

Строматолиты из нового местонахождения на Среднем Тимане: их морфологические и структурные особенности

Е. В. Антропова

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
antropova@geo.komisc.ru

В статье приведены результаты макро- и микроскопического изучения рифейских строматолитов павьюгской свиты из нового местонахождения на левом берегу р. Ворыквa (Средний Тиман). Строматолиты образуют строматолитовый биогерм, где находятся в прижизненном положении (ориентированы по плоскости нарастания). Строматолитовые слойки характеризуются различным составом и зернистостью. В микрозернистых слойках установлены сгустковидные органогенные образования. Отмечены многочисленные следы вторичных преобразований, такие как пиритизация, доломитизация по оболочкам, образование фенестр. Таксономическая принадлежность строматолитов к видам *Gimnosolen* sp. и *Inseria djejimi* Raab. позволяет датировать вмещающие отложения поздним рифеем. Сходный комплекс известен из верхней части павьюгской свиты, однако в нем колонии строматолитов ориентированы беспорядочно, что свидетельствует об обстановках окраины органогенных построек.

Ключевые слова: строматолиты, быстринская серия, гимносолениды, корреляционный уровень, микробиальные образования, Средний Тиман.

A new location of stromatolites in the Middle Timan: their morphological and structural features

E. V. Antropova

Institute of Geology, Komi Science Center, Ural RAS, Syktyvkar, Russia

The paper presents the results of macroscopic and microscopic study of Riphean stromatolites of the Pavyuga Formation from a new locality on the left bank of the Vorykva River (Middle Timan). The stromatolites form a stromatolite bioherm. The microstructure of the stromatolite assemblages is characterised by layering of different composition and granularity; traces of organogenic formations of clotted and filamentous type were found in microgranular interlayers. Numerous traces of secondary transformations, such as pyritization, dolomitization on shells, and fenestra formation, were noted. The taxonomic affiliation of the stromatolites to the species *Gimnosolen* sp. and *Inseria djejimi* Raab. allows dating to the Late Riphean. A similar association is known from the upper part of the Pavyuga Formation, but the colonies of stromatolites are orientated disorderly in that association, which indicates the environment of the organogenic buildup margins.

Keywords: *Stromatolithes*, *Bystrinsk Group*, *correlation*, *microbial structure*, *Middle Timan*.

Введение

По результатам полевых работ 2022 г. на р. Ворыквa было обнаружено местонахождение столбчатых строматолитов хорошей сохранности (рис. 1). Согласно известному исследователю рифейских строматолитов М. Е. Раабен, именно столбчатые строматолиты имеют исключительно большое значение для стратиграфии докембрия (Раабен, 1969).

Так как строматолиты занимают среди органических остатков докембрия одно из первых мест по широте распространения и степени изученности, именно они были положены в основу выделения в рифее трех крупных подразделений. Сейчас, когда к изучению докембрия привлечены методы био- и хемотратиграфии, а также абсолютной геохронологии, значение строматолитов снизилось. Тем не менее они по-прежнему используются для корреляции удалённых осадочных последовательностей. Обнаруженное местонахождение добавило еще одну реперную точку

в состав известной строматолитовой формации, которая прослеживается вдоль Главного Тиманского разлома (Раабен, 2007; Кочетков, Иванов, 2009) и является биостратиграфическим маркером для корреляции рифейских отложений.

Несмотря на то, что выходы строматолитовых известняков известны во многих районах Среднего Тимана, конкретные стратиграфические уровни не всегда исследовались достаточно полно или не изучались вообще. Указанное местонахождение, как и расположенный в 600 м выше по течению выход строматолитовых известняков, отмеченный В. М. Пачуковским при проведении геологической съемки в 1957 г., не изучались, поэтому данные являются новыми.

Цель настоящей работы заключается в характеристике строматолитов павьюгской свиты Среднего Тимана из местонахождения на р. Ворыквa, основанной на полевых наблюдениях и микроскопических методах.

