

УДК 551.72:561.21(571.51)

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ РИФЕЙСКИХ МИКРОБИОТ В БИЛЛЯХСКОЙ СЕРИИ СЕВЕРНОГО ПРИАНАБАРЬЯ (БАССЕЙН р. ФОМИЧ): К ВОПРОСУ О БИОСТРАТИГРАФИИ РИФЕЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2007 г. В. Н. Сергеев, Н. Г. Воробьева, П. Ю. Петров

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 27.12.2005 г., получена после доработки 17.05.2006 г.

В статье описываются первые находки органостенных и окремненных микрофоссилий прекрасной сохранности из нижнерифейских усть-ильинской и котуйканской свит билляхской серии на северном склоне Анабарского поднятия, в бассейне р. Фомич. Ранее подобные ассоциации микрофоссилий были известны только из разрезов, вскрытых южнее, в бассейне р. Котуйкан, а таксономический состав органостенных микробиот усть-ильинской и котуйканской свит стал краеугольным камнем в конкурирующих микрофитологических моделях, создаваемых на основе различных подходов. Состав и общий облик микробиот из новых местонахождений в целом соответствует их составу из ранее известных обнажений в бассейне р. Котуйкан, хотя микрофитологически охарактеризованные фации распространения органостенных микробиот котуйканской и усть-ильинской свит в бассейне р. Фомич являются более глубоководными по сравнению с ранее известными их местонахождениями. В состав органостенных усть-ильинской и котуйканской ассоциаций входят сфероморфные микрофоссилии *Chuaria circularis* и *Leiosphaeridia*, формы с двойной оболочкой рода *Simia*, нитчатые микроостатки родов *Plicatidium* и *Taenitrichoides* и ряд других, а в окремненной микробиоте нижней подсвиты котуйканской свиты доминируют акинеты анабеновых цианобактерий *Archaeoellipsoides*, сферические формы *Muxosoccooides grandis* и короткие трихомы родов *Filiconstrictosus* и *Orculiphycus*, являющиеся начальными стадиями герминации спор анабеновых цианобактерий. Следует заметить, что акантоморфные акритархи, известные из фациально близких отложений нижней и среднего рифея (мезопротерозоя) Австралии и Китая, в усть-ильинской и котуйканской микробиотах не встречены, что, вероятно, говорит о более древнем их возрасте. Новые находки расширили ареал существующих местонахождений как органостенных, так и окремненных микрофоссилий, дополнили микрофитологическую характеристику рифейских отложений Анабарского поднятия, дали представление о таксономическом составе микробиот из более широкого спектра фаций и уточнили их соотношение с ниже- и среднерифейскими ассоциациями остатков микроорганизмов других континентов.

Ключевые слова. Микрофоссилии, цианобактерии, прокариоты, эукариотный фитопланктон, акритархи, рифей, Анабарское поднятие.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в биостратиграфии докембрия достигнут ряд успехов, связанных с изучением как органостенных, так и окремненных микрофоссилий. В результате удалось наметить серию неформальных микрофитологических подразделений, характеризующихся большей детальностью, чем общепринятые единицы Российской (хроностратиграфической) и международной (хронометрической) шкал расчленения верхнего докембрия. Однако в разработке общей модели распределения остатков микроорганизмов в протерозое сохраняется немало проблем объективного характера, одна из которых заключается в недостаточной изученности состава наиболее древних рифейских микробиот. В результате некоторые но-

вые находки микрофоссилий зачастую переворачивают сложившиеся представления. Одна из таких биостратиграфических проблем возникла после находок в начале девяностых годов А.Ф. Вейсом и Н.Г. Воробьевой (1992) органостенных микробиот в нижней части билляхской серии Анабарского поднятия – в усть-ильинской и нижней подсвите котуйканской свит. Преимущественно терригенная усть-ильинская и терригенно-карбонатная котуйканская свиты большинством исследователей традиционно с середины шестидесятых годов относилась к нижнему рифею на основании состава комплексов строматолитов и онколитов, а также хемотратиграфических и изотопно-геохронологических данных (см. ниже). При этом состав окремненных микрофоссилий в котуйканской свите также вполне соответствовал представле-

ниям о нижнерифейских микробиотах или даже позволял рассматривать эту ассоциацию как типовую для отложений ранне- и среднерифейского возраста (Sergeev et al., 1995).

Однако оказалось, что ассоциации органостенных микрофоссилий усть-ильинской и нижней подсвиты котуйканской свиты по своему составу в целом скорее соответствовали микробиотам тоттинской свиты Учуро-Майского региона и безыменской свиты Туруханского поднятия, входящих в состав так называемого керпыльского горизонта. Последний в большинстве стратиграфических схем рифея России относится к верхней части среднего рифея (обзор см. Semikhatov, 1991), а по другим – к нижней части верхнего рифея. Последняя точка зрения опирается либо на историко-геологические данные (Хоментовский и др., 1985), либо на особенности микроструктуры строматолитов (Комар, 1990), либо на использование размеров и сложности строения микрофоссилий как функции времени (Вейс, 1988). Последняя концепция и привела к несоответствию между данными по органостенным микрофоссилиям и данными, полученными другими методами, применяемыми в стратиграфии докембрия (обзор см. Сергеев, 2006). Следует заметить, что в составе усть-ильинской и нижнекотуйканской органостенных микробиот доминируют транзитные таксоны относительно мелких морфологически простых нитчатых и коккоидных форм родов *Leiosphaeridia* и *Siphonophycus*. Относительно крупные оболочки рода *Chuaria* и сложноветвящиеся талломы, принадлежность которых к родам *Maiaephyton* и *Ulophyton* достаточно проблематична, значительно менее многочисленны, но их наличие и послужило основным аргументом для отнесения этих микробиот к керпыльскому горизонту (Петров, Вейс, 1995; Вейс и др., 1998а). При этом следует отметить, что за пределами Анабарского массива микробиоты керпыльского горизонта прослеживаются в пределах всего восточного и западного обрамления Сибирской платформы протяженностью в первые тысячи километров, в то время как органостенные ассоциации микрофоссилий усть-ильинской и котуйканской свит до настоящего времени были известны только из разрезов бассейна реки Котуйкан. В этой связи первоочередной задачей для решения проблемы стратиграфического положения микробиот усть-ильинской и котуйканской свит стало расширение ареала находок присущих им органостенных микробиот.

На данный момент в докембрийской микрофитологии, помимо вертикальной, разработано несколько моделей латерального распределения остатков микроорганизмов в протерозойских бассейнах (Knoll, 1984; Knoll et al., 1991; Сергеев, 1992; Butterfield, Chandler, 1992; Вейс, Петров, 1994а,б; Петров, Вейс, 1995; Вейс и др., 1998а,б,

