXXIV сессии Всесоюзного палеонтологического общества: «расширить изучение микрофоссилий в карбонатных породах» – остается актуальной. Ее решение непосредственно связано с поисками определенных остатков жизни в микрофитоцитах и строматолитах.

Объект и материал

Разрез неопротерозоя Уринского поднятия по р. Лене, на участке между д. Джерба и с. Мача – один из опорных в регионе, единственный наиболее полный, хорошо обнаженный и легко доступный на юго-западе Якутии – крупном нефтегазоносном районе. Многие свиты (особенно каланчевская, ченчинская и тинновская) в нем представлены известняками и доломитами, всюду содержат множество в разной степени сохранившихся карбонатных зерен. Состояние вопроса о природе этих зерен таково, что одни исследователи считают все или почти все зернистые карбонатные породы в упомянутых свитах оолитовыми, сферолитовыми, пизолитовыми и комковатыми образованиями [например, 29] только уринские, но и вообще докембрийские карбонатные онколиты и сходные с ними образования – сингенетическими конкрециями, не имеющими принципиальных отличий от современных оолитов и пизолитов [30]. Другие учёные считают упомянутые зернистые карбонатные породы онколитовыми и катаграфиевыми, хотя их природа оставалась невыясненной. При этом самим микрофитоцитам присваивают латинские бинарные названия, как принято для биологических таксонов [например, 13, 16, 31, 32]. Онколиты и катаграфии являются биохомогенными образованиями, а не группами организмов, поэтому не следует присваивать им латинские бинарные названия [18, 27].

Исходя из изложенного выше, целью настоящей статьи является выяснение на хорошо сохранившемся фактическом материале вопроса: какие карбонатные зерна в действительности имеют биохомогенную природу, т. е. являются микрофитоцитами – образованиями, возникшими при участии микроорганизмов. От этого зависят возможности использования их в выяснении фациальных условий осадконакопления, а также в прогнозировании карбонатных коллекторов нефти и газа.

Методы исследования

Для выяснения природы неопротерозойских микрофитоцитов среднего течения р. Лены авторами исследованы образцы (более 300), собранные в разные годы во время полевых экспедиций П. Н. Колосова. В Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН из них было изготовлено 296 прозрачных шлифов и 43 аншлифа. Поиск, изучение и фотографирование онколитов и микроорганизмов произведены: в проходящем свете при помощи микроскопа Axioskop 4 при увеличениях 5, 10, 20 и 50 раз; стереоскопического микроскопа Olympus SZX 12, при увеличениях от 10 до 90 раз с фотографированием на цифровую фотокамеру Olympus C 5060 с матрицей 5.1 мегапикселей при комбинированном освещении; аншлифы и прозрачные шлифы без покровного стекла напылялись золотом и изучались при помощи сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM – 6480LV в режиме высокого вакуума, ускоряющее напряжение 10 кВ, размер диафрагмы – 2, сигнал SEI, рабочее расстояние – 10 мм.

Результаты исследования

Приведем фактический материал, результаты исследования которого свидетельствуют

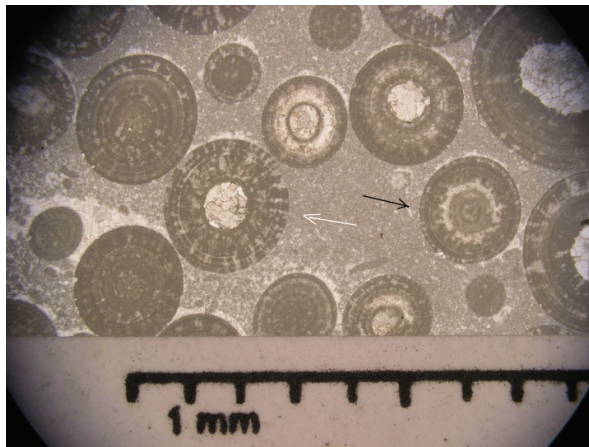


Рис. 1. Онколиты ченчинской свиты. Онколиты в разных сечениях. Ядро (белая стрелка) в сечении по центру. Один из онколитов (черная стрелка) демонстрируется на рис. 2