Для цитирования: Антропова Е. В. Строматолиты из нового местонахождения на Среднем Тимане: их морфологические и структурные особенности // Вестник геонаук. 2023. 12(348). С. 24–29. DOI: 10.19110/geov.2023.12.3

For citation: Antropova E. V. A new location of stromatolites in the Middle Timan: their morphological and structural features. Vestnik of Geosciences, 2023, 12(348), pp. 24–29, doi: 10.19110/geov.2023.12.3

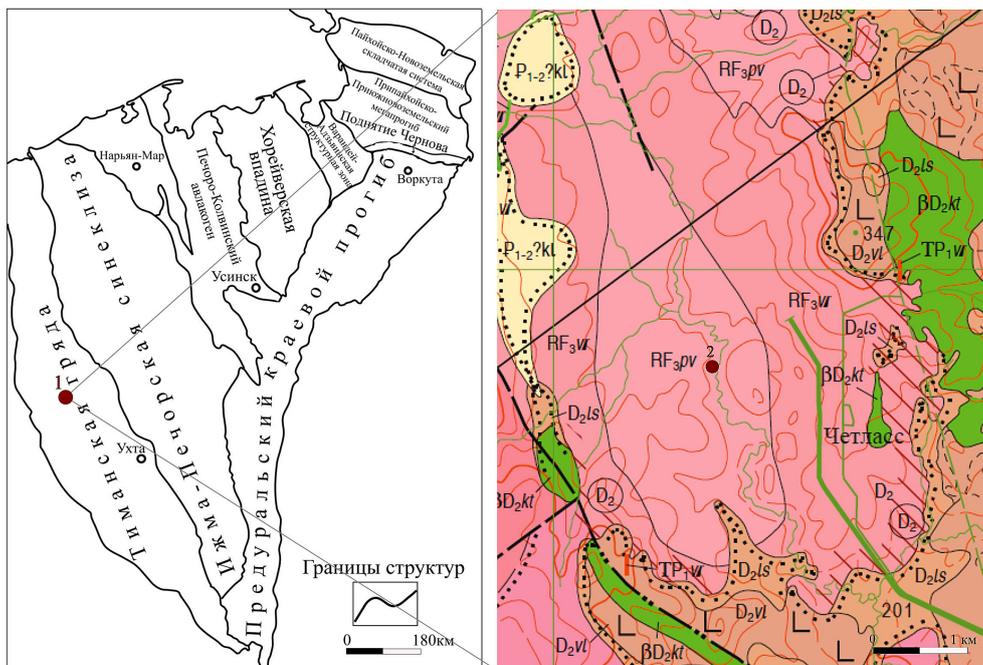


Рис. 1. Положение изученного местонахождения на Среднем Тимане (а); точка наблюдения на р. Ворыква (б). RF₃vr – ворыквинская свита, RF₃pv – павьюгская свита (карта по данным А. А. Пархачева)

Условные обозначения: 1 – известняк строматолитовый; 2 – известняк доломитизированный строматолитовый; 3 – перерыв

Fig. 1. Position of the studied locality in the Middle Timan (a); point on the Vorykva River (b). RF₃vr – Vorykva Formation, RF₃pv – Pavyuga Formation (map based on data of A. A. Parkhachev)

Legend: 1 – stromatolite limestone; 2 – dolomitized stromatolite limestone; 3 – gap

Объекты и методы исследований

Выходы строматолитовых пород находятся по левому берегу р. Ворыква (координаты – N64°19'8", E51°4'23"). На основании литологических отличий вмещающих пород и внешнего вида строматолитовых построек выделены два слоя (рис. 2). В слое 1 мощностью до 1.5 м породы представлены известняками, доломитизированными известняками, известковыми песчаниками разнозернистыми, серыми и темно-серыми неравномерно окрашенными. Строматолиты имеют диаметр 1.5–2 см. Слой 2 мощностью ~1 м сложен светлыми и доломитизированными известняками, мелкозернистыми и тонкослоистыми. Строматолиты здесь имеют диаметр до 12 см.

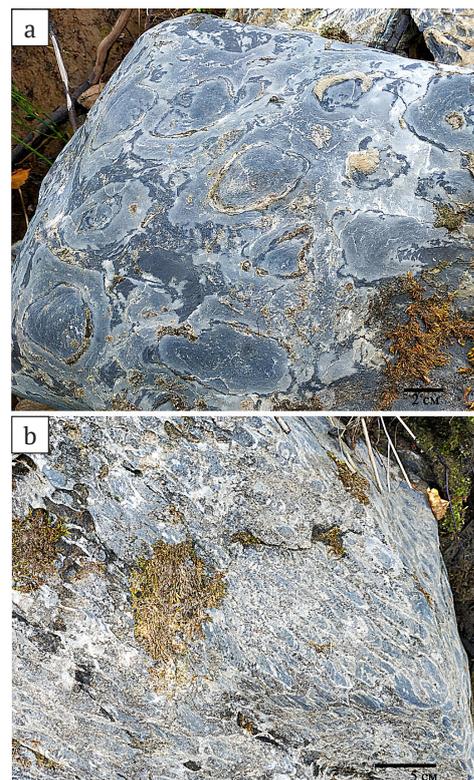
В породах часто встречаются слойки с белым крупнозернистым доломитом, невооруженным глазом фиксируются скопления терригенного материала и стяжения пирита.

