

УДК 563.7:551.73

## МИНИСТРОМАТОЛИТЫ РАННЕГО ПАЛЕОЗОЯ

© 2003 г. М. Е. Раабен

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 20.02.2001 г., получена после доработки 20.11.2001 г.

Хотя министроматолиты пользуются широким вниманием седиментологов и биостратиграфов, систематически изучены пока только их докембрийские комплексы. Министроматолиты изобиливали в раннем протерозое и в раннем рифее, но позднее они почти исчезли из докембрийской геологической летописи. Анализ имеющихся данных и изучение новых таксонов министроматолитов из отложений кембрия и ордовика показывает, что в палеозое они вновь вошли в состав строматолитовых ассоциаций на большинстве континентов и приобрели с начала кембрия значительное разнообразие. Взятый в целом, раннепалеозойский комплекс министроматолитов лишь немного уступает раннепротерозойскому или раннерифейскому по численности формальных родов, но отличается своеобразием их таксономического состава. При этом раннепалеозойские министроматолиты обнаруживают ряд особенностей, несвойственных докембрийским комплексам: среди них широко представлены относительно крупные формы, а присущая нескольким их формальным родам недоразвитая слоистость сходна с наблюдаемой в тромболитах. Частые находки в кембрийских и ордовикских министроматолитах слоеобразующих микрофоссилий (в частности родов, появляющихся у границы докембрия и кембрия) говорят о вероятной связи становления раннепалеозойского комплекса министроматолитов с эволюционными изменениями в микробиальном мире.

**Ключевые слова.** Министроматолиты, строматолитовые комплексы, ранний палеозой, кембрий, ордовик, докембрий, рифей, нижний протерозой.

### ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В исследованиях ископаемых биолитов видное место занимают работы по колонковым формам малой размерности, выступающим в качестве самостоятельной категории строматолитов. Они обособляются под несколькими названиями (см. подробный обзор, Раабен, 1998). Самым употребительным стало сейчас наименование “министроматолиты”, введенное Г. Гофманном и Дж. Джексонном (Hofmann, Jackson, 1987).

Термином министроматолиты обозначены колонковые постройки с поперечниками размером от 0.2 до 20 мм. Министроматолиты выделены как неформальная единица, и они не имеют строго определенного ранга в системе строматолитов. По сути, они являются надродовым таксоном, включающим множество формальных родов и не исчерпывают всего многообразия микростроматолитов – одного из главных морфотипов строматолитов (Семихатов, Раабен, 1996; Раабен, Семихатов, 1996). В формализованных схемах этому морфотипу отвечают высшие таксоны: *Microstromatiti* (Раабен, 1980), *Microstromatithi* (Raaben, Sinha, 1989), *Ministromatoliphytacea* в ранге класса (Макарихин, Медведев, 1997); все эти таксоны непосредственно подчинены *Stromatoliti* Pila. Министроматолиты охватывают лишь часть микростроматолитов, лучше всего изученную и богатую родами. Рассмотрение других микростроматолитов не

входит в задачи этой статьи, и соответствующим материалом по нижнему палеозою автор не располагает.

Министроматолиты, благодаря диапазону их размерности, несколько шире, чем формализованный таксон *Minicolumellida* (колонковые микростроматолиты или миниколумеллиды, Раабен, 1980; Raaben, Sinha, 1989), однако в практике работ и эти названия, и псевдогимносолениды китайских палеонтологов, и аспериаморфные строматолиты, и мелкие пальчатые строматолиты употребляются как синонимы и являются равнозначными в той мере, в какой они относятся к протерозойским формам.

Министроматолиты изначально привлекли и продолжают привлекать внимание как перспективный биостратиграфический или литостратиграфический репер в протерозое (Раабен, 1980, 1981; Корсаков и др., 1995; Grey, 1984; Liang et al., 1984; Zhu et al., 1987; Grotzinger, 1990; и т.д.). С другой стороны, они рассматриваются как благоприятный объект для исследования проблемы морфогенеза строматолитов: они ставились во главу угла в вопросе о природе – биогенной или неорганической ископаемых строматолитовых построек (Grotzinger, 1990; Раабен, 1998).

До настоящего времени исследования были сосредоточены почти исключительно на министроматолитах докембрия. Широким распространением

## Таксономический состав министроматолитов в раннем палеозое

Таксоны	Диаметр, мм	Распространение
<i>Cliefdenia fasciculata</i> Werby, 1982	0.3–0.8	Ордовик Ю. Австралии
<i>Charaulachia zhuravlevae</i> Schenf., 1975	0.3–3	Нижний кембрий Сибири
<i>Tyseria voronovae</i> Raab., 1998	0.3–3	Нижний кембрий С. Сибири
<i>Setula recta</i> (gen. et sp. nov.)	1–2	Нижний кембрий С. Сибири
<i>Turris lenaicus</i> (gen. et sp. nov.)	5–10	Нижний кембрий С. Сибири
<i>Vetella uschbasica</i> Kryl., 1967	3–5	Нижний кембрий Казахстана
<i>Vetella miritchunica</i> Doln., 1984	5–10	Нижний кембрий ЮВ Сибири
<i>Vetella ordoviciana</i> (sp. nov.)	3–10	Ордовик Сибири
<i>Vetella sarfatae</i> Schmitt, 1979	3–15	Нижний кембрий С. Африки
<i>Igoudinia hemisphaerica</i> Schmitt, 1979	3–20	Нижний кембрий С. Африки
<i>Neoparmites aptus</i> (gen. et sp. nov.)	2–20	Нижний кембрий С. Африки
<i>Neoparmites victorius</i> (Sidor.), 1969	3–30	Нижний кембрий Сибири, С. Африки
<i>Neoparmites noctuicus</i> (Doln.), 1974	10–20	Нижний кембрий ЮВ Сибири
<i>Thrombolitina rotunda</i> (gen. et sp. nov.)	5–20	Нижний кембрий С. Африки
<i>Madiganites lembdadensis</i> Schmitt, 1979	5–25	Нижний кембрий С. Африки
<i>Glebulella columnaris</i> Masl., 1960 (part.)	10–20	Верхний кембрий Сибири
<i>Glebulella cavernosa</i> Doln., 1974, 2000	5–20	Нижний кембрий ЮВ Сибири
<i>Columnaefacta minuta</i> Doln., 1974	7–15	Нижний кембрий ЮВ Сибири
<i>Columnaefacta ilica</i> Kryl., 1975	8–20	Верхний кембрий ЮВ Сибири
<i>Columnaefacta vulgaris</i> Sidor., 1969	10–20	Нижний кембрий ЮВ Сибири
<i>Ilicta</i> cf. <i>composita</i> Sidor. In Schmitt and Southgate, 1982	3–20	Средний кембрий С. Австралии
<i>Acaciella angepena</i> Preiss, 1972	1–20	Нижний кембрий Ю. Австралии,
<i>Acaciella</i> cf. <i>angepena</i> Preiss, In Schmitt, 1979		Нижний кембрий С. Африки
<i>Aldania mussoorica</i> Tewari, 1984	15–20	Нижний кембрий Малых Гималаев (Индия)

*Примечание.* Кроме этих таксонов, в литературе можно найти описания и изображения непоименованных форм той же размерности из нижнего палеозоя Сибири, Северной Африки и Южной Австралии (Лучинина, 1988; Schmitt, 1979; Haslett, 1976) и, что особенно важно, из нижнего кембрия Западной Европы (Dore, 1963).