1999, и др.), согласно которым приуроченные к различным фациям микробиоты не эквивалентны по своему таксономическому составу, и, соответственно, биостратиграфическому потенциалу. Во всех этих концепциях доминирует идея увеличения таксономического разнообразия микробиот и появления морфологически более сложно построенных и относительно быстро эволюционирующих форм при переходе от прибрежно-морских и лагунных обстановок к фациям открытого моря. Наиболее аргументированная модель фациального распределения микроорганизмов в протерозойских бассейнах была разработана А.Ф. Вейсом, П.Ю. Петровым и Н.Г. Воробьевой, которая основывается не только на особенностях латерального распределения самих ассоциаций микрофоссилий, но и на детальном седиментологическом анализе содержащих их отложений. В ней убедительно показано, что наиболее разнообразные и быстро эволюционирующие сообщества фитопланктонных микроорганизмов, получивших название “оптимальные группировки”, обитали в пределах средней части открытого шельфа. В проксимальной и дистальной частях этой латеральной последовательности происходит сокращение таксономического разнообразия микрофоссилий и замена морфологически сложно построенных и быстро эволюционирующих эукариот морфологически простыми консервативными прокариотами. Фактически эта разработанная на протерозойском материале модель подтвердила ранее выявленную для фанерозойских фитопланктонных микроорганизмов аналогичную закономерность латерального распределения акритарх и динофлагеллят в палеозойских и мезозойских бассейнах (Knoll, 1984; Сергеев, 1992). Допуская, что зависимость распределения микроорганизмов в древних бассейнах может быть полифункциональна и не привязана исключительно к батиметрическому градиенту, тем не менее влияние других факторов (температура, соленость, трофическая насыщенность бассейна и др.) пока объективно оценено быть не может, а каких-либо аргументированных попыток опровергнуть фациальную модель сделано не было. Следует добавить, что данная модель разрабатывалась почти исключительно на основе анализа ассоциаций микрофоссилий из отложений верхнего и верхних горизонтов среднего рифея Северной Евразии с привлечением значительно меньшего количества данных по более древним рифейским микробиотам. В этой связи стало интересно проверить предположение, что найденные в нижнерифейской серии Ропер Австралии акантоморфные акритархи рода *Tarrapia* и ряд других эукариотных фитопланктонных микроорганизмов отсутствуют в доверхнерифейских отложениях Сибири и Урала из-за более мелководных палеообстановок формирования последних (Javaux et al., 2001). Од-

нако локализация всех изученных ранее образцов нижнего и среднего рифея Анабарского массива только в бассейне р. Котуйкан не давала возможности проследить вариации состава обнаруженных микробиот по площади и подтвердить или опровергнуть предложенную Э. Жаву с соавторами концепцию.

Для дальнейшего уточнения стратиграфического значения обнаруженных микробиот нижнего рифея котуйканской и усть-ильинской свит стала очевидной необходимость проследить возможные латеральные вариации их состава по площади и в особенности в зонах перехода между фаціальными областями. Для достижения этой цели авторы данной статьи летом 2004 г. провели полевые экспедиционные работы на севере региона в бассейне р. Фомич. Разрез билляхской серии, вскрытый в бассейне р. Фомич (рис. 1а), удален от ранее изученных ее разрезов Западного Прианабарья (бассейн р. Котуйкан) примерно на 250 км к северо-востоку, что дает основание для полномасштабного латерального анализа возможных вариаций состава ассоциаций микрофоссилий по площади. Существенной предпосылкой выбора разреза в бассейне р. Фомич для микробиологического опробования стали ранее полученные авторами и пока неопубликованные данные анализа распределения палеотечений, предполагавшие углубление билляхского палеобассейна в северном направлении.

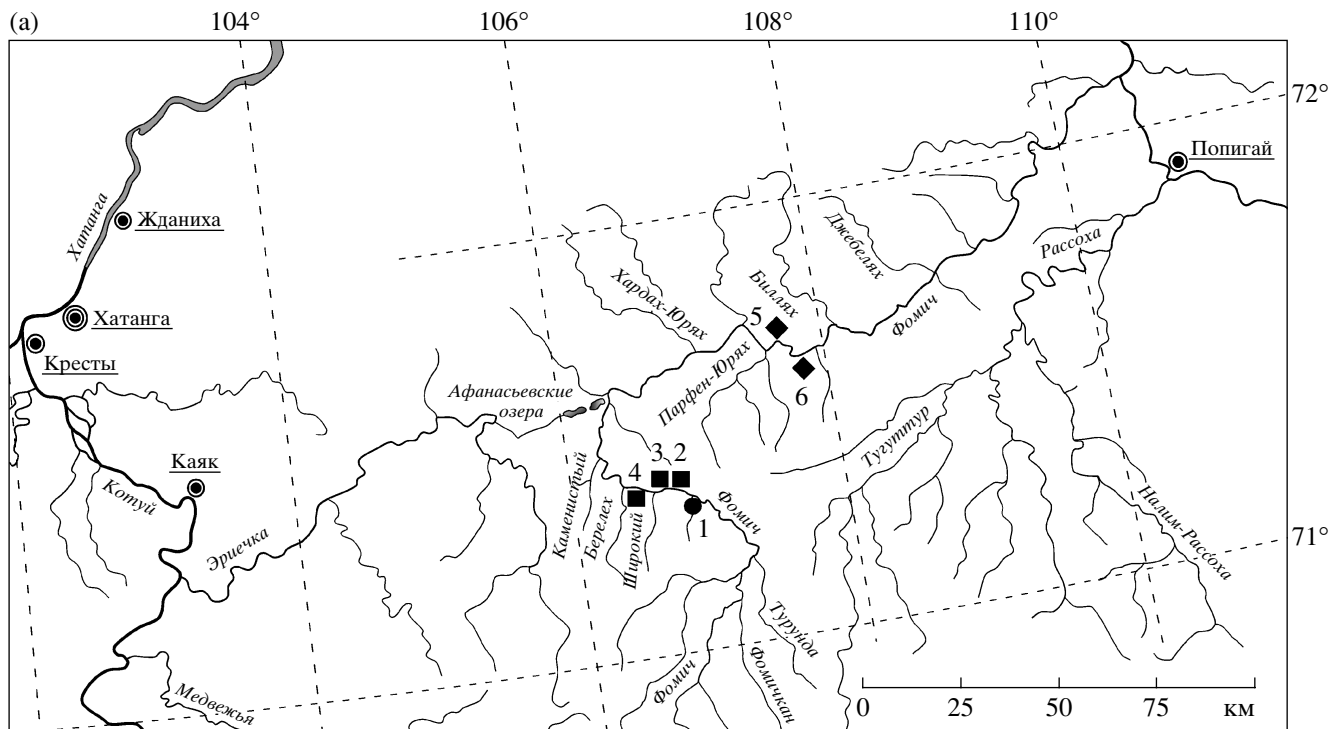
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВОЗРАСТ ОТЛОЖЕНИЙ БИЛЛЯХСКОЙ СЕРИИ

Последовательность отложений билляхской серии в бассейне р. Фомич в целом соответствует ее последовательности, наблюдаемой в бассейне р. Котуйкан (рис. 1б), но верхняя ее часть на северном склоне массива срезается за счет предвентского размыва (Злобин, Голованов, 1970) и от юस्ताхской свиты сохраняется только базальная ее часть мощностью 20–40 м.

