

Общая геология

УДК 551.72:561.2(1–925.73)

ПАЛЕОБИОЦЕНОЗЫ НЕОПРОТЕРОЗОЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА КИТАЯ (ПОЛУОСТРОВ ЛЯОДУН)

А.М. Станевич, Т.А. Корнилова, Е.Н. Максимова*, Д.П. Гладкочуб, Лингсен Зенг**

Институт земной коры СО РАН, Иркутск

*Восточно-Сибирская государственная академия образования, Иркутск

**Институт геологии Китайской Академии геологических наук, Китай, Пекин

E-mail: stan@crust.irk.ru

Впервые получены и изучены микрофоссилии из формации Вангъятан (*Wangjiatan*) северо-востока Китая. Описаны разнообразные органостенные формы акритарх и цианобактерий. Реконструирована среда их обитания и захоронения. Среди акритарх выделены морфологические группировки, которые предварительно сопоставлены с крупными таксонами растительного мира: бурыми и зелеными водорослями. По ряду форм (*Kirbia multipartita* Mikh. et Volk. и др.) формацию Вангъятан можно отнести к верхам верхнего рифея.

Ключевые слова:

Северо-Восточный Китай, неопротерозой, микрофоссилии, акритархи, водоросли, бактерии, обстановки осадконакопления.

Key words:

Northeast China, Neoproterozoic, microfossils, acritarchs, algae, bacteria, depositional environment.

Таксономическое разнообразие и сложное строение органостенных форм, описанных из разрезов позднего протерозоя за последние пятнадцать лет, более определенно обозначило тенденции развития палеобиологического и биостратиграфического направлений в микрофитологии докембрия. В биостратиграфическом направлении стала отчетливой видна ранее намечившаяся тенденция, допускающая более раннее появление ряда сложнопостроенных микрофоссилий, многим из которых придавалось значение позднерифейских, вендских и даже нижнепалеозойских маркеров [1]. Крупные акритархи *Chuarina* Walcott, *Lophosphaeridium* Timofeev, *Simia* Mikhailova et Jankauskas, *Valeria* Jankauskas и другие, известные сегодня из отложений мезопротерозоя, до недавнего времени были известны преимущественно в неопротерозое. В палеобиологическом направлении основной проблемой остается выяснение природы многочисленных акритарх, систематическая принадлежность которых не известна. Несмотря на более чем полувековую историю исследований, ассоциации органостенных форм докембрия в своем большинстве представляют собой малоизученные объекты.

Палеобиологическое направление, касательно органостенных форм (преимущественно акритарх),

основано на более или менее доказательном сравнении с современными аналогами [2–5]. Очевидно, что большинство крупных акритарх являются формами эукариотных водорослевых или грибных сообществ. Многие из форм, относимых к разным родам и подгруппам акритарх, реально могут принадлежать одному систематическому таксону достаточно низкого ранга (роду, виду). Примерами сказанному служат свидетельства того, что ряд выделенных самостоятельных таксонов являются стадиями жизненного цикла или посмертно распавшимися фрагментами цианобактерий [6, 7]. Известны и уникальные случаи нахождения акритарх разных родов, прикрепленных к ветви слоевища и представляющих таким образом единый организм [8]. Вместе с тем для реальных водорослей разных порядков характерна высокая степень полиморфизма, вследствие чего один и тот же вид в ископаемом состоянии может быть представлен морфологически несопоставимыми формами. Наблюдаемые переходные формы между разными таксонами акритарх в благоприятных случаях могут дать косвенные критерии для выяснения связей между признаками разных форм и для создания актуально-онтологической модели древнего организма.

Нами были изучены ассоциации органостенных форм из неопротерозойской формации Ван-

гьятан (Wangjiatan) полуострова Ляодун Северо-Восточного Китая. Их морфологические особенности, а также обстановки их обитания и захоронения в то же время позволяют провести предварительное сопоставление с современными аналогами растительного мира. В громадном карьере около г. Лухай вскрываются морские отложения верхов неопротерозоя и нижнего кембрия (рис. 1). Переохлаждение и латеральное замещение таких фаций, как пестроцветные, реже темные аргиллиты и строматолитовые известняки, свидетельствуют о мелководных, частично лагунных условиях осадконакопления. Породы пропитаны гидроокислами железа. Пробы на микрофоссилии были отобраны из аргиллитов, от темных до черного.