ем пользовалось и отчасти еще удерживается мнение, что в стратиграфической шкале строматолиты этой категории не поднимаются выше палеопротерозоя или же низов мезопротерозоя. В вышележащей части шкалы докембрия они, действительно, встречаются крайне редко (Корсаков и др., 1995), но уже давно было отмечено присутствие их представителей в кембрии (Крылов, 1985), а теперь очевидно, что в раннем палеозое министроматолиты вновь стали частым элементом биолитовых ассоциаций. Эта статья является первой попыткой осветить их раннепалеозойский комплекс. Здесь суммированы опубликованные в различных работах данные о формах из отложений кембрия и ордовика, по размерности принадлежащих к министроматолитам. Они описаны главным образом в 60-х и 70-х годах прошлого века и относились к столбчатым или столбчато-пластовым строматолитам. Ранее известные данные дополнены описанием новых таксонов из ни-

жнекембрийских и ордовикских отложений Сибири и Северной Африки.

В совокупности это позволяет подойти к характеристике раннепалеозойского комплекса министроматолитов. Но прежде чем остановиться на ней, необходимо подчеркнуть, что те данные о составе комплекса, которыми мы располагаем сейчас, еще далеко не полны. Лучше всего освещены министроматолиты в нижнем кембрии, что объясняется интенсивными палеонтологическими исследованиями по проблеме границы докембрия и кембрия: эти исследования коснулись и строматолитов. Из отложений нижнего кембрия происходит большинство ныне известных раннепалеозойских министроматолитов. Таким образом, характеристика их комплекса отражает главным образом его особенности в раннем кембрии. Однако немногие уже изученные более молодые раннепалеозойские формы хорошо вписываются в эту характеристику.

Важно также добавить следующее: уже известные на сегодня данные показывают, что министроматолиты, почти исчезнувшие к концу докембрия, присутствуют в отложениях раннего палеозоя Северной и Южной Азии, Западной Европы, Африки и Австралии. При этом, межконтинентальное распространение, а также немалое таксономическое разнообразие они приобрели уже в раннем кембрии (таблица).

### СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАННЕПАЛЕОЗОЙСКОГО КОМПЛЕКСА МИНИСТРОМАТОЛИТОВ

На фоне общего послерифейского обеднения строматолитов раннепалеозойский министроматолитовый комплекс может считаться довольно богатым. Не считая форм, не получивших названий, он включает сейчас более 20 формальных видов из кембрия и ордовика. Они принадлежат 15 формальным родам (см. таблицу). Виды, учтенные в таблице, охватывают весь диапазон размерности, предусмотренный для министроматолитов: поперечники колонок варьируют в интервале от долей миллиметра до 2 см; ради удобства дальнейших сравнений можно разбить их на две группировки. Первая включает формы с поперечниками колонок не более 1 см, отвечающие, таким образом, диагнозу *Minicolumellida*. В нее входит 8 формальных видов, представляющих 6 родов. Вторую группировку составляют министроматолиты, выходящие по своей размерности за рамки названного формализованного надродового таксона. Как можно заметить, относительно крупные, “макси” министроматолиты составляют две трети списочного состава видов и более половины перечня родов раннепалеозойского комплекса, между тем как раннерифейский и дорифейский комплексы министроматолитов представлены почти исключительно миниатюрными миниколумеллидами. При этом хорошо заметный в докембрии разрыв между микростроматитами и строматолитами “обычной” макроскопической размерности в раннем палеозое становится неощутимым.

Все министроматолиты первой группировки, то есть раннепалеозойские миниколумеллиды, принадлежат родам, известным пока лишь в нижнем палеозое, большинство представлено только в нижнем кембрии: *Charaulakhia* Schenf., *Tyseria* Raab., *Setula* gen. nov., *Turris* gen. nov.; род *Klifdenia* Werby известен только в ордовике. Род *Vetella* Kryl. распространен и в кембрии и в ордовике, причем представлен там разными видами. Министроматолиты этой группировки характеризуются тонкими, хорошо обособленными колонками, слоистой текстурой и высокой степенью унаследованности арок. При общности этих признаков у *Vetella uschbasica* Kryl., *V. ordov-*

*icea* sp. nov., *Charaulakhia zhuravlevae* Schenf., *Tyseria voronovae* Raab., *Klifdenia fasciculata* Werby, *Setula recta* gen. nov., *Turris alderis* sp. nov., эти формы, вместе взятые, обнаруживают достаточное разнообразие, а каждый таксон, как родовой, так и видовой, распознаются весьма отчетливо. Все перечисленные роды хорошо отличимы также от родов раннерифейских и дорифейских миниколумеллид, ни один из которых не проходит, по-видимому, в раннепалеозойский комплекс министроматолитов.

Составляющие вторую группировку министроматолиты более крупной – “макси” размерности частично относятся к родам, известным только в раннем палеозое, частично – к проходящим из рифея и венда. К первым принадлежат *Madiganites lembdadensis* Schmitt, *Thrombolitina rotunda* sp. nov., *Glebulella cavernosa* Doln., *G. columnaris* Masl., *Igoudinia hemisphaerica* Schmitt, *Vetella sarfatiae* Schmitt, *Ilicta* cf. *composita* Sidorov, *Neoparmites aptus* sp. nov., *N. victorius* (Sidor.), *N. noctuicus* (Doln.). Все названные таксоны, не выходящие за пределы нижнего палеозоя, характеризуются полиморфными колонками и неупорядоченным типом ветвления, напоминающая в этом отношении постройки столбчатых ветвящихся строматолитов надгруппы илликтид.