Изучение строматолитов как органоседиментационных объектов проводилось с помощью сравнительно-морфологического метода, применяемого к остаткам ископаемых организмов. Установление морфологических особенностей, прослеживание их изменчивости внутри выборки и по разрезу позволяют выделять виды.

Рис. 2. Обнажение на р. Ворыква – литологическая колонка и внешний вид строматолитов в разрезе: а – *Inseria djejimi* Raab., слой 2; б – *Gimnosolen* sp., слой 1

Fig. 2. Vorykva River outcrop – lithologic column and appearance of stromatolites in section: а – *Inseria djejimi* Raab., layer 2; б – *Gimnosolen* sp., layer 1

Свита	Литологическая колонка	№ слоя	Мощность, м	№ образца	
RF ₃ pv		2	1.0	вр-2-2	
				вр-2-1	
		1	1.5	вр-4	
				вр-3	
				вр-2	
				вр-1	



Исследование строматолитов производилось в два этапа: макро- и микроскопически. На макроскопическом этапе фиксировались форма строматолитовых слоев, характер нарастания в процессе образования постройки, форма столбика, характер бокового ограничения, характер ветвления.

Для микроскопического описания строматолитов из каждого образца изготавливалось два взаимно-перпендикулярных шлифа. Шлифы изучались при увеличении в 10–30 раз в зависимости от степени тонкости структуры объекта (микроскоп бинокулярный Olimpus-SZ61 с системой визуализации). Для предварительного определения все шлифы фотографировались (цифровая окулярная USB-камера Альтами-УНССД 5.0 Мпикс, программа для управления камерами и анализа изображений Altami Studio-2015), что позволило проводить сравнение сходных форм. При анализе и фотографировании также использовался микроскоп Полам-215 с системой фото- и видеофиксации LOMO-Microsystems MCview (MC-20). Сканирование шлифов производилось на сканере Canon 9000F Mark II.

Результаты и их обсуждение

Обнаруженный выход представляет собой органогенную постройку, состоящую из столбчатых строматолитов, сохранившихся в прижизненном положении. Образования неветвящиеся, диаметром до 1.5 см в нижней части разреза (сл. 1), до 12 см в диаметре в верхней части (сл. 2). Форма столбиков строматолитов цилиндрическая, в редких случаях (около 2 %) дилатантная (ложноцилиндрическая). То есть в целом в процессе роста столбики строматолитов не увеличивали свою площадь, соответственно и биогерм не разрастался, а оставался в своих площадных границах. Поверхность столбиков гладкая, редко местами ослож-

ненная небольшими натеками, бугорками, но четко отграниченная от вмещающей породы.

В поперечном разрезе биогерма наблюдаются недоразвитые столбики строматолитов, прекратившие свой рост раньше других и заканчивающиеся в породе. Отмечена выдержанность форм строматолитов в органогенной постройке.

Особенностью строматолитов этого местонахождения является формирование светло-коричневых корочек, оторачивающих каждый столбик (рис. 3). Они имеют доломитовый состав и отличаются большей устойчивостью к процессам выветривания, поэтому на поверхностях биогерма, подвергшихся влиянию среды, приобретают форму кубков (рис. 3, в, с). Необходимо отметить, что микроструктурные элементы строматолитов (ламинаы) продолжают в этой каемке (рис. 4, 1а, 2а, 3а).

Микротекстура определяется чередованием слоев двух типов — темных микрозернистых и светлых, перекристаллизованных с терригенной составляющей (рис. 4, 2–4). Микроструктура слоев ступчатая (рис. 5). Присутствуют лентовидные образования углеродистого вещества (рис. 5, б). Также присутствуют темные компоненты текстуры округлой формы или в виде слипшихся комочков (рис. 5, 1).

Пиритизация в породах развита сильно, но неравномерно (рис. 5, 9). Внутри органогенных слоев зерна пирита ориентированы согласно общей слоистости. Приуроченность пирита к темным микрозернистым слоям говорит о его генетической связи с первичным органическим веществом и о восстановительных условиях среды.