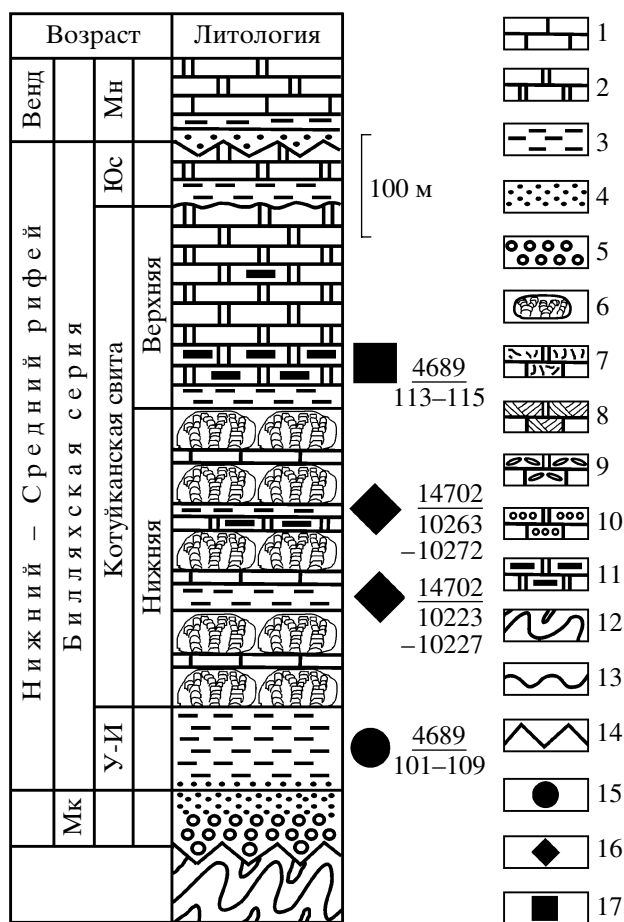
Билляхская серия в бассейне р. Фомич согласно налегает на силикокластические отложения мукунской серии, хотя непосредственно их контакт тут не вскрыт. Усть-ильинская свита в изученном районе имеет мощность около 60–70 м и сложена аргиллитами с прослоями алевролитов и мелкозернистых песчаников. Выше аргиллиты без переходных слоев быстро сменяются преимущественно карбонатными отложениями нижней подсвиты котуйканской свиты, которая по сравнению с разрезами Западного Прианабарья имеет иной состав и в большей нижней своей части демонстрирует существенные фаціальные изменения. В разрезе безымянного ручья в 12 км выше устья руч. Широкий (рис. 2, обн. № 1) нижнекотуйканская подсвита сложена красноцветными

доломитами и известняками с гигантскими биогермами строматолитов *Colonnella*, которые формируют серию рифовых построек общей мощностью около 200–250 м. На северо-восток состав нижней подсвиты существенно изменяется, и в разрезе напротив устья руч. Широкий (рис. 2, обн. № 2–4) она имеет мощность около 150–200 м и сложена слоистыми светло-серыми доломитами с многочисленными слоями флейкстоунов, содержащими в верхней своей трети разобщенные биостромы пластовых и редких столбчатых строматолитов при почти полном отсутствии аргиллитовых прослоев. Присутствующие здесь строматолитовые постройки, по-видимому, представляют собой приуроченный к верхней трети разреза подсвиты выклинивающийся фрагмент рифа. Суммарная мощность строматолитовых слоев здесь сокращается до 10–15 м, а состав построек меняется: на смену крупным *Colonnella* приходят обычные по размерам, более мелкие *Kussiella kussiensis*. Дальнейшее существенное преобразование нижняя подсвита испытывает на северо-восток от Афанасьевских озер (рис. 1а), где она сложена темноцветными тонкозернистыми пелитоморфными доломитами, которые переслаиваются с темно-серыми аргиллитами, лишены строматолитовых биогермов и имеют мощность не более 150 м (рис. 2, обн. № 5–6). Завершающая изученный разрез верхняя подсвита котуйканской свиты практически полностью вскрывается от устья руч. Широкий до руч. Берелех (рис. 1, обн. № 3 и № 4) и сложена светло-серыми доломитами с многочисленными карбонатными преципитатами, а также линзами и прослоями темно-серых и черных кремней, особенно многочисленных в нижней части подсвиты. Последовательность верхнекотуйканских отложений не испытывает значительных фаціальных изменений по сравнению с разрезами Западного Прианабарья, что говорит о существовании в это время в пределах анабарского поднятия огромного мелководного бассейна с незначительным фаціальным градиентом, который протягивался, по крайней мере, на сотни километров.

Обстановки осадконакопления усть-ильинской и котуйканской свит были рассмотрены В.Н. Сергеевым с соавторами (Sergeev et al., 1995), а также П.Ю. Петровым и А.Ф. Вейсом (1995). Нижняя пачка усть-ильинской свиты интерпретируется как отложения начальной стадии трансгрессии, накопившиеся на среднем шельфе с последовавшим в дальнейшем углублением бассейна. Наличие хаммоковой слоистости в песчаниках предполагает осадконакопление на подверженном многочисленным штормовым событиям открытом шельфе. При этом наиболее богатые образцы с органостенными микрофоссилиями происходят именно из нижней пачки, представляющей собой отложения средней части открытого



(б)



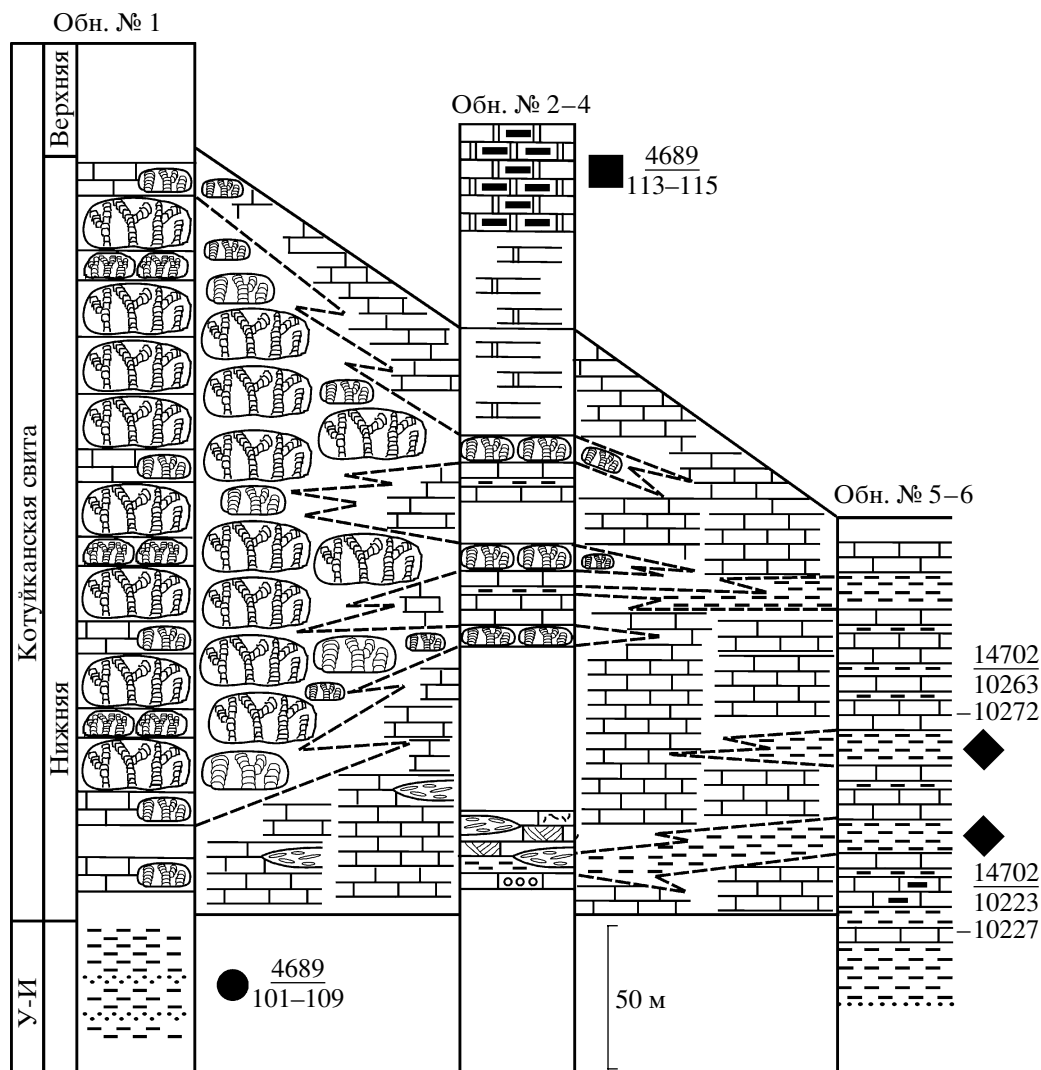


Рис. 2. Схематичный фациальный профиль вдоль изученных разрезов усть-ильинской и котуйканской свит в бассейне р. Фомич.
Усл. обозначения и сокращения см. на рис. 1.