При высоком полиморфизме колонок и построек эти представители нескольких родов обнаруживают сходство по ряду основных морфологических признаков. Колонки характеризуются крайним непостоянством поперечников и изменчивой высотой; развилки варьируют по форме от альфа-, бета- или гамма-параллельных до резко дивергентных и подковообразных, а их расположение лишено закономерности, ориентировка колонок беспорядочная, кустообразные или сколько-нибудь правильные фасцикулярные постройки не типичны ни для одной из названных форм. Кроме морфологического сходства, эти формы сближает общая текстурная особенность; она может определяться как недоразвитая слоистость – признаки слоистого строения колонок не выражены вовсе, или выражены слабо, границы слоев улавливаются лишь иногда, через большие и неровные промежутки, темные и светлые слои дифференцированы редко, а их правильное частое чередование отсутствует.

При всех рассмотренных общих особенностях, между перечисленными таксонами имеются и заметные различия, то более, то менее значительные. Так *Thrombolitina rotunda* и *Madiganites lembdadensis* характеризуются практически полным отсутствием признаков слоистого строения колонок и различаются между собой мелкими особенностями микроструктуры карбоната. Скорее всего, обе формы следовало бы отнести к одному и тому же роду. Здесь это не сделано, так как нель-

зя причислить *Thrombolitina rotunda* к роду *Madiganites* Walt.; его типовая австралийская форма является отчетливо слоистым и притом довольно крупным строматолитом. Возможность же пересмотреть родовую принадлежность *M. lembadensis* Schmitt лучше предоставить авторам рода и вида.

Остальные формы с недоразвитой слоистостью обнаруживают те или иные ее признаки. Среди этих форм, оба вида *Glebulella* Masl. похожи на *Th. rotunda* и *M. lembadensis* отсутствием мостов, а также преимущественно сгустковой текстурой карбоната. Для других же форм мосты типичны, и они еще увеличивают полиморфизм близких по общему облику построек *Neoparmites*, *Igoudinia* и *Vetella sarfatia*. Эта последняя заметно отличается от типовой формы рода *Vetella* Kryl. (Bertrand-Sarfati, 1981).

Наконец, часть министроматолитов в раннем палеозое принадлежит родам, проходящим из докембрия. К ним относятся перечисленные в таблице представители родов *Columnnaefacta* Korol., *Acaciella* Walt., *Aldania* Kryl. В большинстве это формы с субцилиндрическими субвертикальными колонками, хорошо выраженной слоистостью и текстурами полосчатого или пластинчатого типа. От типовых форм своих родов, помимо меньших размеров и микроструктурных особенностей, они отличаются деталями бокового ограничения.

Подводя некоторые итоги, можно заметить, что довольно представительный раннепалеозойский комплекс министроматолитов отделен от их более древних богатых комплексов – раннепротерозойского и раннерифейского огромными интервалами геологического времени и не содержит общих с ними родовых и видовых таксонов. Элементы, проходящие из докембрия, в составе комплекса малочисленны и относятся к родам, распространенным не ранее среднего рифея. Они являются самыми мелкостолбчатыми формами этих родов, но все же принадлежат к министроматолитам “макси” размерности. Раннепалеозойский комплекс включает ряд форм, которые бесспорно относятся к настоящим миниколумеллидам, причем они составляют около трети ныне известных в его составе формальных видов.

Примечательный и самый характерный компонент комплекса представляют собой министроматолиты “макси” размерности с недоразвитой слоистостью: формирование их колонок и построек отличалось от обычного, и оно сближает эти министроматолиты с неслоистыми биолитами, позволяя видеть в них своеобразные колонковые минитромболиты. Их присутствие особенно резко отличает раннепалеозойский комплекс министроматолитов от протерозойских, а распрост-

ранение носит межрегиональный, межконтинентальный характер.

Из родовых и видовых таксонов, известных в составе раннепалеозойского комплекса министроматолитов, межрегиональное распространение пока установлено для *Charaulakhia juravlevae* Schenf., присутствующей в северной и юго-восточной Сибири (Шенфиль, 1975), для *Neoparmites victorius* (Sidor.) и *Vetella* Kryl., известных в Сибири и в Северной Африке (Semikhatov, 1977; Schmitt, 1979). Кроме того, нижекембрийские *Aldania* распространены в Индии и Казахстане: они развиты в фосфоритоносных толщах томмотского яруса Малых Гималаев (Tevari, 1983) и Малого Каратау.

В колонках министроматолитов как малой, так и более крупной размерности встречаются остатки слоеобразующих микрофоссилий хорошей сохранности: они известны в слоях *Cliefdenia fasciculata* Werby (*Girvanella*), *Tysseria voronovae* Raab., *Igoudinia hemisphaerica* Schmitt (*Epiphyton*, *Girvanella*, *Renalcis*), а также в слоях некоторых непоименованных министроматолитов из нижекембрийских отложений Франции и ордовика Сибири (Dore, 1963; Werby, 1982; Schmitt, 1979; Раабен, 1998; Лучинина, 1988). Обращает на себя внимание относительная частота их находок в постройках раннепалеозойских министроматолитов в сравнении с более древними.

## ОПИСАНИЕ НОВЫХ ТАКСОНОВ

### *Pod Neoparmites (gen. nov.)*

Тип рода: *N. aptus* (sp. nov.). Серия Ли-де вен, Антиатлас, Марокко.

**Диагноз:** министроматолиты “макси”-размерности. Колонки изменчивого диаметра, иногда сливающиеся; они образуют незакономерно разветвленные постройки высотой до 15–20 см и более. Оси колонок разноориентированные, очертания прихотливые, с асимметричными раздувами и пережимами, края то почти гладкие, но без стенки, то неровные, но без остrokонечных выступов. Расстояния между колонками изменчивые, мелкие соединительные мостики не характерны, иногда развиты длинные, толстые горизонтальные перемычки. Развилки дивергентные, часто подковообразные. Слоистость недоразвитая, нечеткая, темные и светлые слои не дифференцированы или слабо дифференцированы, арки не унаследованные.

**Сравнение.** Обликом построек *Neoparmites* в обнажениях и срезах несколько похож на *Parmites* Raab., а также на *Igoudinia* Schmitt и *Vetella sarfatia* Schmitt. С последними его сближает, кроме того, недоразвитая слоистость. Сравнительно высокие, узкие, слабо искривленные колонки отличают *Neoparmites* от двух названных таксонов.

Сходство с *Parmites* исчерпывается тем, что оба рода характеризуются мелкими, нередко сливающимися столбиками. На другие признаки сходство не распространяется. В отличие от *Neoparmites*, для рифейского рода *Parmites* Raab. типичны закономерно расширенные снизу вверх столбики с прерывистой стенкой или мелкозубчатым ограничением, радиальное расположение столбиков в разветвленных постройках, а также превосходно развитая слоистость с унаследованными арками.