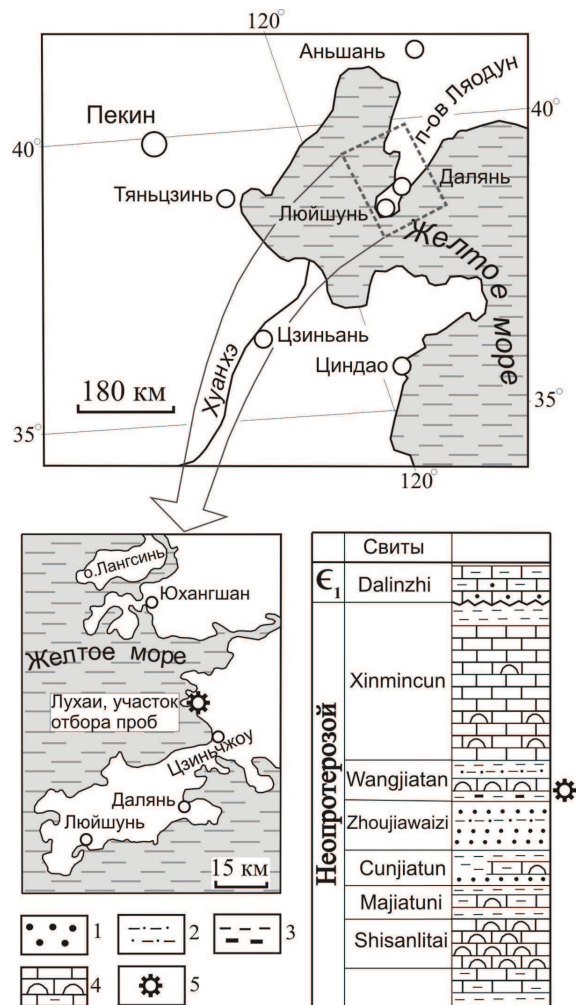


Рис. 1. Схема и стратиграфическая колонка с местонахождениями микрофоссилий по разрезу карьера около г. Лухай. 1 – песчаники; 2 – алевриты; 3 – аргиллиты, углеродистые аргиллиты; 4 – известняки, известняки строматолитовые, глинистые; 5 – местоположение проб с микрофоссилиями

Для кислотного извлечения органостенных форм нами использовались приёмы стандартной палеопалинологической методики. Вопрос возможного загрязнения докембрийских проб более молодыми формами является постоянно актуаль-

ным и не в полной мере решается выполнением известных методических инструкций. Для обеспечения большей стерильности мацерата, перед основным растворением, порода частично растворялась во фтористоводородной кислоте и растворенная часть удалялась. Часть материала изучалась в петрографических шлифах, изготовленных из кусочков проб, подвергнутых растворению. Плоскость распила для изготовления шлифов делалась субпараллельно плоскости слоистости аргиллитов. Следует отметить, что внутреннее строение микрофоссилий в шлифах распознается труднее, в отличие от препаратов с мацератом, из-за фонового наложения минеральных частиц.

Одним из немногих подходов, дающих возможность наметить систематическую принадлежность микрофоссилий докембрия, является экобиологический, который учитывает условия метаболизма крупных таксонов растительного мира. Данные о палеобиоценозах позднего докембрия и вероятных обстановках осадконакопления позволяют предположить разные условия не только жизнедеятельности, но и захоронения форм разных групп организмов (рис. 2). Эта достаточно примитивная схема демонстрирует, насколько спорными могут быть многие экофациальные заключения. Наиболее однозначную экобиологическую характеристику в докембрии имеют микрофоссилии из узкоразвитой субаэральной фации органогенных карбонатов. Они обычно изучаются в шлифах сингенетически окремненных строматолитовых карбонатов и, как правило, сопоставляются с представителями цианобактериального сообщества.

Следует признать, что микрофоссилии из глинистых отложений представляют собой остатки организмов, часто имеющих разную природу и условия жизнедеятельности. По-другому говоря, являются полным или частичным танатоценозом. Это хорошо видно по представленному материалу, где можно выделить несколько палеобиологических групп (рис. 3, 4).

Часть микрофоссилий с уверенностью распознаются как цианобактерии (рис. 3. 16–20; рис. 4. 2, 5, 6). Цианобактериальные формы, вероятнее всего, были привнесены с недалеко расположенных участков развития строматолитовых построек. Удлиненные нити, часть которых имеет закрученно-зубцовое строение, возможно, также принадлежали цианобактериальному сообществу (рис. 4. 1, 3, 4). Большинство других микрофоссилий следует рассматривать в классификации акритарх, что подразумевает их неясную естественно-систематическую принадлежность. Вместе с тем морфология, размеры форм и сделанные ранее выводы позволяют предварительно наметить биологическую принадлежность части рассматриваемых акритарх.