шельфа (Вейс, Воробьева, 1992; Sergeev et al., 1995; Петров, Вейс, 1995; Вейс и др., 2001). Выше лежащие аргиллиты усть-ильинской свиты отвечают моменту максимального подъема уровня моря и содержат глубоководную, резко обедненную ассоциацию органостенных микрофоссилий.

Верхняя часть усть-ильинской свиты и нижние горизонты нижней подсвиты котуйканской свиты говорят о переходе в развитии бассейна к смешанному глинисто-карбонатному типу осадконакопления на фоне обмеления бассейна. Выше лежащая преимущественно карбонатная толща

Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов усть-ильинской и котуйканской свит (а) и стратиграфическая последовательность рифейских и вендских отложений Анабарского поднятия в бассейне р. Фомич (б).

1 – известняки и доломиты; 2 – доломиты; 3 – алевролиты и аргиллиты; 4 – песчаники; 5 – конгломераты; 6 – биогермы столбчатых строматолитов; 7 – доломиты и известняки с трещинами синерезиса; 8 – доломиты и известняки с хаммоковой слоистостью; 9 – флейкстоуны; 10 – онколитовые доломиты и известняки; 11 – доломиты с линзами и прослоями кремней; 12 – кристаллический фундамент; 13 – перерывы и несогласия в разрезе; 14 – азимутальное несогласие; 15–17 – местонахождения и интервалы отбора образцов: 15 – из усть-ильинской свиты, 16 – из нижней подсвиты котуйканской свиты, 17 – из верхней подсвиты котуйканской свиты. Справа от разреза показаны номера образцов и интервалы их отбора, в числителе указан номер коллекции, в знаменателе – номера самих образцов. Сокращения: У-И – усть-ильинская, Юс – юсмастахская, Мн – манькайская свиты; Мк – мукунская серия (показана на схеме вне масштаба).

нижней подсвиты котуйканской свиты, вскрытая в долине р. Котуйкан, рассматривается как отложения средней части открытого строматолитового шельфа, подверженного штормовому воздействию, и имеющего отдельные участки развития более мелководных фаций в пределах верхней сублиторали. Аргиллиты открыто-шельфовых фаций котуйканской свиты содержат разнообразную ассоциацию органостенных микрофоссилий, близкую к усть-ильинской микробиоте (Вейс, Воробьева, 1992; Вейс и др., 2001).

В изученных новых разрезах среднего течения р. Фомич наблюдается достаточно типичная латеральная последовательность пририфового комплекса. Наиболее отстоящие от тела рифа глинисто-карбонатные фации развиты в разрезах долины р. Фомич к северо-востоку от Афанасьевских озер, где отложения нижней подсвиты котуйканской свиты являются наиболее мелководными в пределах, по-видимому, всей территории Прианбарья. Такой вывод подтверждается фаціальным составом рассматриваемых отложений, и в первую очередь резким сокращением количества интракластитов при редукции строматолитовых построек. Карбонатные фации здесь представлены хорошо выдержанными слоями долосилтитов с заметной и равномерно распределенной примесью глинистой компоненты. Породы выделяются тонкими параллельнослоистыми, нередко градиционными текстурами и лишь на отдельных горизонтах встречаются небольшие, обычно одиночные слепки каналов размыва. Слои глинистых доломитов разделены небольшими (обычно 1–10 см) глинисто-карбонатными прослоями, которые замещают силикокластические породы без признаков размыва, расположенных как в основании, так и в кровле. В разрезе глинистые доломиты сменяются сравнительно мощными (до нескольких метров) пачками бескарбонатных аргиллитов. Перечисленные фаціальные признаки отложений указывают на формирование осадков ниже базиса действия штормовых волн на протяжении длительных интервалов времени, что в свою очередь говорит о сравнительно более мелководных обстановках осадконакопления рассматриваемой зоны раннекотуйканского бассейна. Независимым подтверждением сказанного являются северные и северо-западные направления палеотечений, восстановленные нами как по ориентировке строматолитовых построек, так и по направлениям падения косослоистых серий в разрезах западного Прианбарья (бассейн р. Котуйкан). Таким образом, раннекотуйканский бассейн, представлявший собой строматолитовую карбонатную платформу со смешанной глинисто-карбонатной седиментацией, открывался в море в северо-западном направлении, и в нем можно выделить три крупные фаціальные зоны. 1). Сравнительно мелководную внутреннюю зону

(бассейн р. Котуйкан), для которой характерны обломочно-строматолитовые биогермо-биостромовые фации, сформированные, главным образом, выше базиса штормового волнения. 2). Зона развития рифовых построек (р. Фомич выше Афанасьевских озер), которая, очевидно, находилась в основном время своего развития в пределах базиса постоянного волнения. В ее пределах в бассейне р. Фомич различаются собственно рифовое тело мощностью 200–250 м, сложенное в основном строматолитами *Colonnella* (рис. 2, обн. № 1) и прилегающая к нему внутренняя зарифовая область (рис. 2, обн. № 2–4). 3). Эта зона (р. Фомич ниже Афанасьевских озер) отличается широким распространением смешанных глинисто-карбонатных и глинистых илов, и располагалась в наиболее мелководных обстановках внешней части платформы ниже базиса штормового воздействия (см. рис. 2, обн. № 5, 6).

Возраст билляхской серии обычно определяется по комплексу палеонтологических, изотопно-геохронологических и хемостратиграфических данных. Все рифейские отложения Анабарского массива моложе 1760 ± 20 млн. лет – U-Pb цирконового датировки гранитов, связанных с заключительной стадией формирования дорифейского фундамента региона (Розен и др., 2000), а базальные горизонты верхней подсвиты юсмастахской свиты не моложе 1070–1120 млн. лет (K-Ar датировки минералогически неизученного глауконита из этих горизонтов; Геохронология докембрия..., 1968). Вместе с тем, K-Ar и Rb-Sr изохронный возраст определенных плотностных фракций глауконита из усть-ильинской свиты равен 1459 ± 10 и 1483 ± 5 млн. лет, соответственно (Горохов и др., 1991). На основании Rb-Sr датировок тонких субфракций глинистых минералов из юсмастахских отложений показано, что эта свита накопилась в самом начале среднего рифея в течение геологически очень короткого промежутка времени (не более 10 млн. лет) и около 1270–1280 млн. лет назад испытала диагенез погружения (Горохов и др., 2001). Значения $\delta^{13}\text{C}$ в карбонатах котуйканской и юсмастахской свит лежат в пределах от -1.6 до $+0.4\%$ PDB (Покровский, Виноградов, 1991; Knoll et al., 1995) и свидетельствуют, что минимальный возраст этих отложений не превосходит 1250 млн. лет (Семихатов и др., 2001). Нижняя подсвита котуйканской свиты содержит “типично” нижнерифейскую ассоциацию строматолитов, а комплекс строматолитов юсмастахской свиты представлен в основном эндемичными формами (Комар, 1966; Semikhatov, 1991). Существенный вклад в представление о возрасте билляхской серии вносят рассматриваемые ниже ассоциации встреченных в ней окремненных и органостенных микрофоссилий усть-ильинской и котуйканской свит.