**Состав рода.** Помимо типовой формы, к *Neoparmites* здесь отнесены *N. victorius* (Sidorov) и *N. noctuicus* (Doln.), ранее описанные в составе *Parmites* Raab., но отклоняющиеся от диагноза этого рода по указанным выше признакам, отличающим род *Neoparmites*.

**Распространение и возраст.** Марокканский Антиатлас, юго-восточная Сибирь. Нижний кембрий.

*Вид. Neoparmites aptus (sp. nov.)*

Табл. I, фото 3.

**Голотип.** ГИН РАН, № 4866/164 (обр. 164/Str.). Средние горизонты серии Ли-девен, Антиатлас, район Тиута, Марокко.

**Описание.** Министроматолитовые постройки размещаются неравномерно в пласте кирпично-розовых доломитизированных известняков мощностью 12–15 см и выделяются более светлой окраской. Постройки не имеют закономерной формы, они образованы субвертикальными и различно наклоненными высокими (до 10 см), относительно узкими колонками с изменчивыми диаметрами (от 3–4 до 15–16 мм), с прихотливо расположенными асимметричными утолщениями и пережимами, с дивергентными, часто подковообразными развилками. Края колонок осложнены крупными изгибами, на фоне которых поверхность то гладкая, но без облекания, то изобилует мелкими неровностями, причем остроконечные выступы отсутствуют. Смежные колонки иногда сливаются, между далеко отстоящими наблюдаются отдельные толстые и длинные горизонтальные перемычки, но мелкие частые мостики совершенно не развиты.

Слоистость едва намечена, причем только местами. Темные и светлые слои не дифференцированы: все слои сложены микрокристаллическим карбонатом с рассеянными вкраплениями зерен размером 0.03–0.05 мм. Границы слоев обычно прерывистые, разделены неравными промежутками, местами слабо ожелезнены. Арки унаследованные.

**Сравнение.** Из форм, относимых здесь к *Neoparmites* (описанных ранее в составе рода *Parmites* Raab.), *N. noctuicus* (Doln.) отличается мелкокомковатой текстурой всех своих слабо разграниченных слоев, а *N. victorius* (Sidor.) – присутствием различимых местами, слабо дифференцирован-

ных темных и светлых слоев. Превосходное описание этих форм дано их авторами (Дольник, 1974; Крылов и др., 1969).

**Материал.** 7 образцов (штуфы, шлифы) из района Тиута.

**Распространение.** Как у голотипа. Нижний кембрий.

*Под Thrombolitina (gen. nov.)*

Тип рода: *T. rotunda* (sp. nov.). Нижний кембрий Высокого Атласа. Марокко.

**Диагноз.** Постройки из колонок с размерностью, отвечающей министроматолитам “макси” и с атипичным для строматолитов неслоистым строением. Очертания колонок изменчивы, ориентировка их осей в постройках и расположение лишены закономерности. На краях колонок отсутствует стенка и нет остроконечных выступов. Соединительные слои между колонками не развиты. Слоистость не выражена, местами может намечаться слабо выраженная зональность в расположении элементов микроструктуры.

**Сравнение.** Отсутствие признаков слоистого строения колонок отличает новый род *Thrombolitina* от всех других родовых таксонов нижнепалеозойских министроматолитов.

**Состав рода.** Типовой вид.

**Примечание.** Вероятно к этому роду следует отнести *Madiganites lembdadensis* Schmitt, характеризующийся теми же особенностями строения колонок.

**Распространение.** Как у типового вида.

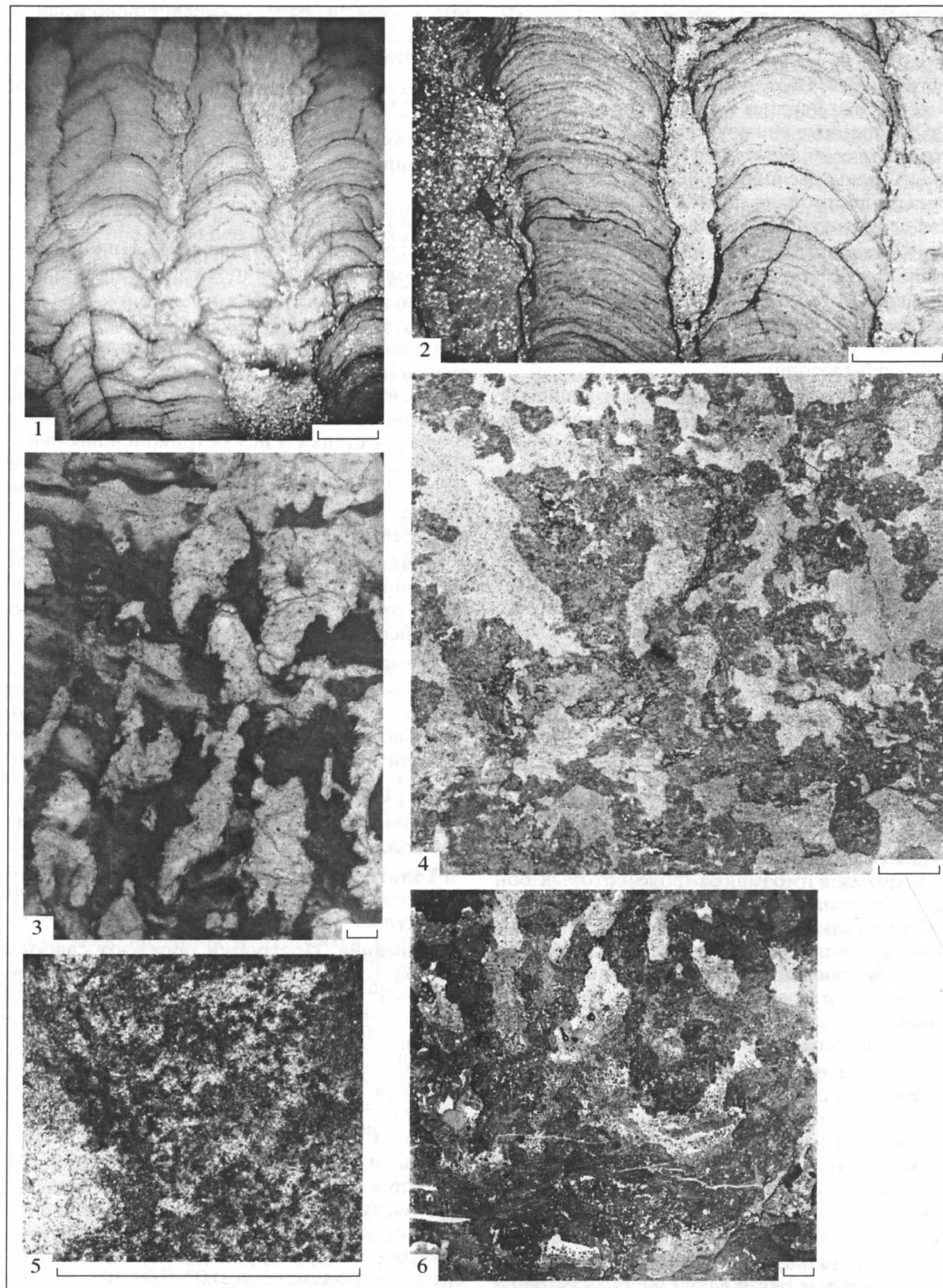
*Вид Thrombolitina rotunda (sp. nov.)*

Табл. I, фото 4, 5.