В доломитизированных оторочках столбиков часто встречаются фенестры — полости до 4 мм в диаметре, заполненные крупными кристаллами доломита (рис. 4, 2, 3; рис. 5, 8). Они присутствуют практиче-

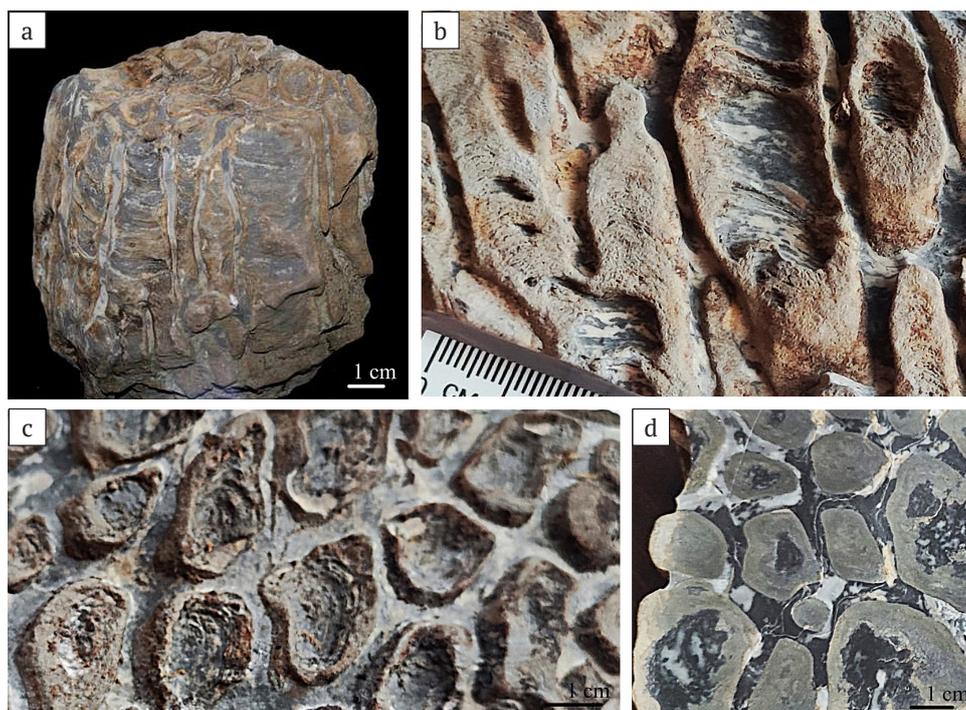


Рис. 3. Особенности внешнего вида строматолитов: а — *Inseria djejimi* Raab., обр. В2–2; б–д — *Gimnosolen* sp., обр. Вр-4
Fig. 3. Features of the external structure of stromatolite: а — *Inseria djejimi* Raab., В2–2; б–д — *Gimnosolen* sp., Вр-4



ски во всех образцах. Наличие фенестр исследователи обычно рассматривают в связи с проявлениями вторичных процессов в доломитах рифея (Антошкина и др., 2015; Шалдыбин, 2017).

По микроструктурным особенностям и внешнему строению определена таксономическая принадлежность строматолитов к *Gimnosolen* sp. и *Inseria djejimi* Raab., они оба являются представителями гимносоленид (Раабен, 1969).

На Тимане гимносолениды известны из быстринской свиты Южного Тимана и на поднятии Жежимпарма, где присутствуют *G. asimmetricus* Raab., *G. ramsayi* Steinmann, *G. uralicus* (Kryl.), *Inseria djejimi* Raab. (Раабен, 1969). Элементы этого же комплекса встречаются и на Среднем Тимане (Раабен, 1997).

Быстринская серия (RF₃bs) на Среднем Тимане отнесена к комплексу отложений верхнего рифея, в которые входят аньюгская (RF₃an), ворыквинская (RF₃vr), рочугская (RF₃rch), павьюгская (RF₃pv) и паунская (RF₃pn) свиты (Журавлев и др., 1966; Раабен, 1975; Гецен, 1975; Рифей и венд..., 1987; Государственная..., 2016; Оловянишников, 1998; Легенда..., 1999).

Распространение гимносоленид на Среднем Тимане приурочено к ворыквинской и павьюгской свитам. Ворыквинская свита содержит уровень с гимносоленидами *Inseria tjomusi* Kryl., *Jurusania nisivensis* Raab., являющимися руководящими формами для верхнего рифея (Раабен, 1969). В целом строматолиты распространены в разрезе павьюгской свиты, а гимносолениды приурочены к определенным её пачкам. В отложениях свиты описаны три горизонта со столбчатыми строматолитами. Мощность в них строматолитовых слоев составляет, как правило, 0,5–0,7 м (Изучение..., 1980*).