СОСТАВ ОБНАРУЖЕННЫХ МИКРОБИОТ УСТЬ-ИЛЬИНСКОЙ И КОТУЙКАНСКОЙ СВИТ

В результате обработки собранного летом 2004 г. материала на севере Анабарского массива органостенные микрофоссилии найдены в отложениях усть-ильинской свиты в обнажениях на безымянном левом притоке р. Фомич в 10 км выше устья руч. Широкий (рис. 1, обн. № 1), а также в нижней подсвите котуйканской свиты на левом и правом берегах р. Фомич в 2,5 и 10 км ниже устья руч. Парфен-Юрх (обн. № 5 и № 6, соответственно). Окременненные остатки микроорганизмов найдены в верхней подсвите котуйканской свиты в трех обнажениях: по правым притокам р. Фомич в 5 км выше устья и напротив устья руч. Широкий (обн. № 2 и № 3, соответственно), а также на левом берегу р. Фомич в 5 км выше руч. Берелех (обн. № 4).

В кремнях верхней подсвиты котуйканской свиты обнаружена ассоциация, в которой доминируют многочисленными эллипсоидные микрофоссилии различных видов рода *Archaeoellipsoides*, представляющие собой акинеты (споры) анабеновых цианобактерий (таблица, фиг. 1–3), сферические формы *Muxoscooides grandis*, в том числе с характерными псевдошипами и псевдовыростами, имеющими вторичное происхождение (таблица, фиг. 7, 9, 10). Подчиненную роль в ассоциации играют короткие трихомы родов *Filicopstrictosus* и *Oculiphycus*, являющиеся начальными стадиями герминации спор анабеновых цианобактерий (таблица, фиг. 4–6). Эти элементы являются ключевыми для микробиот раннерифейского и среднерифейского возраста, выделяемыми в так называемый анабарский тип, и пользующихся глобальным распространением (Сергеев, 2006). Кроме того, в верхнекотуйканских кремнях присутствуют остатки и других гормонониевых и хроококковых цианобактерий, в частности, диады, триады и тетрады *Sphaerophycus medium* (таблица, фиг. 8) и плеурокапсовидные колонии *Scissilisphaera* sp. (таблица, фиг. 11). Встреченная в верхней подсвите котуйканской свиты окременненная ассоциация в разрезах бассейна р. Фомич кажется практически идентичной той, что была обнаружена ранее в бассейне р. Котуйкан. Такая связь подтверждает предположение о существовании в это время в пределах анабарского поднятия огромного мелководного бассейна с незначительным фациальным градиентом, который протягивался, по крайней мере, на сотни километров.

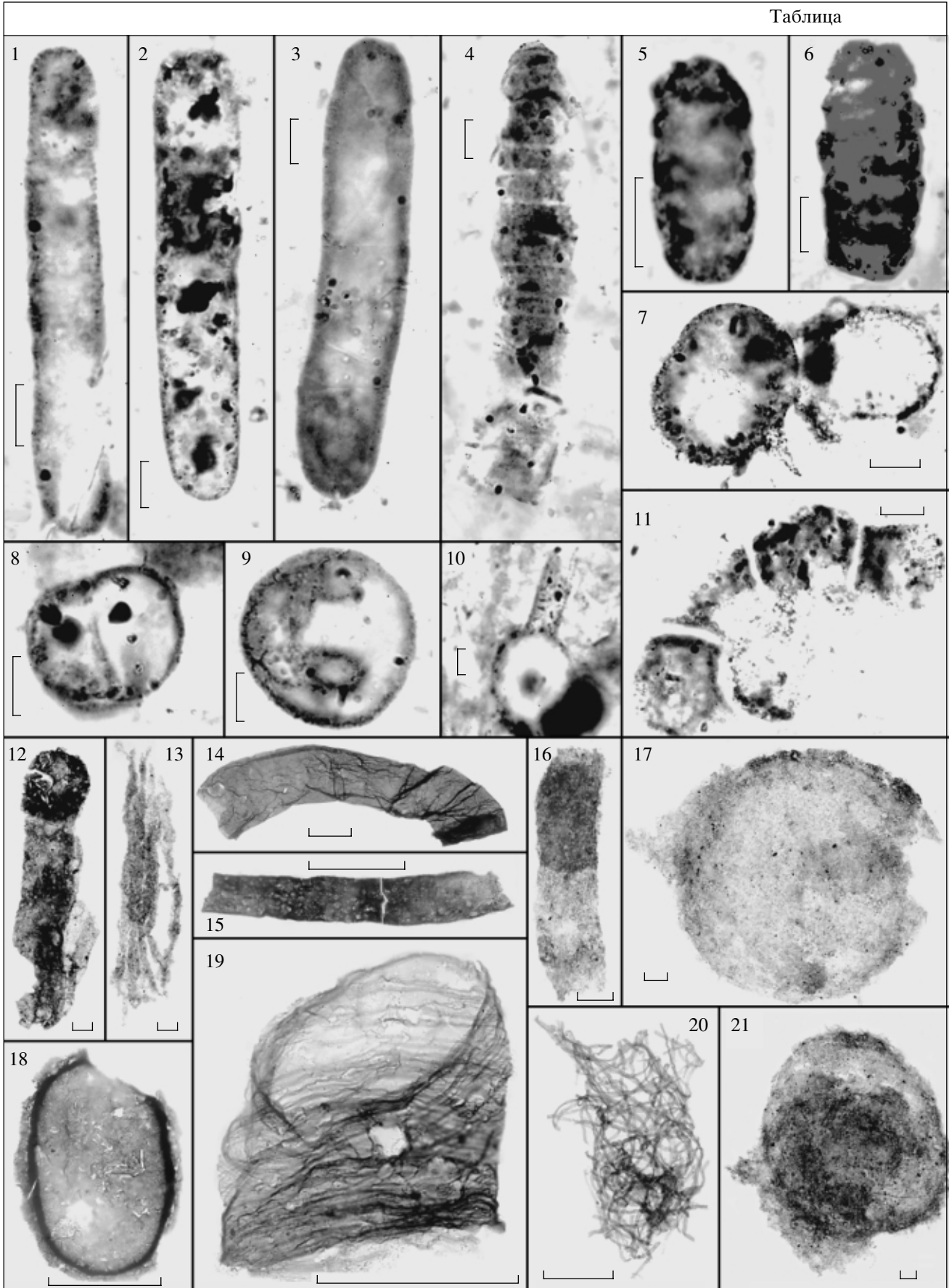
В отложениях усть-ильинской и нижней подсвиты котуйканской свиты в бассейне р. Фомич также обнаружена богатая ассоциация, аналогичная ранее описанной из разрезов тех же свит в бассейне р. Котуйкан. Здесь преобладают крупные однослойные сфероморфные микрофосси-

лии *Chuaria circularis* (таблица, фиг. 17, 21), достигающие нескольких миллиметров в диаметре, и более мелкие представители рода *Leiosphaeridia*, формы с дискоидальным центральным телом и наружной оболочкой рода *Simia* (таблица, фиг. 18), крупные до 80–140 мкм в диаметре сетчато-ребристые чехлы рода *Plicatidium* (таблица, фиг. 19) и поперечно-тонкополосчатые *Taenitrichoides* (таблица, фиг. 14–16), а также фрагменты матов, образованных чехлами рода *Siphonophycus* (таблица, фиг. 20), “головчатые” формы со своеобразными “ножками” (таблица, фиг. 12) и ряд других. Как очевидно из приведенного выше анализа латерального распределения различных фаций, отложения усть-ильинской и нижней подсвиты котуйканской свиты на северном склоне Анабарского массива в бассейне р. Фомич отвечают более глубоководным фациям, чем в бассейне р. Котуйкан. При этом принципиальных отличий состава встреченной здесь ассоциации органостенных микрофоссилий от их состава в более мелководных фациях бассейна реки Котуйкан выявить не удалось. Кроме того, акантоморфные акритархи в глубоководных отложениях бассейна р. Фомич, находки которых ожидалось в соответствии с упомянутой моделью Э. Жаву (Javaux et al., 2001), здесь также не встречены. Это требует специального анализа стратиграфического положения усть-ильинской и котуйканской микробиот и их соотношения с другими ассоциациями предположительно ниже- и среднерифейского возраста, содержащих остатки акантоморфных акритархов рода *Tarpania* и прочих относительно сложно построенных эукариотных фитопланктонных микроорганизмов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ОРГАНОСТЕННЫХ МИКРОФОССИЛИЙ УСТЬ-ИЛЬИНСКОЙ И КОТУЙКАНСКОЙ СВИТ