о биохемотренной природе микрофитолитов неопротерозоя среднего течения р. Лены. Скала Хопчаайы на левом берегу р. Лены ниже устья руч. Дабаан представляет собой обнажение никольской и ченчинской свит неопротерозоя. В ченчинской свите в слое серого органогенного пелитоморфного известняка присутствуют макроскопически хорошо видимые шаровидные зерна диаметром 2,0-3,5 мм. В прозрачном шлифе № 352-68а из образца этого известняка видно, что эти зерна имеют четкую весьма тонкую концентрическую слоистость, обусловленную постоянным их перекатыванием. Одно из зерен, детально изученное (рис. 1), начало формироваться вокруг агрегата карбонатных кристаллов размерами 0,2-0,4 мм.

На этот агрегат кристаллов вселились микроорганизмы (предположительно цианобактерии), которые представлены в темных слоях, нараставших зерно. При этом происходило их чередование со светлыми концентрическими слоями, представляющими собой угнетение, ослабление в росте микроорганизмов в связи с изменениями условий в среде их обитания. С улучшением условий микроорганизмы росли дальше, и в итоге образовались короткие, радиально расположенные темные нити («лучи») разной толщины. В поперечном сечении они видны как мельчайшие комки (рис. 2).

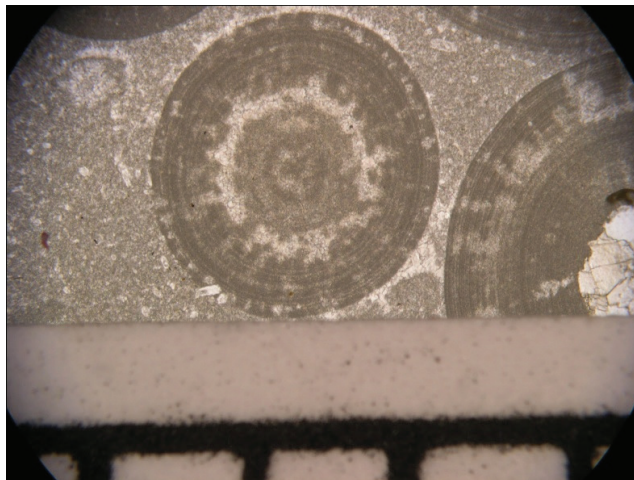


Рис. 2. Онколит. Касательный срез, видны поперечные сечения темных нитей («лучей») в виде мельчайших комков

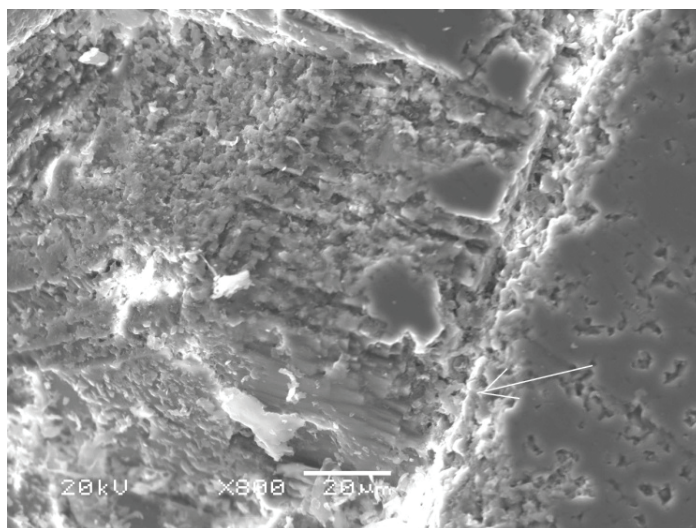


Рис. 3. Призматические кристаллы арагонита в онколите

Другим доказательством присутствия в ченчинской свите карбонатных зерен биохемогенного происхождения, т. е. онколитов, является присутствие в них призматических кристаллов арагонита (рис. 3), нередко встречающихся в несомненно органогенно-седиментационного происхождения строматолитах и онколитах, а также в раковинах некоторых организмов.