Разновидности микрофоссилий с коккоидной структурой относятся к *Bavlinella faveolata* Schep. или к *B. variabilis* (Moorm.) (рис. 4. 10–12). М. Моорман относил их к планктону цианобактерий, обитающих в фотической зоне [9]. Установлено,

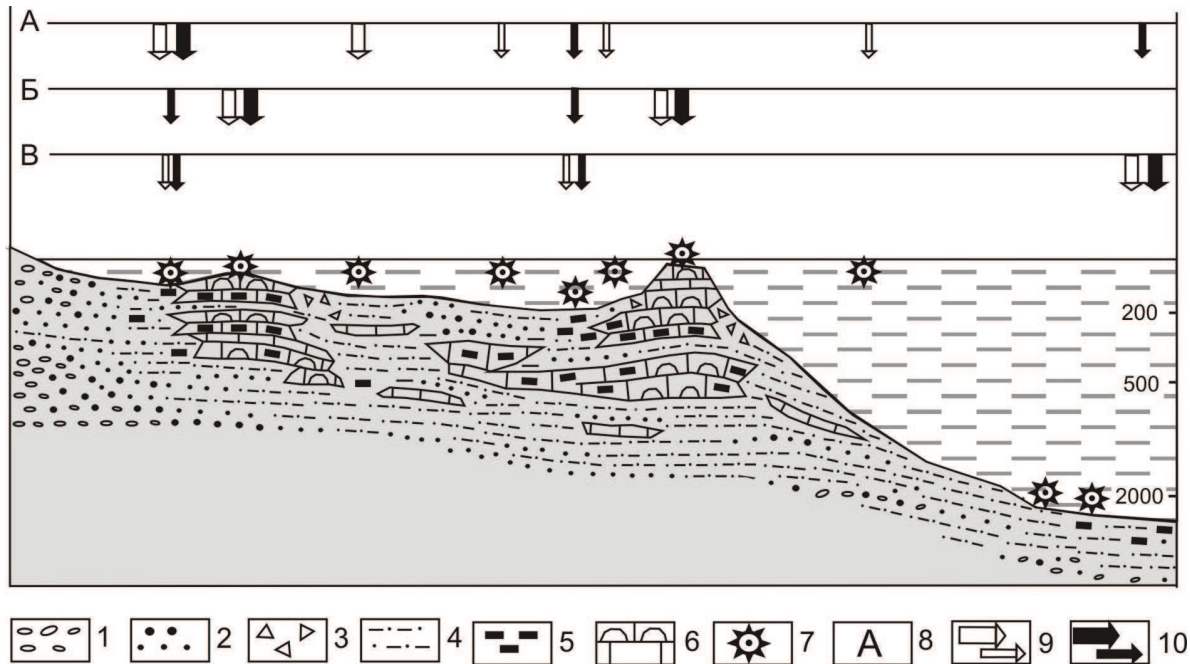


Рис. 2. Модель распространения участков преимущественных жизнедеятельности и захоронения форм микроорганизмов в морских бассейнах позднего докембрия. 1 – конгломераты; 2 – гравелиты, песчаники; 3 – брекчия обрушения; 4 – алевропелитовые отложения; 5 – углеродсодержащие отложения; 6 – карбонаты, карбонаты органогенные; 7 – участки преимущественного обитания групп микроорганизмов; 8 – обобщённые группы микроорганизмов: А – водоросли фотической зоны литорали и sublittoral, в том числе и планктон эпипелагиали; Б – бентос цианобактериальных сообществ карбонатных построек; В – бентос бактериальных сообществ углеродсодержащих алевропелитов; 9, 10 – максимальная и незначительная вероятность: 9 – жизнедеятельности, 10 – захоронения микроорганизмов. Справа показана ориентировочная глубина в метрах