Наличие акантоморфных акритархов в доверхнерифейских микробиотах сейчас у большинства исследователей сомнений не вызывает, однако остается неясным точный уровень их появления. Наиболее характерные таксоны акантоморфных доверхнерифейских акритархов родов *Tarpania* и *Shuiyuosphaeridium* встречаются в составе органостенных микробиот формаций Байкаопинь и Бейдаджиань группы Руюн Китая (Xiao et al., 1997) и в нижней части камовской серии Сибирской платформы (Наговицин, 2000, 2002; Мельникова и др., 2005), относимых к верхней части среднего рифея. Следует заметить, что в статьях Э. Жаву с соавторами (Javaux et al., 2003, 2004) содержатся ссылки на устное сообщение одного из нас (СВН) о присутствии акантоморфных акритархов рода *Tarpania* в тоттинской свите керпыльской серии

Таблица



Учуро-Майского региона, что не соответствует действительности. Остатки наиболее древних рифейских кремневых фитопланктонных микроорганизмов с шипами и выростами встречены в сухотунгусинской свите верхней части среднего рифея Туруханского поднятия (Петров и др., 1995; Sergeev et al., 1997) и, возможно, в авзянской свите, венчающей стратотип среднего рифея Южного Урала (Сергеев, Ли Сень-Джо, 2006). Отложения верхней части среднего рифея, имеющие возраст примерно в 1200 млн. лет и моложе, помимо акантоморфных акритарх, содержат большое количество остатков и других новых морфотипов микроорганизмов, как эукариот, например, бангиевых водорослей (Butterfield, 2000, 2001), так и прокариот, например, стебельковых цианобактерий (Сергеев, Ли Сень-Джо, 2006), неизвестных в более древних отложениях (Сергеев, 2006). Вообще можно говорить о существовании особого позднесреднерифейского этапа развития докембрийских микроорганизмов, который характеризуется эволюционным взрывом в развитии протерозойского микромира после определенного застоя, наблюдаемого в раннем рифее и в раннем среднем рифее (Сергеев, 2006). Однако из общей картины выпадает микробиота органостенных микрофоссилий из уже упоминавшейся группы Ропер Австралии, в которой присутствуют акантоморфиды рода *Tarrania* (Peat et al., 1978; Sergeev et al., 1995; Xiao et al., 1997; Javaux et al., 2001, 2003, 2004 и др.), не типичные для отложений нижнего рифея. Возраст серии Ропер сейчас оценивается как нижнерифейский на основании U-Pb датировки по цирконам в прослое туфов (SHRIMP) из формации Майонору, расположенной в нижней части серии, и составляет 1492 ± 4 млн. лет (Page et al., 2000; Javaux et al., 2001), игнорируя более ранние Rb-Sr и K-Ar датировки, разбросанные в интервале 1100–1300 млн. лет (Peat et al., 1978).

С.Т. Аббот и Л.П. Свет (Abbot, Sweet, 2000) выделили в разрезе серии Ропер шесть главных осадочных циклов, разделенных согласными границами.

Эти циклы в значительной степени асимметричны и в них преобладают относительно глубоководные аргиллиты дистальной части бассейна, которые переходят в более мелководные прибрежно-морские песчаники с прослоями сланцев. Обнаруженные микрофоссилии характеризуют все фации латеральной последовательности отложений серии Ропер, при этом таблитчатые *Satka* и лофостриатные формы *Valegia* встречаются в прибрежно-морских фациях и в фациях внутреннего шельфа, в то время как акантоморфиды *Tarrania plana* приурочены к дистальной части шельфа ниже базиса штормового волнения (Javaux et al., 2001). В картине распределения остатков фитопланктонных микроорганизмов в бассейне Ропер наблюдаются некоторые отличия от рассмотренной выше модели П.Ю. Петрова, А.Ф. Вейса и Н.Г. Воробьевой, выраженные в большем разнообразии микрофоссилий в прибрежно-морских фациях. Это отличие объясняется Э. Жаву с соавторами (Javaux et al., 2001) спецификой мезопротерозойских океанов, в которых уровень распределения жизненно важных для метаболизма микроорганизмов элементов был недостаточен в наиболее удаленных от берега фациях. Однако из анализа общих особенностей распространения микрофоссилий серии Ропер можно сделать вывод, что обстановки обитания принципиально важных для корреляции отложений протерозоя акантоморфных акритарх *Tarrania plana* в данном случае практически изофациальны условиям, предполагаемым для органостенных микробиот из усть-ильинской и котуйканской свит в бассейне р. Фомич.

Поэтому отсутствие сложно построенных эукариотных фитопланктонных микроорганизмов в нижней подсвите котуйканской и в усть-ильинской свитах свидетельствует, по-видимому, в пользу их более древнего возраста по сравнению с серией Ропер. В верхней части котуйканской свиты присутствует типичная для отложений ранне- и среднерифейского возраста ассоциация кремневых микрофоссилий, где доминируют акинеты рода

Таблица. Кремневые (1–11) и органостенные (12–21) микрофоссилии из усть-ильинской и котуйканской свит бассейна р. Фомич. 1–3 – *Archaeoellipsoides grandis* Horodyski et Donaldson; 1 – обр. № 4689-115а, шлиф № 959, т. 28; 2 – обр. № 4689-115а, шлиф № 946, т. 22; 3 – обр. № 115с, шлиф № 939, т. 25; 4 – *Orculiphycus latus* Yakschin, обр. № 4689-115а, шлиф № 961, т. 20; 5–6 – *Orculiphycus* sp., 5 – обр. № 4689-115с, шлиф № 946, т. 5; 6 – обр. № 4689-115а, шлиф № 935, т. 14; 7, 9, 10 – *Muxococcoides grandis* Horodyski et Donaldson, 7 – обр. № 4689-115д, шлиф № 935, т. 1; 9 – обр. № 4689-115а, шлиф № 929, т. 13; 10 – обр. № 4689-115а, шлиф № 959, т. 28; 8 – *Sphaerophycus medium* Horodyski et Donaldson, обр. № 4689-115а, шлиф № 939, т. 8; 11 – *Scissilisphaera* sp., обр. № 4694-115а, шлиф № 934, т. 5; 12 – “головчатая” форма со своеобразной “ножкой”, обр. № 14702-10227, препарат № 1, т. 1; 13 – слоевище, обр. № 14702-10223, препарат № 1, т. 3; 14–16 – *Taenitrichoides jaryshevicus* Aseeva; 14 – обр. № 14702-10272, препарат № 1, т. 5; 15 – обр. № 14702-10263, препарат № 1, т. 1; 16 – обр. № 14702-10223, препарат № 3, т. 7; 17, 21 – *Chuarica circularis* Walcott; 17 – обр. № 14702-10223, препарат № 1, т. 6; 21 – обр. № 14702-10223, препарат № 1, т. 4; 18 – *Simia* sp., обр. 14702-10223, препарат № 3, т. 2; 19 – *Plicatidium latum* Jankauskas, обр. № 14702-10272, препарат № 1, т. 2; 20 – *Siphonophycus typicum* (Hermann), обр. № 14702-10271, препарат № 1, т. 1.