**Голотип.** ГИН РАН № 4866/219 (Обр. 219/str.). Нижний кембрий р-на Унейн, уэд Лембдад, Высокий Атлас.

**Описание.** Постройки образуют слабовыпуклые биогермы высотой 10–15 см и напоминают обликом “ячеистые тромболиты”, изображенные в работе Дж. Айткина (Aitkin, 1967). Поперечники колонок от 5 до 20 мм, высота – от 5 до 30 мм, форма изменчивая, неправильная, нередко клубневидная. Часто наблюдается слияние смежных колонок, но соединительные слои отсутствуют. На краях колонок нет ни стенки, ни острых выступов, а лишь изгибы неправильной формы. Слоистость, как таковая, отсутствует, но местами намечается слабо выраженная, неправильная зональность в расположении элементов микроструктуры. Микроструктура мелкоглобулярная, с размерами элементов 0.03–0.04 мм, расположение рассеянное.

**Сравнение.** От упомянутого выше *Madiganites lembdadensis* отличается размером глобулярных элементов и более редким их расположением.



**Таблица I.** Постройки, колонки, текстура министроматолитов.

1, 2 – *Turris alderis* sp. nov.; 3 – *Neoparmites aptus* sp. nov.; 4, 5 – *Thrombolitina rotunda* sp. nov. – голотипы; 6 – *Madiganites lembadensis* Schmitt (обр. 218181, уэд Лембад). Фото 1, 2, 4, 5, 6 – шлифы; 3 – пришлифовка. Длина линейки равна 5 мм.

**Материал.** 3 образца из типового района, 8 шлифов.

**Распространение.** Нижний кембрий Высокого Атласа, бассейн уэда Лембад, Марокко.

*Pod Turris (gen. nov.)*

Тип рода: *T. alderis* sp. nov., Тюссерская свита хр. Хараулах, руч. Альдерхай, басс. р. Лены.

**Диагноз.** Министроматолиты параллельно столбчатые, диаметр колонок от 5–6 до 10 мм, высота значительно превышает диаметр. Колонки прямые, субцилиндрические, вертикальные, ветвятся крайне редко. Края колонок осложнены угловатыми выступами, облекание не развито. Расположение колонок в пласте неравномерное, соединительные слои полностью отсутствуют. Слоистость в колонках отчетливая.

**Сравнение.** Отличается относительно крупным размером колонок от других миниколумеллид, развитых в той же свите, в других нижнекембрийских подразделениях и в ордовике, а также от протерозойских параллельно столбчатых министроматолитов с четко изолированными колонками (*Minicolumella chauhana* Raab., *M. barmnae* Raab., *Longicolumella formosa* Liang.). От мелких форм таких родов, как *Jurusania* Kryl., *Aldania* Kryl., *Columnaefacta* Korol. отличается полным отсутствием соединительных слоев между колонками.

**Состав рода.** Типовой вид.

**Распространение.** Как у типового вида. Нижний кембрий.

*Vid Turris alderis (sp. nov.)*

Табл. I, фото 1, 2.

**Голотип.** ГИН РАН № 4866/26 (обр. В-79-26 коллекции В.В. Миссаржевского). Тюссерская свита, хр. Хараулах, руч. Альдерхай, басс. р. Лены.

**Описание.** Параллельно расположенные вертикальные субцилиндрические колонки. Средний диаметр 5–7 мм, максимальный иногда достигает 9–10 мм, высота до 5–7 см. Края колонок неровные, с мелкими и крупными угловатыми выступами. Форма арок варьирует от полого-выпуклой до субсферической: нередко арки асимметричны. Ветвление в постройках наблюдается крайне редко, единичные развилки альфа-параллельны. Поперечные сечения колонок часто удлинены в одном направлении, длинные диаметры в 2–3 раза больше коротких; расстояния между колонками то соизмеримы с диаметром, то превышают его в несколько раз. Слоистость четкая, тонкая, пластинчатого типа. Слои 0.02–0.06 мм образованы сероватым микритом, поверхности слоев слегка ожелезнены и часто стилолитизированы.

**Сравнение.** Единственный вид в составе рода.

**Материал.** 8 шлифов из коллекций В.В. Миссаржевского и Л.Г. Вороновой.

**Распространение.** Нижний кембрий хр. Хараулах.

*Pod Setula (gen. nov.)*

Тип рода. *S. recta*, Тюссерская свита хр. Хараулах, Сев. Сибирь.

**Диагноз.** Очень тонкие, высокие колонки субцилиндрической формы, диаметром 1–3 мм, иногда со слабо дивергентными или параллельными развилками. Края колонок неровные, с неравномерно расположенными выступами и углублениями неправильной формы. Стенки нет, но колонки хорошо обособлены, мостики и другие соединительные слои отсутствуют. Слои в колонках толстые, арки слабо выпуклые.

**Сравнение.** Размерами и формой своих прямых цилиндрических, хорошо обособленных колонок *Setula* gen. nov. отчасти напоминает *Tyseria* Raab., но отличается от нее неровными контурами колонок, их более редким расположением, формой развилки, а также толстой слоистостью.

**Состав рода.** Типовой вид.

**Распространение.** Как у типового вида.

*Vid Setula recta (sp. nov.)*

Табл. II, фото 1, 2.