что *Bavlinella* Scher. представляли собой микроколонию, трактуемые как анаэробные сульфатредуцирующие серные бактерии бентосного обитания [10]. При взаимодействии захваченной ими серы с железом глинистого осадка бактериальные клетки трансформируются в фрамбониды пирита, повторяющие форму колоний и нередко сохраняющие органостенную оболочку. Подобные отложения формируются в анаэробных, в разной степени стагнационных, условиях морских бассейнов, вплоть до мезобатиальных, афотических зон [11]. В нашем случае, учитывая близкую фаціальную последовательность с субаэральными строматолитовыми постройками, углеродистые аргиллиты с микрофоссилиями формировались, скорее всего, в лагунных условиях. Мелкие формы, образующие скопления, агрегаты и округлые колонии, видимо, обитали в аналогичных условиях (рис. 4. 7–9). Их расположение в слоях аргиллита указывает на прижизненное состояние и бентосный образ существования. Можно предположить, что округлая форма (рис. 4. 7) являлась ценобиальной колонией зеленых водорослей [12]. Однако, учитывая бентосное обитание организмов и вероятный застойный режим осадконакопления, эти темные микрофоссилии логичнее сопоставить с железосодержащими бактериями. Это предположение базируется на факте того, что формы интенсивно пропитаны гидроокислами железа. По своей природе они, скорее всего, близки к бентосным бактериям образца

SK-09-9-4 (рис. 4. 10–12), но ввиду других условий осадконакопления (образец SK-09-9-2) пропитаны гидроокислами железа до непрозрачности.

Микрофоссилии образца SK-09-9-15 пропитаны гидроокислами железа в меньшей степени (рис. 4. 13–16), судя по их оранжевому и бурому цвету. Часть из них сохранила реликты строения, что позволяет говорить об их возможной биологической природе [13]. Можно с уверенностью предположить аллохтонный характер осаднения микроорганизмов, судя по их беспорядочному расположению в глинистой породе. Компактные скопления форм, пропитанные гидроокислами железа, в свою очередь, окружены и частично замещены вторичным волокнистым халцедоном (рис. 4. 16). Это позволяет предположить, что при жизни они были окружены слизью. Несмотря на минеральные преобразования, эти ожеженные формы, вероятнее всего, представляли собой колонии. Они могут быть сравнены с колониями типа ценобиев зеленых водорослей порядка *Volvocales*. Для них часто характерна пальмеллоидная структура и факультативно планктонный образ жизни. Здесь мы, скорее всего, наблюдаем стадию бентоса, когда скопления колоний, окруженные слизью, покоились на дне мелководного водоема.

Акритархи *Leiosphaeridia* Eis. и *Simia* Mikh. et Jank. широко распространены в разрезах мира и известны начиная с нижних слоев позднего протерозоя (рис. 3. 1–7, 9, 11). Они, несомненно, принад-