В шлифах из других образцов известняков из той же ченчинской свиты также многочисленны мелкие карбонатные зерна. Они состоят из чередующихся темных и светлых концентрических слоев. В шлифе № 350-68а (рис. 4) в темных слоях наблюдаются мельчайшие шаровидные зерна – фоссилизированные клетки цианобактерий, однозначно свидетельствующие о биохемогенном происхождении данного карбонатного зерна, т. е. оно является онколитом.

Цианобактерии нередко участвуют в образовании катаграфий (шлифы из образца № 598-68б, рис. 5 и 6): короткие извилистые ряды клеток наблюдаются в них и за их пределами.

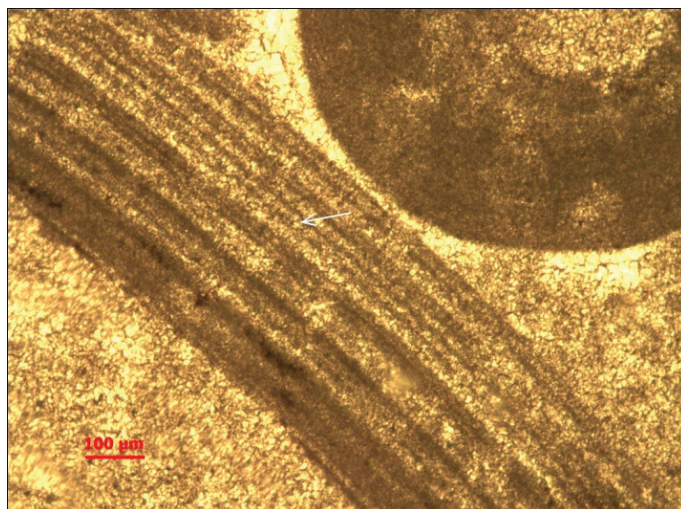


Рис. 4. Чередующиеся темные и светлые слои онколита

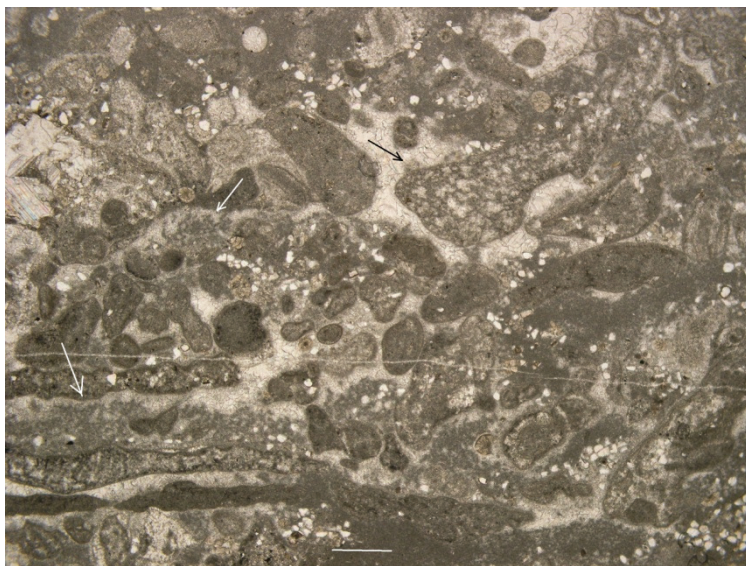


Рис. 5. Катаграфии, образовавшиеся при участии цианобактерий (черная стрелка), присутствующих также и вне катаграфий (белая стрелка). Длина шкалы 0,5 мм