Павьюгская свита принадлежит к рифогенной формации, образованной органогенными постройками, склоновыми фациями и фациями подножья органогенных построек (Черный, 1987). Многими исследователями отмечается присутствие строматолитовых конгломератов (Э. А. Кальберг, 1948; Черный, 1987; М. Е. Раабен и Л. И. Опаренкова, 1997). Определенные из таких обломочных пород окатанные строматолиты относятся, как правило, к роду *Gimnosolen* (Изучение..., 1980*; Раабен, Опаренкова, 1997).

Низы павьюгской свиты сложены строматолитовыми доломитами, содержащими прослой с формами *Gimnosolen asimmetricus*

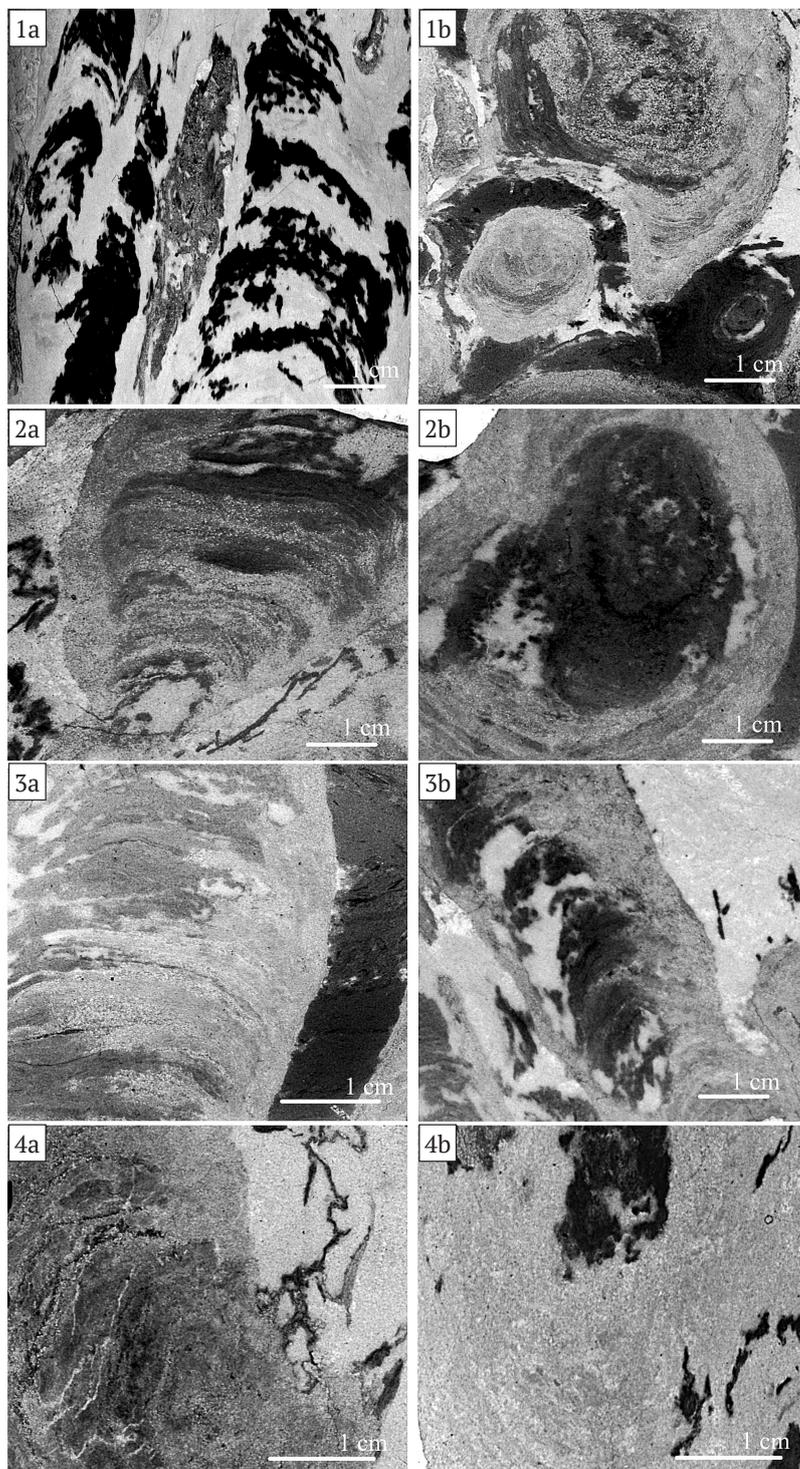


Рис. 4. Микротекстура строматолитов:
а — продольное сечение, б — поперечное

1 — переслаивание микробных слоев и слоев с терригенной составляющей, обр. Вр-1; 2 — облеkanie бокового края колонии, являющееся диагностическим признаком для *Inseria*, обр. В-в1; 3 — доломитизация окантовки и крупные кристаллы кальцита, обр. вр.-4; 4 — флексу- рообразные перегибы и выросты, обр. в-в2