Все образцы находятся в палеонтологических коллекциях Геологического института РАН № 4689 и № 14702, для каждого экземпляра указывается номер образца с указанием номера коллекции, а также номер шлифа/препарата и номер точки на полоске бумаги, прикрепленной к краю шлифа/препарата. Длина одинарной масштабной линейки равняется 10 мкм, двойной – 100 мкм.

Archaeoellipsoides, коккоидные формы *Muxosocoides grandis*, энтофизалесовые цианобактерии и короткие трихомы (Sergeev et al., 1995; Сергеев, 2006). Что же касается вывода о вероятно относительно более древнем возрасте ассоциации органостенных микрофоссилий из усть-ильинской и нижней части котуйканской свиты по сравнению с микробиотой серии Ропер при практически одинаковых изотопных датировках содержащих их отложений, то здесь возможно два альтернативных объяснения. Во-первых, микробиота серии Ропер может оказаться моложе, чем это принято считать. Основной материал по данной микробиоте происходит из керна буровых скважин, а в условиях определенной горизонтальной дислокации толщ нельзя не опасаться, что некоторые надвижки остались незамеченными. Во-вторых, нельзя полностью исключить возможность и удревнения возраста билляхской серии, несмотря на согласованность имеющихся изотопно-геохронологических и хеостратиграфических данных. Полученные новейшие датировки Sm-Nd методом даек основного состава, прорывающих билляхскую серию, по валовым пробам, а также по плагиоклазам, апатиту и пироксену, равны 1513 ± 51 млн. лет (Веселовский и др., 2006). Однако после выявленного эффекта удревнения возраста даек основного состава в результате присутствия в них ксеногенных цирконов (Hodych et al., 2004), сомнения в корректности вновь полученной датировки для системы интрузий, прорывающих билляхскую серию, остаются, и для решения вопроса нужны дальнейшие исследования.

Таким образом, данные по составу органостенных ассоциаций микрофоссилий усть-ильинской и нижней подсвиты котуйканской свиты билляхской серии позволяют сделать предположение, что они, возможно, несколько древнее микробиоты серии Ропер Австралии, хотя вопросы об изотопном возрасте обеих толщ и их точном положении в общей стратиграфической шкале остаются открытыми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сделанные находки окремненных и органостенных микрофоссилий в отложениях усть-ильинской и котуйканской свит в бассейне р. Фомич представляют первую микрофитологическую информацию по северному склону Анабарского поднятия, ранее не изученного с этой точки зрения. Вместе с тем, седиментологические данные указывают на то, что в бассейне р. Фомич развиты сравнительно более глубоководные фации усть-ильинско-раннекотуйканского уровня, чем в ранее изученных разрезах бассейна р. Котуйкан. Подобные фациальные особенности распределения комплексов микрофоссилий дают уникальную возможность не только проследить

их вариации по площади, но и оценить биостратиграфический потенциал наиболее глубоководных составляющих. При этом выявленный состав ассоциаций ископаемых микроорганизмов в наиболее глубоководных отложениях в бассейне р. Фомич мало отличается от их состава из более мелководных толщ бассейна р. Котуйкан, что подтверждает локальное развитие органостенных микробиот подобного типа в пределах Прианбарья и достаточно широкий интервал распространения “оптимальных группировок”.

Сделанные первые находки окремненных и органостенных микрофоссилий в бассейне р. Фомич, помимо регионального, имеют и более широкое значение. Они позволяют дать оценку не только местному изменению состава окремненных и органостенных ассоциаций микрофоссилий, но и выявить их вариации при переходе к наиболее глубоководным фациям. Тем самым снимается ранее выдвигаемый тезис о нерепрезентативности состава нижнерифейских сибирских микробиот по сравнению с австралийскими в связи с их относительной мелководностью. Сравнительный седиментологический анализ показывает изофациальный характер отложений наиболее дистальной части латеральной последовательности нижней подсвиты котуйканской свиты и содержащих наиболее древние известные на сегодня находки акантоморфных акритарх и ряда других эукариотных фитопланктонных микроорганизмов группы Ропер нижнего рифея (мезопротерозоя) Австралии. При этом упомянутые акритархи в открыто-морских фациях нижнекотуйканской подсвиты и усть-ильинской свиты не встречены. Планктонные формы здесь представлены гладкостенными крупными оболочками *Chuaria circularis* и некоторыми другими более мелкими сфероморфидами. Подобное расхождение состава изофациальных микробиот из нижней подсвиты котуйканской и усть-ильинской свит с одной стороны, и формаций Джэлбой и Коркореэн серии Ропер с другой, говорит, по-видимому, о более древнем относительном возрасте первых. Однако точные возрастные соотношения микробиоты серии Ропер и микробиоты усть-ильинской и котуйканской свит остаются неясными. Дальнейшее изучение вновь обнаруженных микробиот в палеобиологическом, таксономическом и литолого-фациальных аспектах и уточнение изотопно-геохронологической и хеостратиграфической характеристик содержащих их отложений должны уточнить представления о глобальном составе нижнерифейских ассоциаций микрофоссилий и точному времени появления первых акантоморфных акритарх в палеонтологической летописи протерозоя.

Мы выражаем благодарность К.Е. Наговицину за ревизию первого варианта статьи и сделанные полезные замечания.

Работа выполнена при поддержке инициативных проектов РФФИ № 04-05-65101 и № 05-05-65290, проекта организации экспедиций № 04-05-79009, а также гранта программы приоритетных исследований Президиума РАН № 18.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вейс А.Ф., Воробьева Н.Г. Микрофоссилии рифея и венда Анабарского массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1992. № 1. С. 114–130.

Вейс А.Ф. Микрофоссилии рифея и венда Учуро-Майского и Туруханского районов Сибири // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. № 5. С. 47–64.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю. Зависимость систематического разнообразия комплексов органостенных микрофоссилий рифея от условий их формирования (на примере безыменской свиты Туруханского района) // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 1. М.: Недра, 1994а. С. 32–42.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю. Главные особенности фациально-экологического распределения микрофоссилий в рифейских бассейнах Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994б. Т. 2. № 5. С. 97–129.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю., Воробьева Н.Г. Преобразование фациально-экологической структуры древних биот во времени и стратиграфия рифея // Геология и геофизика. 1998а. Т. 39. № 1. С. 85–96.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю., Воробьева Н.Г. Мироедихинская микробиота верхнего рифея Сибири. Сообщение 1. Состав и фациально-экологическое распределение органостенных микрофоссилий // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998б. Т. 6. № 5. С. 15–38.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю., Воробьева Н.Г. Мироедихинская микробиота верхнего рифея Сибири. Сообщение 2. Интерпретация в терминах биотической палеосукцессии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7. № 1. С. 18–40.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю., Воробьева Н.Г. Геохронологический и биостратиграфический подходы к реконструкции истории докембрийской биоты: новые находки микрофоссилий в рифее западного склона Анабарского поднятия // Докл. РАН. 2001. Т. 378. № 4. С. 511–517.

Веселовский Р.В., Петров П.Ю., Карпенко С.Ф. и др. Новые палеомагнитные и изотопные данные по позднепротерозойскому магматическому комплексу северного склона Анабарского поднятия // Докл. РАН. 2006. Т. 410. № 6. С. 1–6.

Геохронология докембрия Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Л.: Наука, 1968. 332 с.