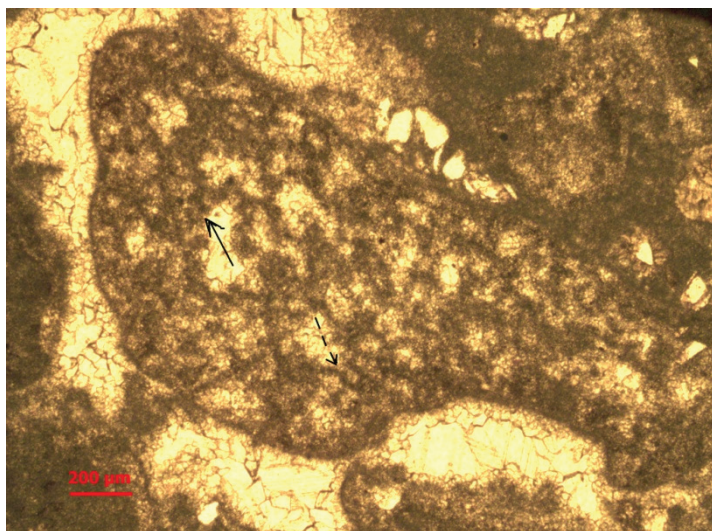


Рис. 6. Катаграфия в известняках ченчинской свиты. Вся форма состоит из коротких темных рядов (прерывистая стрелка) шаровидных клеток (сплошная стрелка) цианобактерий

Каланчевская свита хорошо обнажена выше по течению р. Лены (скала «Каланча»). Осадконакопление происходило в гидродинамически активной среде. На это указывает присутствие в разрезе большого количества крупных (в диаметре 1-3 см) онколитов. Они имеют четкую концентрическую слоистость, что является свидетельством постоянного их переворачивания, перекачивания течениями и волнами. Онколиты и катаграфии каланчевской свиты преимущественно перекристаллизованные, микроорганизмы, участвовавшие в их формировании, нередко оказываются полностью разложившимися в темное органическое вещество (рис. 7).

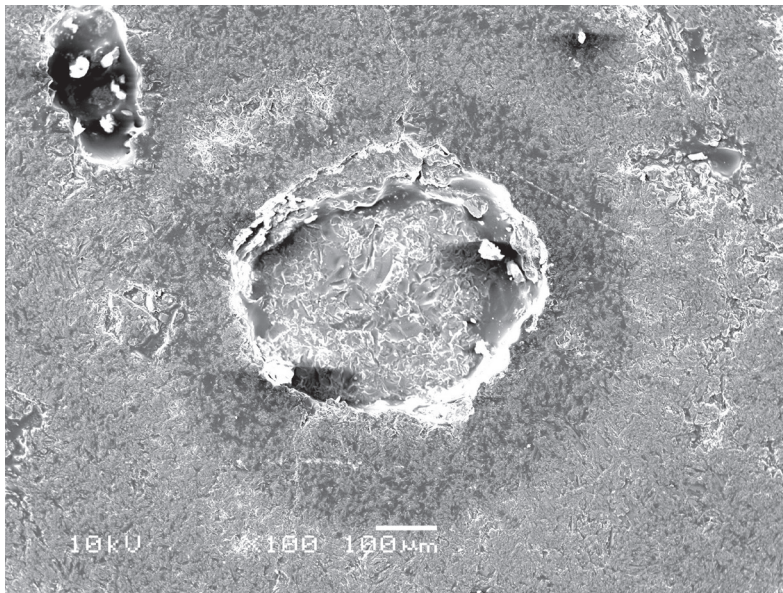


Рис. 7. Онколит в перекристаллизованном доломите каланчевской свиты. Вместо остатков микроорганизмов наблюдается темное органическое вещество

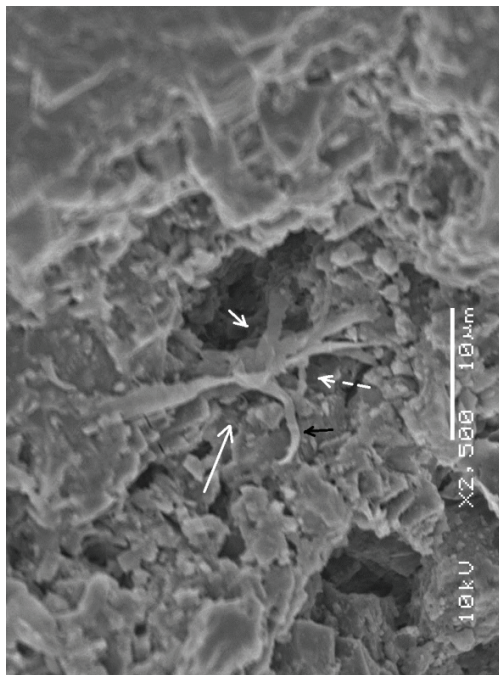


Рис. 8. Нитевидного строения микроорганизмы, сохранившиеся в онколите каланчевской свиты. Они разные по форме: сужающиеся, относительно толстые (длинная стрелка); в сечении имеющие бугристые контуры (короткая стрелка); состоящая и овальной формы клеток (прерывистая стрелка); изогнутая, сужающаяся (черная стрелка)

Реже встречаются онколиты с сохранившимися формами микроорганизмов. Так, в одном из аншлифов наблюдаются накладывающиеся друг на друга нитевидной формы остатки микроорганизмов разной длины и толщины (рис. 8).