**Голотип.** ГИН РАН, № 4866/29 (обр. В79/29 коллекции В.В. Миссаржевского). Низы тюссерской свиты хр. Хараулах.

**Описание.** Группы тонких колонок диаметром не более 1–2 мм. Отдельные колонки достигают высоты 3 см, обычно – 1–2 см. Колонки иногда ветвятся, развилки слабо дивергентные и параллельные. Очертания колонок цилиндрические, оси прямые, края осложнены неровностями прихотливой формы. Расстояния между колонками обычно меньше их поперечников, реже колонки отстоят на 3–4 мм. Мостики между колонками и общие соединительные слои не наблюдаются. Края колонок без облекания. Слоистость толстая (0.5–1.0 мм), не везде четкая, арки выпуклые, невысокие. Текстура слоев при хорошей сохранности выглядит мелкокачистой, с округлыми светлыми “окошками” на фоне сероватого микрита; большая часть слоев сложена сероватым бесструктурным микритом с пятнистой, то более светлой, то более темной окраской.

**Сравнение.** Единственная форма в составе рода.

**Материал.** Типовой образец.

**Распространение.** Низы нижнего кембрия хр. Хараулах.

*Pod Vetella Kryl, 1967*

*Vid Vetella ordoviciana sp. nov.*

Табл. II, фото 3–7.

**Голотип.** ГИН РАН, № 4866/601, коллекция М.А. Семихатова, ордовик Сибири.

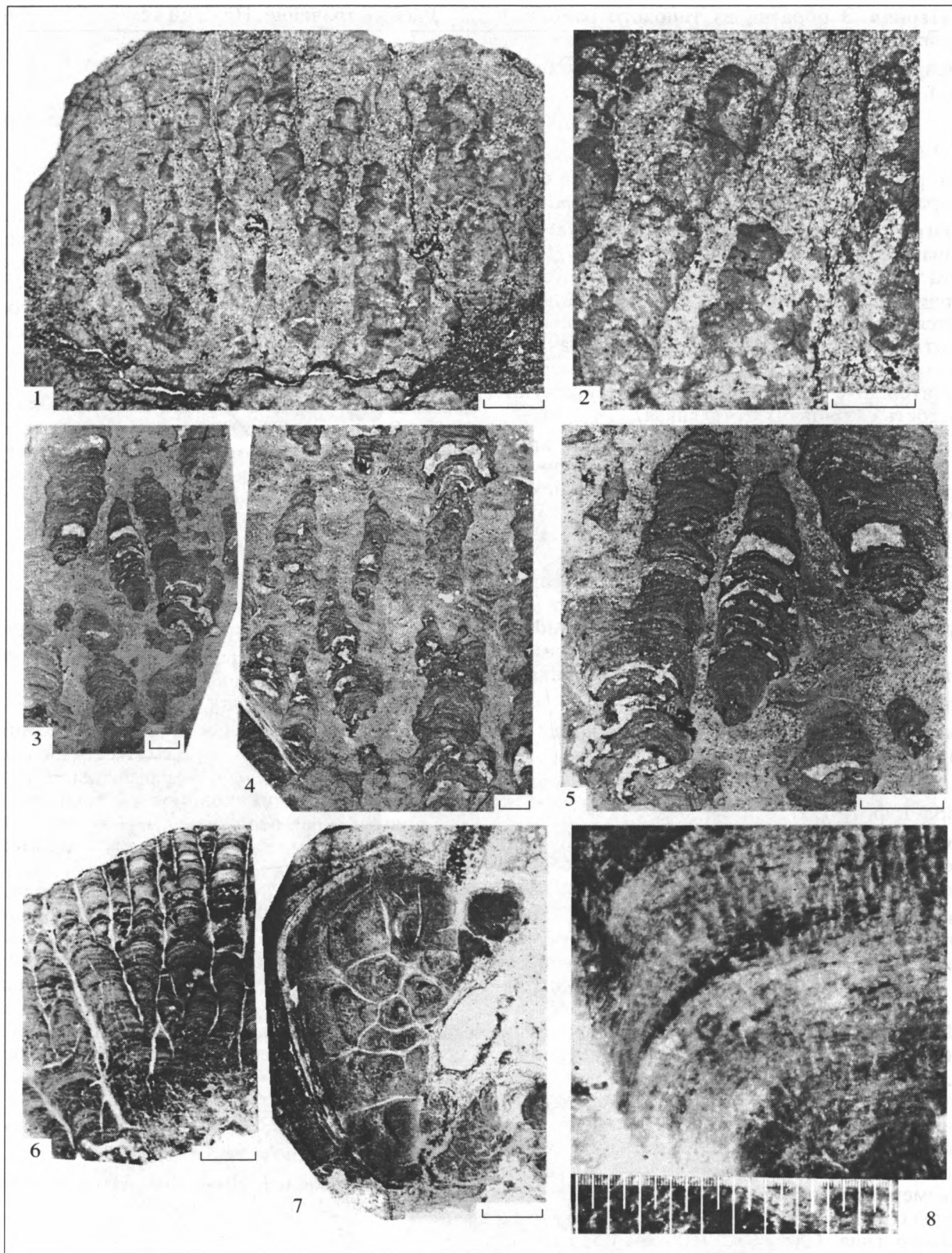


Таблица II. Постройки, колонки, текстура министрматолитов.

1, 2 – *Setula recta* sp. nov.; 3–5 – *Vetella ordoviciana* – голотипы. 6, 7, 8 – *Tysseria voronovae* Raab. (6, 8 – голотип, 7 – обр. В-70/666 биогерм в поперечном сечении). Шлифы. Длина линейки на фото 1–7 равна 5 мм, на фото 8 – 1 мм (малое деление 0.05 мм).



**Описание.** Субцилиндрические неровные колонки диаметром 4–10 мм, высотой 1–7 см, прямые и изогнутые; они образуют высокие вертикальные или наклонные постройки фасцикулярного типа с неравномерно расположенными узловатыми дивергентными развилками. Обликом постройки напоминают тонкие древесные веточки, как это было подчеркнuto названием рода при его выделении (Крылов, 1967, с. 58). От развилки под разными углами отходят две или несколько колонок, обычно они различны по величине, иногда ветвятся повторно, иногда заканчиваются пальцеобразно. Расстояния между колонками в постройках изменчивы; мостики практически отсутствуют. Края колонок не несут острых выступов, но ослужены бугорками или валиками, на коротких участках видно облекание. Слоистость отчетливая, арки слоев иногда сгфрированы, унаследованность несовершенная. Текстура ленточная, слои (0.7–0.9 мм) сложены тонкозернистым карбонатом серой окраски, темнеющей близ верхней границы большинства слоев. Местами слои разграничены тонкой россыпью черных пылеватых частиц. В колонках или внутри отдельных слоев нередко включения белого кристаллического кальцита, придающие текстуре “фенестровый” облик.