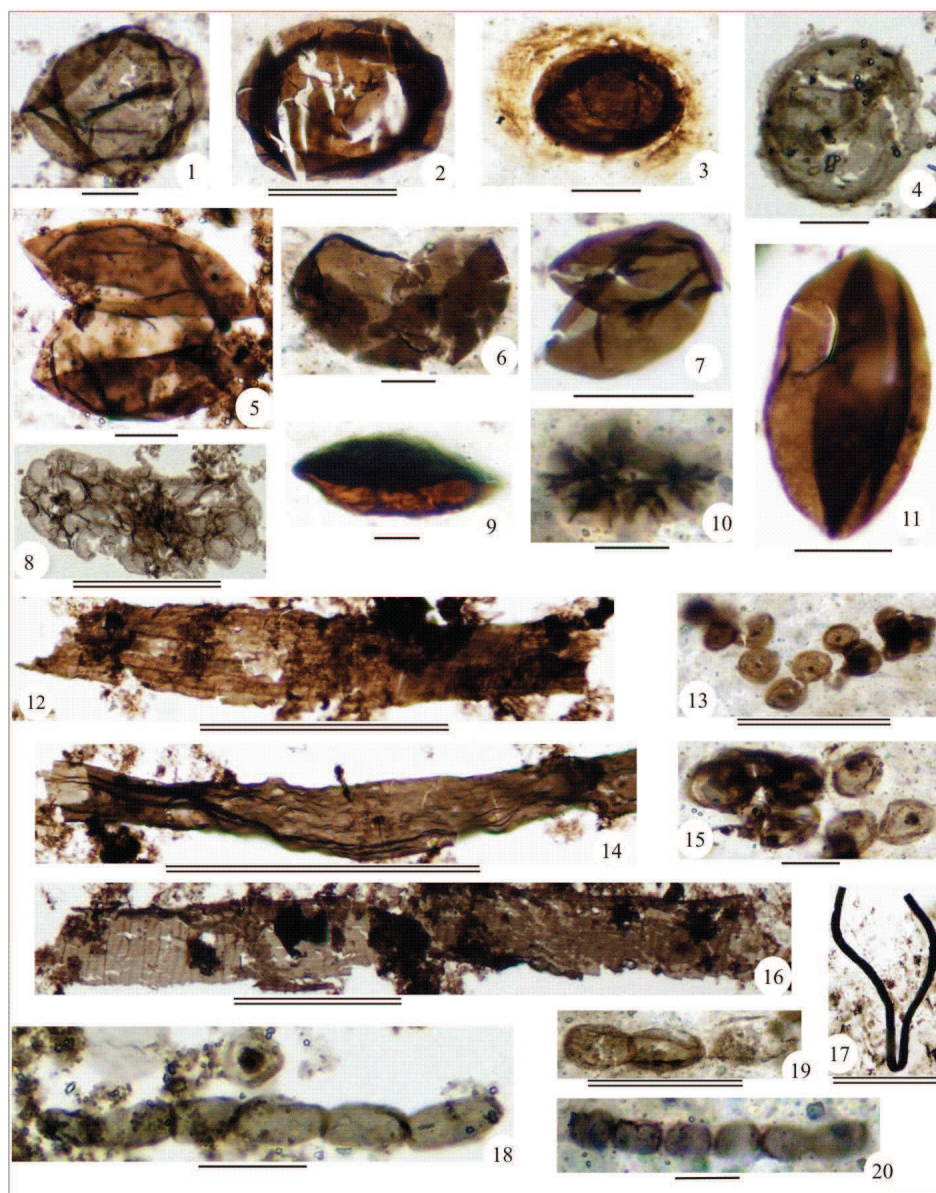


Рис. 3. Микрофоссилии формации Вангъятан. 1) *Leiosphaeridia crassa* (Naumova) Jankauskas; № МК-09-9-2-1-3; 2) *Leiosphaeridia jacutica* (Timofeev) Mikhailova et Jankauskas; № SK-09-9-2a-7a; 3) *Simia annulare* (Timofeev) Mikhailova; № SK-09-9-2b-4b; 4) *Trachyhystrosphaera* sp. № МК-09-9-2-2a; 5, 6, 7) *Leiosphaeridia bicrura* Jankauskas; № МК-09-9-2-4b, SK-09-9-2a-3b, МК-09-9-1-2-7; 8) *Synsphaeridium* Eisenack; № МК-09-9-2-12; 9) *Scaphyta* sp.; № SK-09-9-2b-3; 10) *Kirbia multipartita* Mikhailova et Volkova; № SK-09-9-2a-13b; 11) *Macropytycha* Timofeev; № МК-09-9-2-3; 12, 14) Фрагмент водорослевого таллома; № МК-09-9-3-2, МК-09-9-2-1b; 13, 15) *Ostiana microcystis* Hermann; № МК-09-9-2a-4, МК-09-9-2a-2a; 16) *Botuobia* cf. *vermiculata* Pjatiletov; № МК-09-9-3-6b; 17) *Leiotrichoides typicus* Hermann; № МК-09-9-1-2; 18, 20) *Trachytrichoides* sp. № МК-09-9-2-7, SK-09-9-2b-4e; 19) *Trachytrichoides ovalis* Hermann; № SK-09-9-2a-13a.
Размерные линейки: одинарная – 10, двойная – 50 мкм. МК – препараты, SK – петрографические шлифы. Материал хранится в Институте земной коры СО РАН (Иркутск)

лежат к эукариотическим водорослям, учитывая их относительно крупные размеры. Вместе с тем они нередко наблюдаются прикрепленными к обрывкам слоевищ [14], схожих с обнаруженными в формации Вангъятан (рис. 3, 12, 14). В.В. Кирьянов [8] описал из нижнекембрийских отложений крупные формы разных родов акритарх, в том числе и *Leiosphaeridia* Eis., которые были прикреплены на крупных слоевищах. Эта ассоциация микрофоссилий была аргументировано сопоставлена с бурыми

водорослями. Корродированные *Leiosphaeridia* Eis. во множестве были обнаружены в штормовых отложениях неопротерозоя Восточной Сибири [15]. Все они, вместе с обрывками слоевищ, скорее всего, отражают фрагменты единого биоценоза бурых водорослей, ведущих факультативно бентосный образ жизни. Исходя из сказанного, водоросли являлись бентосом литорали, а мы видим только остатки их зарослей в виде неоднократно перенесенных фрагментов.