Их размеры (в мкм): а) сужающаяся длиной 10,4, толщиной у основания 1,78, у терминального конца 0,16-0,32; б) имеющая бугристые в сечении края длиной 5,4, толщиной 0,8; в) изогнутая нить длиной 10,4, сужается от 0,8 до 0,32; г) нить, состоящая из овальных клеток имеет длину 9,6, толщину 0,4. Судя по строению и размерам, приведенные нитевидные формы являются остатками цианобактерий.

Фация онколитовых известняков присутствует во всех частях ченчинской свиты. Мощность пачек онколитовых серых известняков – до 10-20 м. В разрезах они переслаиваются со строматолитовыми известняками. Эти геологические тела иногда имеют линзовидную форму. По простиранию отмечены переходы онколитовых известняков в песчанистые косослоистые известняки. Наряду с онколитами в разрезе ченчинской свиты встречаются оолиты и похожие на них образования, которые формируются нередко в результате перекристаллизации онколитов, образования структур типа «asterosphaeroides» и «radius». Предположительно была и химическая садка карбоната вокруг органогенно-хемогенного происхождения зерен.

Заключение

В карбонатных отложениях неопротерозоя среднего течения р. Лены наряду с оолитами имеются макроскопические и микроскопические зерна биохемогенного происхождения. Они сложены чередующимися темными и светлыми концентрическими слоями различной толщины. В темных слоях хорошо сохранившихся зерен обнаружены фоссилизированные остатки микроорганизмов, которые, судя по строению и размерам, представляют собой остатки цианобактерий. Они указывают на биохемогенную, т. е. микрофитолитовую (органогенно-седиментационную) природу карбонатных зерен. В катаграфиях обнаружены остатки нитевидных цианобактерий, которые свидетельствуют о биохемогенном их происхождении. В отдельных карбонатных зернах обнаружены призматические кристаллы арагонита, нередко встречающиеся в несомненно органогенно-седиментационного происхождения строматолитах, а также в раковинах некоторых морских животных. Следовательно, можно говорить о биохемогенной (микрофитолитовой) природе этих зерен. Имеются микрофитолиты, морфологически похожие на оолиты и пизолиты, от которых принципиально отличаются тем, что они сформировались в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Изложенные в статье результаты имеют большое практическое значение, т. к. с фациями микрофитолитовых карбонатных пород связаны коллекторы нефти и газа. Например, постседиментационные преобразования этих пород в сторону Березовского прогиба и Вилочанско-Ыгыаттинской структурно-фациальной зоны усиливаются, что повышает их коллекторские свойства [33].

Л и т е р а т у р а

1. Pia J. Die Erhaltung der fossilen Pflanzen. I Abt. Thallophyta. In "Hirmer M. Handbuch der Palaobotanik". 1. –Munchen-Berlin, 1927. –136 p.
2. Маслов В. П. Строматолиты. – М.: Изд-во АН СССР, 1960 (Труды ГИН АН СССР, вып. 41). –186 с.
3. Маслов В. П. Карбонатные проблематики округлой формы // Тр. Ин-та геол. наук АН СССР. Сер геол. 1955. – Вып. 155. – № 66. – С. 156-163.
4. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. Третье перераб. изд. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. –416 с.
5. Уилсон Дж. Л. Карбонатные фации в геологической истории / Пер. с англ. – М.: Недра, 1980. –463 с. (Wilson James L. Carbonate facies in geologic history. Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 1975. 471 p.).
6. Гринсмит Дж. Т. Петрология осадочных пород. Перевод с англ. – М.: Мир, 1981. –253 с. (Greensmith J.T. Petrology of the sedimentary rocks. London: George Allen & Unwin Ltd, 1978. 241 p.).

7. Хэллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 328 с. (Hallam A. Facies interpretation and the stratigraphic record. San Francisco: W.H. Freeman and Company Oxford and San Francisco, 1981. 291 p.).
8. Головёнок В. К. Докембрийские кремневые конкреции: морфология, генезис, значение для познания древнего органического мира // Конкреции докембрия. Сборник научных трудов. – Л.: Наука, 1989. – С. 94-102.
9. Нарожных Л. И., Работнов В. Т. Стратиграфия и новые формы органических остатков рифея (синия) и юдомского комплекса северного склона Алданской антеклизы // Доклады АН СССР. – 1965. – Т. 160. – № 4. – С. 910-913.
10. Селли Р. К. Введение в седиментологию / Пер. с англ. – М.: Недра, 1981. – 370 с. (Selley R. C. An introduction to sedimentology. London: Academic Press, 1977. – 408 p.).
11. Карбонатные породы. Генезис, распространение, классификация. Т. I. Пер. сангл. – М.: Мир, 1970. – 396 с. (Carbonate rocks. Origin, occurrence and classification. Elsevier, 1967. – 471 p.).
12. Кузнецов В. Г. Литологиямикробиолитов // ВестникРАН. – 2015. – Т. 85. – № 12. – С. 1092-1102.
13. Рейтлингер Е. А. Атлас микроскопических органических остатков и проблематика древних толщ Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 61 с.
14. Радионова Э. П. Микрофитолиты и другие проблематические образования палеозоя ряда районов Русской и Сибирской платформы // Водоросли и микрофитолиты палеозоя (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 294). – М.: Наука, 1976. – С. 86-164.
15. Кузнецов В. Г. Эволюция карбонатакопления в истории Земли. – М.: ГЕОС, 2003. – 262 с.
16. Журавлева З. А. Онколиты и катаграфии рифея и нижнего кембрия Сибири и их стратиграфическое значение (Труды ГИН АН СССР, вып. 114). – М.: Наука, 1964. – 75 с. + 24 палеонтол. табл.
17. Twenhofel W. H. Pre-Cambrian and Carboniferous algal deposits // Amer. J. Sci. – 1919. – V. 48. No 4. – P. 339-345.
18. Маслов В. П. Принципы номенклатуры и систематики строматолитов // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1953. № 4. – С. 105-112.
19. Королюк И. К. Микропроблематика рифея и нижнего кембрия Прибайкалья и Ангаро-Ленского прогиба // Вопросы микропалеонтологии. – М.: Изд-во АН СССР. – 1966. – Вып. 10. – С. 174-198 + палеонт. табл. I-III.
20. Johnson J. H. Pennsylvanian and Permian algae. – Q. Colo. Sch. Mines, 1963, 58 (3). – 211 p.
21. Эйнасто Р. Э., Радионова Э. П. Строматолиты и онколиты в карбонатных фациях ордовика и силура Прибалтики // Известковые водоросли и строматолиты. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 145-158.
22. Чувашов Б. И. Строматолиты и онколиты девона, карбона и перми // Известковые водоросли и строматолиты. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 158-174.
23. Вологдин А. Г. Древнейшие водоросли СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 656 с.
24. Logan B. W., Rezak R., Ginsburg R. N. Classification and environmental significance of algal stromatolites // J. Geol. 1964. – V. 72. – No 1. – P. 68-83.
25. Колосов П. Н. Органические остатки верхнего докембрия юга Якутии // Стратиграфия и палеонтология протерозоя и кембрия востока Сибирской платформы. – Якутск: Якутское кн. изд-во, 1970. – С. 57-70 и палеонтол. табл. I-V.
26. Головёнок В. К. Строматолиты и микрофитолиты в стратиграфии докембрия: надежды и реальность // Советская геология. – 1984. – № 8. – С. 43-54.
27. Колосов П. Н. Древние нефтегазоносные толщи юго-востока Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1977. – 89 с.
28. Колосов П. Н. Верхнедокембрийские палеоальгологические остатки Сибирской платформы. – М.: Наука, 1982. – 96 с. + 16 палеонтол. табл.