Горохов И.М., Семихатов М.А., Друбецкой Е.Р. и др. Rb-Sr и K-Ar возраст осадочных геохронометров нижнего рифея Анабарского массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 7. С. 17–32.

Горохов И.Н., Семихатов М.А., Мельников Н.Н. и др. Rb-Sr геохронология среднерифейских аргиллитов юмстахской свиты, Анабарский массив, Северная Сибирь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9. № 3. С. 2–24.

Злобин М.Н., Голованов Н.П. Стратиграфический очерк верхнедокембрийских отложений западного

склона Анабарского поднятия (р. Котуйкан) // Опорный разрез верхнедокембрийских отложений западного склона Анабарского поднятия. Л.: НИИГА, 1970. С. 6–20.

Комар В.А. Строматолиты верхнедокембрийских отложений севера Сибирской платформы и их стратиграфическое значение. М.: Наука, 1966. 122 с.

Комар В.А. Строматолиты в корреляции опорных разрезов рифея Сибири и Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 10. С. 30–35.

Мельников Н.В., Якишин М.С., Шишкин Б.Б. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Новосибирск: Гео, 2005. 428 с.

Наговицин К.Е. Новые органостенные микробиоты рифея внутренних районов Сибирской платформы // Среда и жизнь в геологическом прошлом (всероссийский симпозиум). Новосибирск: ОИГГиМ СО РАН, 2000. С. 79.

Наговицин К.Е. Микрофоссилии керпильского уровня из нефтегазоносных отложений внутренних районов Сибирской платформы // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков (Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 10-летию Российского фонда фундаментальных исследований). Иркутск, 2002. С. 84–86.

Петров П.Ю., Вейс А.Ф. Фациально-экологическая структура древнинской микробиоты: верхний рифей Туруханского поднятия Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3. № 5. С. 18–51.

Петров П.Ю., Семихатов М.А., Сергеев В.Н. Развитие рифейской карбонатной платформы и распределение на ней окремненных микрофоссилий (сухотунгусинская свита Туруханского поднятия Сибири) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3. № 6. С. 79–99.

Покровский Б.Г., Виноградов В.И. Изотопный состав стронция, кислорода и углерода в верхнедокембрийских карбонатах Западного склона Анабарского поднятия (р. Котуйкан) // Докл. АН СССР. 1991. Т. 320. № 5. С. 1245–1250.

Розен О.М., Журавлев Д.З., Суханов М.К. и др. Изотопно-геохимические и возрастные неоднородности раннепротерозойских террейнов, коллизийных зон и связанных с ними аноксигенных на северо-востоке Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 2. С. 163–179.

Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Горохов И.М. и др. Низкое отношение ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr в Гренвильском и пост-Гренвильском палеоокеане: определяющие факторы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 10. № 1. С. 3–46.

Сергеев В.Н. Окремненные микрофоссилии докембрия и кембрия Урала и Средней Азии. М.: Наука, 1992. 139 с.

Сергеев В.Н. Окремненные микрофоссилии докембрия: природа, классификация, и биостратиграфическое значение. М.: ГЕОС, 2006. 280 с.

Сергеев В.Н., Ли Сень-Джо. Новые данные об окремненных микрофоссилиях саткинской свиты стратотипа нижнего рифея (Южный Урал) // Первые находки остатков несомненных эукариот и преципитатов в

- стратотипе среднего рифея, Южный Урал. 2006. Т. 14. № 1. С. 3–21.
- Хоментовский В.В., Шенфиль В.Ю., Якишин М.С.* Рифей Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1985. № 7. С. 25–33.
- Abbott S.T., Sweet L.P.* Tectonic control on third-order sequences in a siliciclastic ramp-style basin: an example from the Roper Superbasin (Mesoproterozoic), northern Australia // Australian J. Earth Sci. 2000. V. 47. P. 635–657.
- Butterfield N.J.* Bangiomorpha pubescens n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity and the Mesoproterozoic-Neoproterozoic radiation of eukaryotes // Paleobiology. 2000. V. 26. P. 386–404.
- Butterfield N.J.* Paleobiology of the late Proterozoic (ca. 1200 Ma) Hunting Formation, Somersed Island, arctic Canada // Precambrian Res. 2001. V. 111. P. 235–256.
- Butterfield N.J., Chandler F.W.* Palaeoenvironmental distribution of Proterozoic microfossils, with an example from the Agu bay Formation, Baffin Islands // Ibid. 1992. V. 35. P. 943–957.
- Hodych J.P., Cox R.A., Kosler J.* An equatorial Laurentia at 550 ma confirmed by Grenvillian inherited zircons dated by LAM ICP-MS in the Skinner Cove volcanics of western Newfoundland: implications for inertial interchange true polar wander // Ibid. 2004. V. 129. P. 93–113.
- Javaux E.J., Knoll A.H., Walter M.R.* Morphological and ecological complexity in early eukaryotic ecosystems // Nature. 2001. V. 412. P. 66–69.
- Javaux E.J., Knoll A.H., Walter M.R.* Recognizing and interpreting the fossils of Early Eukaryotes // Origins of Life and Evolution of the Biosphere. 2003. V. 33. P. 75–94.
- Javaux E.J., Knoll A.H., Walter M.R.* TEM evidence for eukaryotic diversity in mid-Proterozoic oceans // Geobiology. 2004. V. 2. P. 121–132.
- Knoll A.H.* Microbiotas of the Late Precambrian Hunnberg formation, Nordaustlandet, Svalbard // J. Paleontol. 1984. V. 58. № 1. P. 131–162.
- Knoll A.H., Sweet K., Mark J.* Paleobiology of a Neoproterozoic tidal flat/lagoona the Dracen Conglomerate Formation, Spitsbergen // J. Paleontol. 1991. V. 65. № 4. P. 531–570.
- Knoll A.H., Kaufman A.J., Semikhatov M.A.* The carbon-isotopic composition of Proterozoic carbonates: Riphean succession from Northwestern Siberia (Anabar massif, Turukhansk uplift) // Am. J. Sci. 1995. V. 295. P. 823–850.
- Page R.W., Jackson M.J., Krasay A.A.* Constraining sequence stratigraphy in north Australian basins: SHRIMP U-Pb zircon chronology between Mts. Isa and McArthur River // Australian J. Earth Sci. 2000. V. 47. P. 431–459.
- Peat C.J., Muir M.D., Plumb K.A. et al.* Proterozoic microfossils from the Roper Group, Northern Territory, Australia // Bureau Mineral Resources J. Austral. Geol. and Geophys. 1978. V. 3. P. 1–17.
- Semikhatov M.A.* General problems of Proterozoic stratigraphy in the USSR. Soviet Sci. Rev. Sec. G. Geology. 1991. V. 1, pt. 1. New York: Harwood Acad. Publ., 192 p.
- Sergeev V.N., Knoll A.H., Grotzinger J.P.* Paleobiology of the Mesoproterozoic Billyakh Group, Anabar uplift, Northern Siberia // J. Paleontol. 1995. V. 69. Pal. Soc. mem. 39. 39 p.
- Sergeev V.N., Knoll A.H., Petrov P.Yu.* Paleobiology of the Mesoproterozoic-Neoproterozoic Transition: The Sukhaya Tunguska Formation, Turukhansk Uplift, Siberia // Precambrian Res. 1997. V. 85. P. 201–239.
- Xiao S., Knoll A.H., Kaufman A.J.* Neoproterozoic fossils in Mesoproterozoic rocks? Chemostratigraphic resolution of a biostratigraphic conundrum from the North China Platform // Precambrian Res. 1997. V. 84. P. 197–220.

Рецензенты К.Е. Наговицин, М.А. Семихатов