**Сравнение.** По морфологии построек и размерности новый вид близок к типовому, но хорошо отличается ленточной текстурой как от *V. uschbasica* Kryl., так и от *V. mirichunica* Doln., с их ярко выраженной полосчатой текстурой. От *V. sarfatiae* Schmitt его отличает отсутствие в слоях характерных для той радиальных элементов и ряд морфологических признаков, особенно отсутствие мостов, изобилующих у *V. sarfatiae* (Schmitt, 1979).

**Материал.** Типовой образец (штуф, более 20 шлифов и срезов).

**Распространение и возраст.** Ордовик Сибири.

*Под Tysseria Raaben, 1998.*

Тип рода: *Tysseria voronovae* Raab. из тюссерской свиты хр. Хараулах.

**Диагноз.** Тонкие, ровные цилиндрические и узко-конические колонки диаметром менее 5 мм, высотой до нескольких сантиметров; при ветвлении они образуют постройки-фасцикулы, часто разветвленные многократно. Характерна компактность фасцикул: колонки тесно сближены, но четко разграничены и редко сливаются. Мостики отсутствуют. Края колонок гладкие, но без облекания. Слоистость отчетливая, арки выпуклые, с хорошей унаследованностью. При достаточной сохранности в слоях различимы радиальные и послойные элементы.

**Сравнение.** *Tysseria* Raab. относится к настоящим миниколумеллидам; она отличается четко обособленными колонками и отсутствием мости-

ков от большинства их докембрийских родов. Многократно разветвленные сжатые фасцикулы отличают *Tysseria* от *Longicolumella* Qiu et Zhang, *Minglingella* Xiao, *Minicolumella* Raab., не образующих фасцикулярных построек, а тесное расположение колонок в постройках – от раннепалеозойских родов, сравнимых по размерности: от *Vetella* Kryl. и *Setula* gen. nov.

**Примечание.** Краткая характеристика *Tysseria* и описание типового вида были опубликованы при установлении этих таксонов (Раабен, 1998). Корректно оформленный диагноз рода и более подробное описание вида приведены здесь в дополнение к данным о новых таксонах раннепалеозойских министроматолитов.

**Состав рода.** Только типового вид.

**Распространение и возраст.** Как у типового вида. Нижний кембрий.

*Вид Tysseria voronovae* Raab. 1998.

*T. voronovae*, Раабен, 1998, с. 156–158.

Табл. II, фото 6–8.

**Голотип.** ГИН РАН, № 4866/615 (обр. В70/66) из тюссерской свиты хр. Хараулах, руч. Альдерхай.

**Описание.** Постройки *Tysseria* залегают в светлом известняке с зернами ярко зеленого глауконита и раковинами хиолитид, слагая корковидные тела протяженностью 5–6 см, толщиной до 3 см, а также миниатюрные биогермы диаметром 0.5–1.5 см. Постройки в них тесно прилегают друг к другу как и колонки, образующие эти постройки. Колонки цилиндрические или в виде очень узкого конуса, варьируют по величине: диаметры от 0.3 до 3.0 мм (чаще 1–2 мм), высота от 2 до 20 мм. Очертание колонок в поперечных сечениях округло-полигональное, края очень ровные, стенки отсутствуют. Оси колонок расположены нормально к поверхности субстрата или слегка изгибаются. Колонки ветвятся часто, по преимуществу многократно, развилки бэта-параллельные, очень узкие, колонки нигде не расходятся сколько-нибудь широко (расстояние не превышает 0.15 мм), и постройки представляют собой сжатые, компактные фасцикулы. При этом колонки четко разграничены, сливаются крайне редко и совершенно лишены соединительных мостиков. Слоистость в колонках хорошо развита, толщина слоев изменчивая, арки плавно выпуклые, унаследованные. Текстура слоев неоднородная, что видно лишь на участках с хорошей сохранностью: перемежаются слои с послойно-волокнутой (0.01–0.1 мм) и с радиально-фиброзной текстурой (0.1–0.6 мм). В первых иногда хорошо различимы слепки нитей микрофоссилий *Gurganella*, слагающие их целиком, во вторых – слепки нитей *Epiphyton*, они расположены радиально и местами проникают в вышележащий слой. В промежутках между ними в

тонкозернистом кальците встречаются микрофоссилии *Renalcis*.

**Сравнение.** Единственный вид в составе рода.

**Материал.** Типовой образец, шлифы В-70-66 А-К из того же обнажения.

**Распространение.** Тюссерская свита, руч. Альдерхай, басс. Р. Лены, Северная Сибирь. Нижний кембрий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Министроматолиты приобретают в раннем палеозое широкое распространение. Они обнаруживают значительное разнообразие уже в начале кембрия. Численность известных на сегодня родовых единиц, близкая к нулю в конце докембрия, поднимается в нижнем кембрии до значений того же порядка, что и в нижнем рифее или палеопротерозое с их богатыми комплексами. Более важным, чем этот формальный количественный показатель, представляется то качественное разнообразие, которое можно заметить у раннепалеозойских министроматолитов; оно выражено как широким спектром их размерностей, так и существенными различиями типов строения колонок.

В составе раннепалеозойского комплекса одну часть составляют министроматолиты, близкие по размерности и типу строения колонок к палеопротерозойским и раннерифейским миниколумеллидам и псевдогимносоленитам, но представленные новыми родами, отсутствующими в более древних отложениях. Другую часть комплекса образуют те министроматолиты большей размерности, которым отвечают самые мелкостолбчатые формы отдельных проходящих рифейско-вендских родов ветвящихся построек. Еще одну, особенно примечательную часть комплекса составляют министроматолиты (преимущественно "макси" размерности), со своеобразным внутренним строением колонок. Их отличает специфичная недоразвитая слоистость, сближающая их с тромболитами. Роды, которые выделяются в этой группировке, в докембрии отсутствуют.

С биостратиграфических позиций на сегодня реальный интерес представляют министроматолиты с тромболитоподобным типом строения колонок. В более отдаленной перспективе полезными реперами могут стать раннепалеозойские роды миниколумеллид, благодаря четкости своих характеристик. Однако пока эти роды эндемичны, и перспективы могут стать реальными лишь при условии дальнейшего развития исследований в указанном направлении.

Министроматолиты неоднократно привлекались к решению общих вопросов морфогенеза строматолитовых построек, и их раннепалеозойские представители заслуживают в этом плане особого внимания. В колонках кембрийских и ор-

довикских мини-форм особенно часты находки микрофоссилий, играющих слоеобразующую роль: это позволяет отказаться от распространенного представления о неорганической природе всех или большинства министроматолитов. Среди микробиальных остатков преобладают роды, которые появляются вблизи границы докембрия и кембрия, и это подчеркивает вероятную связь между становлением раннепалеозойского комплекса министроматолитов и эволюционными изменениями в мире микробов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 98-05-64259 и 99-05-64054).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Дольник Т.А.* Строматолиты и микрофитолиты в стратиграфии рифея и венда складчатого обрамления юга Сибирской платформы. Новосибирск: СО РАН, 2000. 317 с.