29. Хабаров Е. М. Сравнительная характеристика позднедокембрийских рифогенных формаций. – Новосибирск: Наука, 1985. – 125 с.

30. Головёнок В. К., Белова М. Ю. Карбонатные онколиты – широко распространенный тип докембрийских сингенетических конкреций // Конкреции докембрия. Сборник научных трудов. – Л.: Наука, 1989. – С. 60-69.

31. Дольник Т. А., Воронцова Г. А. Биостратиграфия верхнего докембрия и нижних горизонтов кембрия Северо-Байкальского и Патомского нагорий. – Иркутск: Вост.- Сиб. кн. изд-во, 1974. – 95 с. + 22 палеонт. табл.

32. Опорные разрезы отложений верхнего докембрия и нижнего кембрия южной окраины Сибирской платформы. – М.: Наука, 1972. – 356 с.

33. Колосов П. Н. Органогенные породы и потенциальные коллекторы нефти и газа неопротерозоя Предпатомского прогиба // Отечественная геология. – 2011. – № 5. – С. 43.

References

1. Pia J. Die Erhaltung der fossilen Pflanzen. I Abt. Thallophyta. In “Hirmer M. Handbuch der Palaobotanik”. 1. – Munchen-Berlin, 1927. – 136 p.

2. Maslov V. P. Stromatolity. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1960 (Trudy GIN AN SSSR, vyp. 41). – 186 s.

3. Maslov V. P. Karbonatnye problematiki okrugloj formy // Tr. In-ta geol. nauk AN SSSR. Ser geol. 1955. – Vyp. 155. – № 66. – S. 156-163.

4. SHvecov M. S. Petrografiya osadochnyh porod. Tret'e pererab. izd. – М.: Gosgeoltekhizdat, 1958. – 416 s.

5. Uilson Dzh. L. Karbonatnye facii v geologicheskoy istorii / Per. s angl. – М.: Nedra, 1980. – 463 s. (Wilson James L. Carbonate facies in geologic history. Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 1975. 471 p.).

6. Grinsmit Dzh. T. Petrologiya osadochnyh porod. Perevod s angl. _ М.: Mir, 1981. – 253 s. (Greensmith J.T. Petrology of the sedimentary rocks. London: George Allen & Unwin Ltd, 1978. 241 p.).

7. Hellem E. Interpretaciya facij i stratigraficheskaya posledovatel'nost': Per. s angl. – М.: Mir, 1983. – 328 s. (Hallam A. Facies interpretation and the stratigraphic record. San Francisco: W.H. Freeman and Company Oxford and San Francisco, 1981. 291 p.).

8. Golovyonok V. K. Dokembrijskie kremnevye konkretii: morfologiya, genezis, znachenie dlya poznaniya drevnego organicheskogo mira // Konkrecii dokembriya. Sbornik nauchnyh trudov. – Л.: Nauka, 1989. – S. 94-102.

9. Narozhnyh L. I., Rabotnov V. T. Stratigrafiya i novye formy organicheskikh ostatkov rifeya (siniya) i yudomskogo kompleksa severnogo sklona Aldanskoj anteklizy // Doklady AN SSSR. – 1965. – T. 160. – № 4. – S. 910-913.

10. Selli R. K. Vvedenie v sedimentologiyu / Per. s angl. – М.: Nedra, 1981. – 370 s. (Selley R. C. An introduction to sedimentology. London: Academic Press, 1977. – 408 p.).

11. Karbonatnye породы. Genezis, rasprostranenie, klassifikaciya. T. I. Per. sangl. – М.: Mir, 1970. – 396 s. (Carbonate rocks. Origin, occurrence and classification. Elsevier, 1967. – 471 p.).

12. Kuznecov V. G. Litologiyamikrobiolitov // Vestnik RAN. – 2015. – T. 85. – № 12. – S. 1092-1102.

13. Rejtlinger E. A. Atlas mikroskopicheskikh organicheskikh ostatkov i problematika drevnih tolshch Sibiri. – М.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 61 s.

14. Radionova E. P. Mikrofitolity i drugie problematicheskie obrazovaniya paleozoya ryada rajonov Russkoj i Sibirskoj platformy // Vodorosli i mikrofitolity paleozoya (Tr. GIN AN SSSR. Vyp. 294). – М.: Nauka, 1976. – S. 86-164.