Fig. 4. Microstructure of stromatolites:
a — tangential section, b — radial section

1 — overmixing of microbial layers and layers with terrigenous component, Bp-1; 2 — cladding of the lateral edge of the colony, which is a diagnostic sign for *Inseria* B-в1; 3 — dolomitization of the rim and large calcite crystals in the colony body, Bp-4; 4 — flexural kinks and outgrowths, Bp-4. 4 — flexural kinks and outgrowths, fig. c-in2

* Изучение докембрийских образований Среднего и Южного Тимана: Отчет / Отв. исп. В. Г. Черный, И. П. Черная, 1980 г.

* Study of Precambrian formations of the Middle and Southern Timan: Report. Responsible executors Cherniy V. G., Chernaya I. P., 1980. (in Russian)

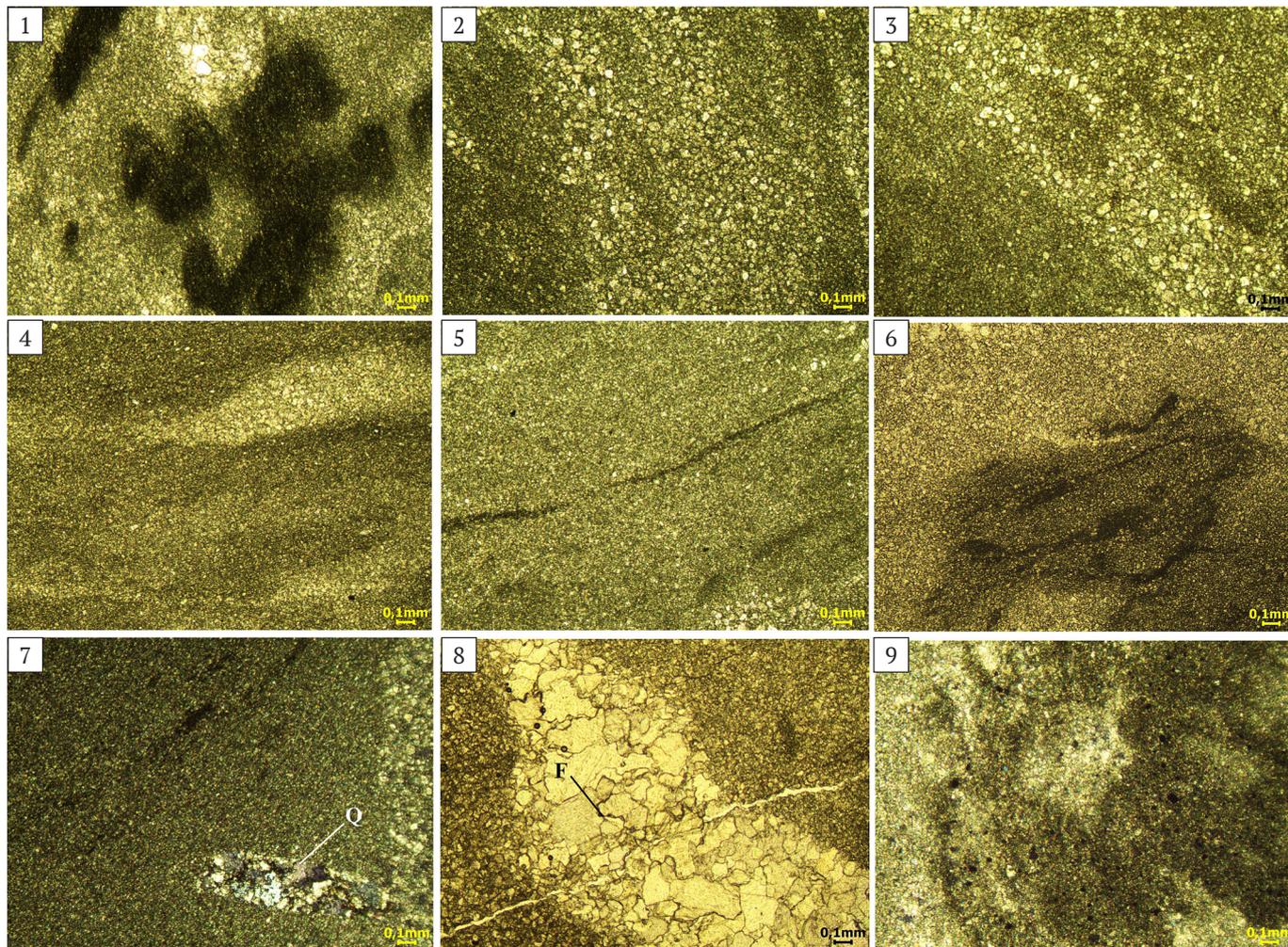


Рис. 5. Особенности строения строматолитов:

1 — темная микростроение, очевидно, органогенные прослои; 2, 3 — вид в шлифе доломитовой каёмки; 4, 5 — слоистость строматолита; 6 — лентовидные углеродистые прослои; 7 — обломок кварцита; 8 — фенестровая полость (F), заполненная крупными кристаллами доломита, и окружающая порода; 9 — пиритизация

Fig. 5. Textures of stromatolites:

1 — dark microlayering, obviously, organogenic interlayers; 2, 3 — dolomite rim view in schliplith; 4, 5 — stromatolite layering; 6 — ribbon-shaped carbonaceous interlayers; 7 — quartzite fragment; 8 — fenestral cavity filled with large dolomite crystals, and surrounding rock; 9 — pyritization

Raab., *Tungussia* sp. В средней части разреза — маломощный (0.6 м) горизонт с тем же таксономическим составом строматолитов, однако классифицированный как отложения зарифовых фаций, поскольку содержит разноориентированные окатанные столбики *Gimnosolen* и *Tungussia* (Изучение ..., 1980*). В верхах павьюгской свиты таксономический состав гимносоленид несколько меняется: *Gimnosolen giganteus* Raab., *Inseria djejimi* Raab., *Parmites concrescens* Raab., что имеет сходство с определенным нами комплексом, особенно учитывая описания структуры и таксономического состава органогенных строматолитовых построек (Изучение..., 1980*).

Поскольку имеются данные о широком развитии в пределах Тимана фациальных (латеральных) замещений, в частности в рядах рочугской — ворыквинской и павьюгской — паунской свит (Тиманский краж..., 2010), еще одно местонахождение хорошей сохранности дает возможность проследить строматолиты и их изменчивость в разных фациальных условиях, а сам факт нового местонахождения имеет большое значение для стратификации толщ Тимана.

Выводы

Изучение микроструктуры строматолитов показало, что она представляет собой чередующиеся слои, в более мелкозернистых слоях присутствуют следы органогенных остатков в виде сгустков или нитяных, лентовидных образований. Изученные строматолитовые образования претерпели длительный и сложный процесс вторичных изменений, который выразился в доломитизации стенок, пиритизации, а также в формировании многочисленных фенестровых полостей.

Таксономическая принадлежность строматолитов определена как виды *Gimnosolen* sp. и *Inseria djejimi* Raab., что подтверждает позднерифейский возраст и соответствие верхней части павьюгской свиты. Строматолитовый прослой является органогенной постройкой, имеет хорошую сохранность и прижизненное положение столбиков в противовес зафиксированным в других разрезах зарифовым отложениям с разноориентированными окатанными строматолитами, что имеет большое значение для прослеживания по латерали «рифогенной» формации.



Установленное новое местонахождение строматолитов — гимносоленид, имеющих важное значение для стратиграфии, дополняет данные о распространении «строматолитовой формации» и служит для расширения биостратиграфической характеристики павьюгской свиты.

Автор благодарит к. г.-м. н. Е. С. Пономаренко (Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) за фото­графию шлифов и помощь в работе.