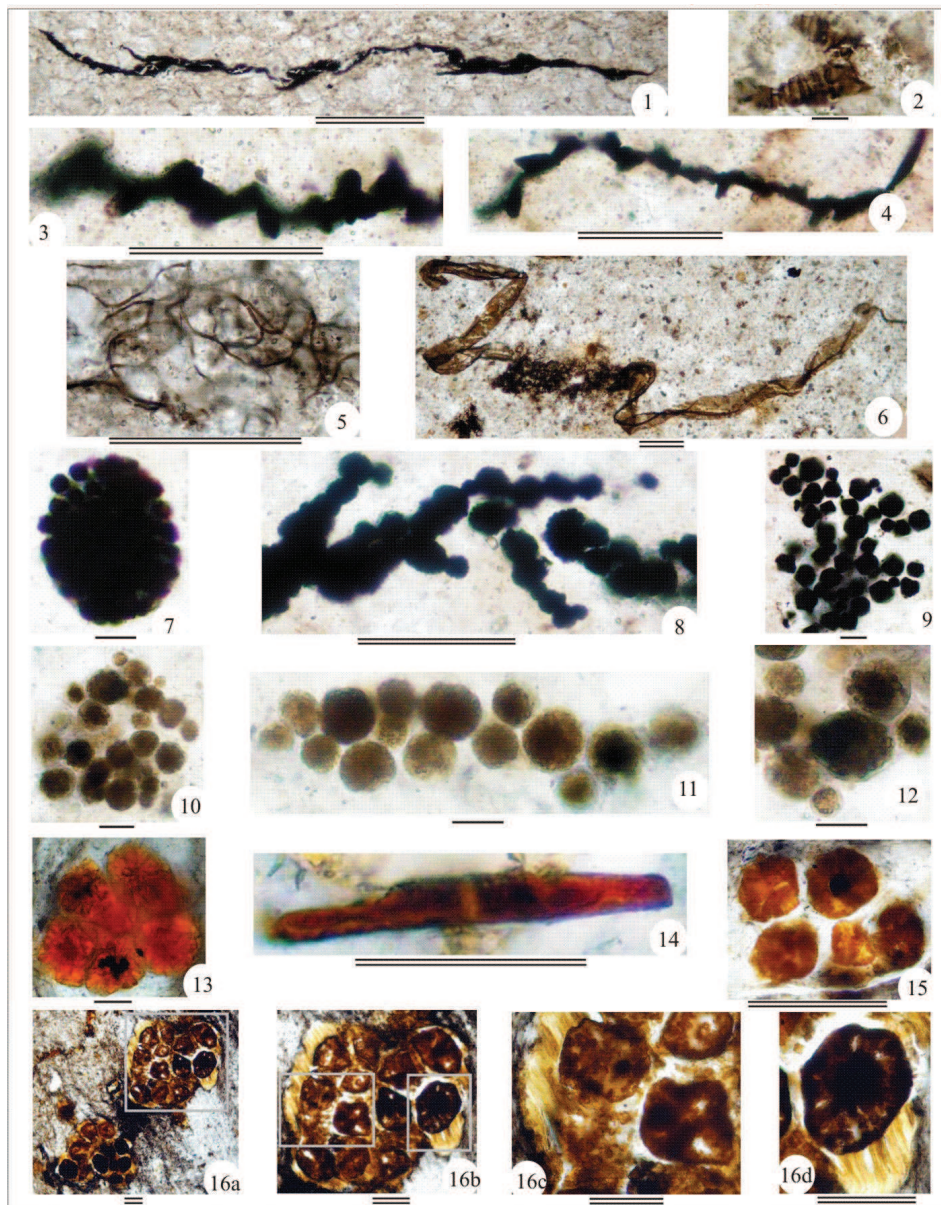


Рис. 4. Микрофоссилии формации Вангъятан. 1) Цианобактериальная (водорослевая?) нить; № SK-09-9-1a-2a; 2) *Obruchevella* sp.; № SK-09-9-1v-8; 3, 4) Спирально закрученная нить; № SK-09-9-2a-11a, SK-09-9-2a-7b; 5) Скопления *Eomycetopsis lata* Golovenok et Belova; № SK-09-9-1a-3b; 6) *Botuobia* div. sp. № SK-09-9-3v-3a; 7) Колония железосодержащих (?) бактерий (*Bavlinella* sp.); № SK-09-9-2a-1d; 8, 9) Скопления железосодержащих (?) бактерий; SK-09-9-2b-5b; 10, 11, 12) Скопления *Bavlinella faveolata* Schepeleva, emend. Stanevich; № SK-09-9-4g-1, SK-09-9-4g-5, SK-09-9-4g-1a; 13, 15) Ожелезненные колонии (*Symplastosphaeridium* sp.); № SK-09-9-15-1a-3c, SK-09-9-15-1v-2b; 14) Ожелезненная *Eosynechococcus giganteus* Golovenok et Belova. № SK-09-9-15a-1; 16, a-d) Ожелезненные и окремненные обособления микрофоссилий грибной (?) природы № SK-09-9-15-1v-1a.

Размерные линейки: одинарная – 10, двойная – 50 мкм. МК – препараты, SK – петрографические шлифы. Материал хранится в Институте земной коры СО РАН (Иркутск)

Раскрывающиеся формы (рис. 3. 5–7) формально отнесены здесь к роду *Leiosphaeridia* Eis. Они делятся на две половинки, которые имеют вид «лодочек» (рис. 3. 9). Акритархи вида *Leiosphaeridia bicrura* Jank., 1976 [16], широко распространены в разрезах мира с мезопроterозоя и известны как *Trachyrachnium favosum* Xing, 1982 [17], *Schizofusa zangwenlongii* Grey [18] и другие синонимы [19]. Следует подчеркнуть, что явное отличие этих форм от типовых представителей рода *Leiosphaeridia* Eis. склоня-

ет к употреблению таксона *Schizofusa sinica* Yan Yuzhong, 1982. Они, как и веретенообразные акритархи *Macroptycha* Tim., могут быть предположительно сравнены с зелеными водорослями, исходя из сделанных ранее заключений. Богатая ассоциация микрофоссилий была описана из отложений дебелгинской свиты Оленекского поднятия на севере Восточной Сибири [14]. Возраст отложений ориентировочно соответствует 1 млрд лет. В ассоциации присутствует морфологический ряд акри-