15. Kuznecov V. G. Evolyuciya karbonatonakopleniya v istorii Zemli. – М.: GEOS, 2003. – 262 s.

16. Zhuravleva Z. A. Onkolity i katagrafiy rifeya i nizhnego kembriya Sibiri i ih

stratigraficheskoe znachenie (Trudy GIN AN SSSR, vyp. 114). – M.: Nauka, 1964. – 75 s. + 24 paleontol. tabl.

17. Twenhofel W. H. Pre-Cambrian and Carboniferous algal deposits // Amer. J. Sci. – 1919. – V. 48. No 4. – P. 339-345.

18. Maslov V. P. Principy nomenklatury i sistematiki stromatolitov // Izvestiya AN CSSP. Ser. geol. – 1953. № 4. – S. 105-112.

19. Korolyuk I. K. Mikroproblematika rifeya i nizhnego kembriya Pribajkal'ya i Angarolenskogo progiba // Voprosy mikropaleontologii. – M.: Izd-vo AN SSSR. – 1966. – Vyp. 10. – S. 174-198 + paleont. tabl. I-III.

20. Johnson J. H. Pennsylvanian and Permian algae. – Q. Colo. Sch. Mines, 1963, 58 (3). – 211 p.

21. Ejnasto R. E., Radionova E. P. Stromatolity i onkolity v karbonatnyh faciayah ordovika i silura Pribaltiki // Izvestkovye vodorosli i stromatolity. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – S. 145-158.

22. Chuvashov B. I. Stromatolity i onkolity devona, karbona i permi // Izvestkovye vodorosli i stromatolity. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – S. 158-174.

23. Vologdin A. G. Drevnejshie vodorosli SSSR. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1962. – 656 s.

24. Logan B. W., Rezak R., Ginsburg R. N. Classification and environmental significance of algal stromatolites // J. Geol. 1964. – V. 72. – No 1. – P. 68-83.

25. Kolosov P. N. Organicheskie ostatki verhnego dokembriya yuga Yakutii // Stratigrafiya i paleontologiya proterozoya i kembriya vostoka Sibirskoj platformy. – Yakutsk: Yakutskoe kn. izd-vo, 1970. – S. 57-70 i paleontol. tabl. I-V.

26. Golovyonok V. K. Stromatolity i mikrofitolity v stratigrafii dokembriya: nadezhdy i real'nost' // Sovetskaya geologiya. – 1984. – № 8. – S. 43-54.

27. Kolosov P. N. Drevnie neftegazonosnye tolshchi yugo-vostoka Sibirskoj platformy. – Novosibirsk: Nauka, 1977. – 89 s.

28. Kolosov P. N. Verhnedokembrijskie paleoal'gologicheskie ostatki Sibirskoj platformy. – M.: Nauka, 1982. – 96 s. + 16 paleontol. tabl.

29. Habarov E. M. Sravnitel'naya harakteristika pozdnedokembrijskih rifogennyh formacij. – Novosibirsk: Nauka, 1985. – 125 s.

30. Golovyonok V. K., Belova M. Yu. Karbonatnye onkolity – shiroko rasprostranennyj tip dokembrijskih singeneticheskikh konkreij // Konkrecii dokembriya. Sbornik nauchnyh trudov. – L.: Nauka, 1989. – S. 60-69.

31. Dol'nik T. A., Voroncova G. A. Biostratigrafiya verhnego dokembriya i nizhnih gorizontov kembriya Severo-Bajkal'skogo i Patomskogo nagorij. – Irkutsk: Vost.- Sib. kn. izd-vo, 1974. – 95 s. + 22 paleont. tabl.

32. Opornye razrezy otlozhenij verhnego dokembriya i nizhnego kembriya yuzhnoj okrainy Sibirskoj platformy. – M.: Nauka, 1972. – 356 s.

33. Kolosov P. N. Organogennye porodny i potencial'nye kollektory nefti i gaza neoproterozoya Predpatomskogo progiba // Otechestvennaya geologiya. – 2011. – № 5. – S. 43.