Литература / Reference

- Антошкина А. И., Пономаренко Е. С., Канева Н. А. Фенестровые известняки: специфика позднедевонских морей, Тимано-Североуральский регион // Литология и минеральные ресурсы. 2014. № 6. С. 493—505.
Antoshkina A. I., Ponomarenko E. S., Kaneva N. A. Fenestrian limestones — specifics of Late Devonian seas, Timan-North Ural region, 2014, No. 6, pp. 493—505. (in Russian)
- Брусницына Е. А., Ершова В. Б., Худолей А. К., Андерсен Т., Маслов А. В. Возраст и источники сноса пород четласской серии (рифей) Среднего Тимана по результатам U-ТН-РВ (LA-ICP-MS)-датирования обломочных цирконов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2021. Т. 29. № 6. С. 3—23.
Brunsitsyna E. A., Ershova V. B., Khudoley A. K., Andersen T., Maslov A. V. Age and sources of demolition of rocks of the Chetlas series (Riphean) of the Middle Timan based on the results of U-ТН-РВ (LA-ICP-MS) dating of clastic zircons. Stratigraphy. Geological Correlation, 2021, V. 29, No. 6, pp. 3—23. (in Russian)
- Верхний докембрий Европейского Севера СССР: Объяснительная записка к схеме стратиграфии / Ред. В. А. Дедеев, Б. М. Келлер. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми фил. АН СССР, 1986. 40 с.
Upper Precambrian of the European North of the USSR: (Explanatory note to the scheme of stratigraphy). Edited by V. A. Dedeev, V. A. Dedeev, B. M. Keller. Syktyvkar: Institute of Geology, Komi Branch of USSR AS, 1986, 40 p. (in Russian)
- Государственная геологическая карта Российской Федерации 1:1000000 (третье поколение). Лист Q-39 (Нарьян-Мар): Объяснительная записка / Ред. К. Э. Якобсон СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2016. 517 с.
State geological map of the Russian Federation 1:1000000 (third generation). Sheet Q-39 (Naryan-Mar): Explanatory note. Ed. Yakobson K. E. St. Petersburg: VSEGEI, 2016, 517 p. (in Russian)
- Кальберг Э. А. Новые данные по стратиграфии и тектонике Среднего Тимана // Советская геология. Т. 33. 1948. С. 31—44.
Kalberg E. A. New data on stratigraphy and tectonics of the Middle Timan. Soviet geology. V. 33, 1948, pp. 31—44. (in Russian)
- Кочетков О. С., Иванов Н. Ф. О некоторых аспектах формационно-геоструктурного развития Варангер-Тиманского подвижного пояса байкалид // XV Геологический съезд Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2009. Т. 2. С. 124—127.
Kochetkov O. S., Ivanov N. F. On some aspects of the formation-geostructural development of the Varanger-Timan mobile belt of baikalids. XV Geological Congress of the Komi Republic. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2009, V. 2, pp. 124—127. (in Russian)
- Легенда Тиманской серии листов Гос. геол. карты РФ масштаба 1:200 000 (издание второе). Ухта: Геолог-1, 1999: В 2 кн. Кн. 1. Объяснительная записка, 161 с. Кн. 2. Легенда, 17 с.
Legend of the Timan series of sheets of the State Geological Map of the RF at a scale of 1:200,000 (second edition). Ukhta: Geolog-1, 1999. In 2 books. Book 1. Explanatory note, 161 p. Book 2. Legend, 17 p. (in Russian)
- Оловянишников В. Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург, 1998. 194 с.
Olovyanishnikov V. G. Upper Precambrian of Timan and Kanin Peninsula, 1998, 194 p. (in Russian)
- Раабен М. Е. Строматолиты верхнего рифея (гимносолениды) // Труды ГИН РАН. Вып. 203. М.: Наука, 1969. 124 с.
Raaben M. E. Stromatolites of the Upper Riphean (Gymnosolenids). Proceedings of GIN RAS, 203. Moscow: Nauka, 1969, 124 p. (in Russian)
- Раабен М. Е. Строматолитовые формации рифея в обрамлении Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15. № 1. С. 35—46.
Raaben M. E. Stromatolite formations of the Riphean in the East European Platform framing // Stratigraphy. Geological Correlation. 2007, V. 15, No. 1, pp. 35—46. (in Russian)
- Раабен М. Е., Опаренкова Л. И. Новые данные к стратиграфии рифея Тимана // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1997. Т. 2. № 2. С. 13—20.
Raaben M. E., Oparenkova L. I. New data to the stratigraphy of the Timan Riphean // Stratigraphy. Geological Correlation. V. 2, No. 2, 1997, pp. 13—20. (in Russian)
- Рифей и венд Европейского Севера СССР / В. Г. Гецен, В. А. Дедеев и др. Вологда, 1987. 124 с.
Riphean and Vendian of the European North of the USSR. V. G. Getsen, V. A. Dedeev et al., Vologda, 1987, 124 p. (in Russian)
- Тиманский кряж: В 2 т. Т. 1. История, география, жизнь: монография. Ухта: УГТУ, 2008. 339 с.: ил.
Timansky Kryazh. In 2 vol. V. 1. History, geography, life: monograph. Ukhta: USTU, 2008, 339 p. (in Russian)
- Шалдыбин М. В. Фенестровые структуры рифейских карбонатных пород Юрубчено-Тохомской зоны // Геология нефти и газа. 2017. № 3. С. 61—68.
Shaldybin M. V. Fenestral structures of Riphean carbonate rocks of the Yurubcheno-Tokhom zone. Geology of Oil and Gas, 2017, No. 3, pp. 61—68. (in Russian)

Поступила в редакцию / Received 7.11.2023