тарх разных родов, имеющих переходные признаки друг друга. Это обстоятельство и явная функциональность округлых отверстий у акритарх *Leiosphaeridia kulgunica* Jank. позволили сделать заключение о сопоставлении этих морфологически переходных форм с зелеными водорослями порядка Desmidiaceae (Meneghinii) Pascher. В этом морфологическом ряду присутствуют бородавчатые формы, известные в неопротерозое Китая (*Lophosphaeridium massulatum* Gao et Liu [20]). На севере Сибири они монографически описаны как *Lophosphaeridium insuetum* Stan. [14].

Большинство таксонов формации Вангьятан появляются в истории Земли с мезопротерозоя. Но появление ряда форм известно только с неопротерозоя (рис. 3. 4, 10, 18–20; рис. 4. 2).

Несмотря на дискуссионность вышеприведенных актуалепалеонтологических сравнений, обнаруженные органостенные и минерализованные микрофоссилии представляют собой остатки различных биологических групп. Не вызывает сомнений отнесение трихом и спиральных форм к цианобактериальному сообществу. Более спорным выглядит параллелизация акритарх разных родов с бурими водорослями и зелеными водорослями. Сделанные выводы требуют подтверждения при дальнейших исследованиях. В отличие от форм цианобактериального сообщества, акритархи как относимые к зеленым водорослям, так и совместно с крупными слоевищами сопоставляемые с бурими водоросля-

ми, скорее всего, заселяли преимущественно мелководные участки силикокластического осадконакопления. Они вели бентосный и факультативно планктонный образ жизни. Изученные отложения характеризуют узкую зону проксимального шельфа, где соседствуют две группы фаций: хемобиогенные карбонаты и алевроитовые глины, отложившиеся в застойной обстановке. Остатки водорослей и цианобактерий привносились и захоронывались в последней, где обитало сообщество хемототрофных бактерий. Таким образом, для отложений литорали и верхней сублиторали свойственны реликты фототрофных цианобактерий и разнообразных форм эукариотных водорослей. Для участков со стагнационными условиями углеродонакопления характерен бентос анаэробных бактериальных сообществ и присутствие занесенных остатков водорослей и цианобактерий.