*Дольник Т.А., Воронцова Г.А.* Биостратиграфия верхнего докембрия и нижних горизонтов кембрия Северо-Байкальского и Патомского нагорий. Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во, 1974. 96 с.

*Корсаков В.С., Макарихин В.В., Ассатулаев Р.Н.* Первые находки рифейских микростроматолитов в западном Узбекистане // *Узбекский геол. журнал.* 1995. № 5. С. 3–8.

*Крылов И.Н.* Рифейские и нижнекембрийские строматолиты Тянь-Шаня и Каратау. М.: Наука, 1967. 85 с.

*Крылов И.Н.* Строматолиты рифея и фанерозоя СССР. М.: Наука, 1975. 220 с.

*Крылов И.Н.* Строматолиты в стратиграфии верхнего докембрия: проблемы 85 // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1985. № 2. С. 44–56.

*Крылов И.Н., Королук И.К., Сидоров А.И.* Строматолиты // *Томмотский ярус.* М.: Наука, 1969. С. 195–214.

*Лучинина В.А.* Известковые водоросли в строматолитовых постройках нижнего палеозоя Сибирской платформы // *Известковые водоросли и строматолиты.* Новосибирск: Наука, 1988. С. 139–145.

*Макарихин В.В., Медведев П.В.* Проблемы систематики и эволюции органического мира // *Тез. докл. XLIII сес. Палеонтолог. общ-ва СПб.: Палеонтолог. общ-во РАН, 1997. С. 42–43.*

*Маслов В.П.* Строматолиты. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 187 с.

*Нужнов С.В.* Строматолиты позднедокембрийских и кембрийских отложений восточных склонов Алданского щита // *Докл. АН СССР.* 1960. Т. 132. № 6. С. 1421–1424.

*Раабен М.Е.* Микростроматолиты – характерный элемент нижнепротерозойского строматолитового комплекса // *Докл. АН СССР.* 1980. Т. 250. № 3. С. 734–737.

*Раабен М.Е.* Рифейские строматолиты в нижнем протерозое // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1981. № 6. С. 51–64.

*Раабен М.Е.* Актуальные вопросы систематики строматолитов // *Актуальные вопросы современной палеоальгологии.* Киев: АН УССР, 1986. С. 137–183.

- Raaben M.E.* Колонковые микростроматиты в раннем рифее // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 9. С. 87–96.
- Raaben M.E.* Микростроматиты и их природа // Литология и полезн. ископаемые. 1998. № 2. С. 153–161.
- Raaben M.E., Семихатов М.А.* Динамика глобального разнообразия надродовых группировок строматолитов в протерозое // Докл. РАН. 1996. № 2. С. 234–238.
- Семихатов М.А., Раабен М.Е.* Динамика глобального разнообразия строматолитов протерозоя // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4. № 1. С. 26–54.
- Шенфиль В.Ю.* Новая группа строматолитов из пограничных отложений докембрия и кембрия Сибири // Аналоги вендского комплекса в Сибири. М.: Наука, 1975. С. 141–142.
- Aitken J.D.* Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta // Sedimentol. Petrol. 1967. № 37. P. 1163–1178.
- Bertrand-Sarfati J.* Probleme de la limite Precambrien-Cambrien: la section de Tiout (Maroc) les stromatolites et leur biostratigraphie (Schmitt, 1979): critiques et observations // Newslet. Stratigr. 1981. № 10(1). P. 20–26.
- Dore F.* Age et position des calcaires de Saint-Jean-de-la-Riviere dans le Cambrien des Moitiers d'Allone (Manche) // Bull. Soc. geol. France. 1963. № 7. P. 722–729.
- Grey K.* Biostratigraphic studies at stromatolites from the Proterozoic Earraheedy Group, Naberu basin, Western Australia. Geol. Surv. W. Austral. Bull. 1984. № 130. 123 p.
- Grotzinger J.P.* Geochemical model for Proterozoic stromatolite decline // Amer. J. Sci. 1990. V. 290A. P. 80–103.
- Haslett P.G.* Lower Cambrian stromatolites from open and sheltered intertidal environments, Wirrealpa, South Australia // Stromatolites. Developments in sedimentology 20. Amsterdam etc., Elsevier. 1976. P. 565–584.
- Hofmann H.J., Jackson D.G.* Proterozoic ministromatolites with radial-fibrous fabric // Sedimentology. 1987. V. 34. P. 963–971.
- Liang Y., Cao R., Zhang L. et al.* Pseudogymnosolenacea of Late Precambrian in China. Beijing. Geol. Publ. House, 1984. 200 p.
- Preiss W.V.* The systematics of South Australian Precambrian and Cambrian stromatolites. Part 1 // Transact. R. Soc. Austral. 1972. V. 96. P. 67–100.
- Raaben M.E., Sinha A.K.* Classification of stromatolites // Dehradun, Himalayan Geology. 1989. V. 13. P. 153–161.
- Schmitt M.* The section of Tiout (Precambrian–Cambrian boundary beds, Anti-Atlas, Morocco). Stromatolites and their biostratigraphy // Wurzburg. Paleontol. Inst. Arb. 1979. № 2. 188 p.
- Schmitt M., Southgate P.N.* A phosphatic stromatolite (*Ilicta cf. composita* Sidorov) from the Middle Cambrian, N. Australia // Alcheringa. 1982. № 6. P. 175–183.
- Semikhatov M.A.* Methode paleontologique dans la correlation du Precambrien superieur des regions periatlantiques de l'Europe, de l'Afrique et de l'Amerique // Estudos Geol. 1977. V. 33. P. 365–372.
- Tevani V.C.* Stromatolites and Precambrian–Lower Cambrian biostratigraphy of the Lesser Himalayan, India // Proc. 5<sup>th</sup> Indian Geophyt. Conf. Paleobotanic Soc. Ind., Lucknow. 1983. P. 71–97.
- Werby B.D.* Cliefdenia, a new stromatolite and associated Girvanellid from the Ordovician of New South Wales // Alcheringa. 1982. № 6. P. 185–191.
- Zhu Sh., Xu Ch., Gao F.* Early Proterozoic stromatolites from Wutai Mt. and its adjacent regions // Bull. Tianjin Inst. Geol. Mineral resources. 1987. № 7. 180 p.

*Рецензенты В.В. Макарихин, А.Ю. Розанов*