Принимая изучение органических остатков докембрия как часть палеонтологии, следует подчеркнуть, что возрастной аспект данной дисциплины обусловлен в первую очередь знаниями о природе и эволюционных тенденциях древних организмов. Таким образом, экобиологический профиль является определяющим для докембрийской биостратиграфии. В части возрастных корреляций можно говорить о том, что присутствие в этих отложениях *Kirbia multipartita* Mikh. et Volk. и ряда других форм [1] указывает на вероятный предвендский возраст формации Вангьятан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микрофоссилии докембрия СССР / Т.В. Янкаускас, Н.С. Михайлова, Т.Н. Герман и др. — Л.: Наука, 1989. — 190 с.
2. Герман Е.Н., Подковыров В.Н. О природе докембрийских микрофоссилий ARCTACELLULARIA и GLOMOVERTELLA // Палеонтол. журн. — 2008. — № 6. — С. 81–88.
3. Butterfield N.J. Paleobiology of the Late Mesoproterozoic (ca. 1200 Ma) Hunting Formation, Somerset Island, arctic Canada // Precambrian Res. — 2001. — V. 111. — P. 235–256.
4. Butterfield N.J. Probable Proterozoic fungi // Paleobiology. — 2005. — V. 157. — № 1. — P. 165–182.
5. Xiao S., Knoll A.H., Yuan X., Poeschel C.M. Phosphatized multicellular algae in the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China, and the early evolution of florideophyte // American Journal of Botany. — 2004. — V. 91. — № 2. — P. 214–227.
6. Knoll A.H., Golubic S. Anatomy and taphonomy of a Precambrian algal stromatolite // Precambrian Res. — 1979. — V. 10. — P. 115–151.
7. Сергеев В.Н. Окремнённые микрофоссилии докембрия и кембрия Урала и Средней Азии. — М.: Наука, 1992. — 139 с.
8. Кирьянов В.В. К вопросу о природе некоторых раннекембрийских сфероморфных акритарх // Актуальные вопросы современной палеонтологии. — Киев: Наукова думка, 1986. — С. 40–45.
9. Moorman M. Microbiota of the Late Proterozoic Hector Formation, Southwestern Alberta, Canada // J. Paleontol. — 1974. — V. 48. — № 3. — P. 524–540.
10. Горленко В.М., Жмур С.И. Автохтонное органическое вещество диетонемовых сланцев Прибалтики // Докл. АН СССР. — 1989. — Т. 309. — № 1. — С. 154–157.
11. Обстановки осадконакопления и фации: в 2 т. Т. 1 / пер. с англ. Х. Рединга. — М.: Мир, 1990. — 352 с.
12. Станевич А.М., Чатта Е.Н., Корнилова Т.А., Немеров В.К. Условия обитания и вероятная природа акритарх из ченчинской свиты позднего рифея // Палеонтол. журн. — 2007. — Т. 41. — № 1. — С. 1–7.
13. Водоросли. Справочник. / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. — Киев: Наук. Думка, 1989. — 608 с.
14. Станевич А.М., Максимова Е.Н., Корнилова Т.А., Гладко-чуб Д.П., Мазукабзов А.М., Донская Т.В. Микрофоссилии арымасской и дебегдинской свит рифея Оленекского поднятия: возраст и предполагаемая природа // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2009. — Т. 17. — № 1. — С. 23–40.
15. Станевич А.М., Немеров В.К., Чатта Е.Н. Микрофоссилии протерозоя Саяно-Байкальской складчатой области. Обстановки обитания, природа и классификация. — Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2006. — 204 с.
16. Янкаускас Т.В. Микрофоссилии рифея Южного Урала // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 368. М.: Наука, 1982. — С. 84–120.
17. Xing Y., Duan C., Liang Y., Cao R., et al. Late Precambrian palaeontology of China: Geological publishing house. Geological memoirs. — Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 1985. — 288 p.
18. Grey K. Ediacarian palynology of Australia // Mem. Assoc. Austral. Palaeontol. — 2005. — № 31. — 439 p.
19. Acritarchs and fossil prasinophytes: an index to genera, species and infraspecific taxa / R.A. Fensome, G.L. Williams, M.S. Barss, et al. American Ass. of Stratigraphic Palynologists. Contributions Series, 1990. — 771 p.
20. Xiufu Q., Tianrui S., Haibing L., Linzhi G. Genetic Stratigraphy of the Sinian and Cambrian strata in South Liaoning province. — Beijing: Science Press, 1996. — 173 p.

Поступила 05.10.2012 г.