

А. С. Лопухин, О. А. Лопухина

КОЛОНИАЛЬНЫЕ ПИКОФОССИЛИИ ДОКЕМБРИЯ HYMENOPHACOIDES ROBLOT 1964: СТАДИИ ИХ РАЗМНОЖЕНИЯ КАК ОСНОВНОЙ АРГУМЕНТ БИОГЕННОЙ ВЕРИФИКАЦИИ

(Рекомендовано акад. НАН Украины П. Ф. Гожиком)

Розглянуто колоніальні пікофосилії Archaea, віднесені раніше до Acritarcha Evitt 1963 та описані як Hymenophacoides Roblot 1964, рід Menneria Lopukhin 1971. Гранулярна поверхня й обрис мікроструктур відображають морт-клітинну будову, а стадії брунькування, фіксовані в осадах, свідчать про їх цианобактеріальну природу, властиву реліктам, що заселяють сучасні водойми. Це слугувало основою концепції адитивної еволюції мікробіоти та становлення біосфери акад. РАН Г. А. Заварзіна. Верифікація цианобактеріальних колоній помітно розширює можливості докембрійського вектора досліджень – історичну геологію, біогеохімію, літолого-фаціальний аналіз, а також передбачає результативність пошуку та інтерпретації інопланетних аналогів.

Colonial picofossils Archaea are examined; earlier they were referred to Acritarcha Evitt 1963 and described as Hymenophacoides Roblot 1964, genus Menneria Lopukhin 1971 (ex). The granular surface and the outline of the microstructures reflect a mort-cellular structure, and the stages of budding fixed in deposits confirm their cyano-bacterial nature peculiar to relicts occupying modern reservoirs, formed a basis of the concept of the academician of Russian Academy of Science G. A. Zavarzin about becoming of biosphere during additive evolution of microorganisms. Verification of cyano-bacterial colonies noticeably expands Precambrian vector of researches: historical geology, biogeochemistry, lithologic-facies analysis; in addition productivity of the search and interpretation of Extraterrestrial analogues gives hope.

"Первое появление жизни при создании биосферы должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организма, а в виде их совокупности, отвечающей геохимическим функциям жизни, должны были сразу появиться биоценозы" [1, с. 290]. Высказывание В. И. Вернадского, относящееся к 1931 г., предвосхитило озвученный в начале XXI в. доклад акад. Г. А. Заварзина на Президиуме РАН о становлении биосферы в докембрии филогенетически различными цианобактериальными сообществами. Актуалистически выверенный анализ Г. А. Заварзина представляет собой процесс аддитивной эволюции функционально кооперированных цианобактерий, которые на протяжении четырех миллиардов лет осуществляли биогеохимические циклы и создали биосферу нашей планеты [2, 3]. Эти знаковые для естествознания и биогеохимии публикации отразились и в коллективной брошюре "Бактериальная палеонтология" (2002 г.), в которой показана роль и значение цианобактерий в выветривании пород, седиментации и генезисе осадочных полезных ископаемых; подчеркивается необ-

ходимость изначального биологического разнообразия микросообществ как условие их существования и появления эукариот-протист, затрагивается эволюция биосферы, другие вопросы [7]. Протерозойская история цианобактерий обстоятельно изложена в статье В. Н. Сергеева, Л. М. Герасименко, Г. А. Заварзина [8]. Несколько ранее появилось повествование о колыбели жизни на Земле проф. J. W. Schopf [25]. Проф. Н. D. Pflug с помощью электронного микроскопа установил морт-клеточную структуру биопленок строматолита Bulawayo [19]. Подобные исследования пород формации Onverwacht провели F. Westall, M. J. de Wit et al. [26]. Проф. М. Schidlowski публикует тщательно выверенный обзор достоверности палеобиологических и биогеохимических следов ранней земной жизни как основу для поиска и интерпретации инопланетных свидетельств* [23]. Упомянутые работы привнесли заметную новизну в представления о докембрии и дополнительную перспектив-

* В личном письме М. Шидловский высказал пожелание увидеть свои материалы на "языке Тараса Бульбы", настоятельно оговорив место второго автора. Статья появилась в 2006 г. – "Вісник НАН України", № 5.

ность этому вектору в геологии, биогеохимии и экзобиологии.

При этом, к сожалению, были забыты акритархи *Hymenophacoides Roblot* 1964 характерного зернистого облика, обнаруженные вначале в бриовере Нормандии, затем в архее Южной Африки и кембрии Тянь-Шаня. Достоверность этих микрофоссилий в осадочных породах докембрия и палеозоя неоднократно подтверждалась в научной печати, в том числе западной. Планетарный масштаб концепции акад. Г. А. Заварзина требует для появления биосферы функциональной активности великого множества цианобактерий. Пробел в их материализованном существовании в породах докембрия побуждает вспомнить многолетние изыскания автора в Академии наук Киргизии* и представить обновленное описание представителей семейства *Hymenophacoides Roblot* 1964, род *Menneria Lopukhin* 1971, установленных 40 лет назад в осадочных породах геологического разреза практически на всех континентах (рис. 1).

В 1963 г. французская исследовательница М.-М. Roblot при изучении металлогении кремнистых пород верхнего докембрия Нормандии (Brioverien) впервые обнаружила характерные зернистые микроструктуры, отнесла их к *Acritarcha Evitt* 1963 и описала впоследствии как *Sporomorphes* в составе семейства *Hymenophacoides Roblot* 1964. По соотношению изотопов углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и с помощью электронного микронзонда была установлена их биогенная природа [21, 22]. В 1966 г. проф. Н. D. Pflug выявил в шлифах из пород формации Fig Tree системы Свазиленд Южной Африки сходные органические глобулярные образования с утолщенным краем [18, 19]. Вскоре идентичные зернистые микроструктуры были найдены в углисто-кремнистой ванадиеносной формации нижнего кембрия Тянь-Шаня (хребет Джетымтау) и, по досадному незнанию статей М.-М. Roblot, описаны вначале как *Archaeopsophospaera adishevi Lopukhin* [4]. В последующем ряд морфотипов этих зернистых микроструктур был объединён в

род *Menneria Lopukhin**, тип рода – *Menneria roblotae* [5]. Их колониальная сущность и принадлежность к *Cyanophyta* были выявлены позднее [6, 14, 15].

Обнаружение цианобактериальных скоплений в осадочных породах сравнительно несложно. Кусочек породы (примерно 3–4 см³) измельчаем до 1–3 мм. Порошок и мелкие кусочки высыпав в 50-миллилитровую узкогорлую коническую колбу и доливаем дистиллированную воду до половины. Содержимое взбалтываем и доливаем воду до края горлышка. Происходит флотация углеродистых пикочастиц и их агрегаций, если они есть в этой породе. Результат флотации может быть улучшен. Порошок в колбе смачиваем водой, затем к нему доливаем 2–3 мл 50%-ной соляной или плавиковой кислоты (в зависимости от состава породы). Спустя 15–20 минут после реакции доливаем воду, содержимое взбалтываем и колбу заполняем водой по горлышко. Препаровальной иглой отбираем часть образовавшейся в горлышке органической пленки, переносим на предметное стекло в каплю подогретого глицерин-желатина, накрываем покровным стеклышком и слегка прижимаем. Или кусочек застывшего глицерин-желатина берем иглой, касаемся пленки и переносим на предметное стекло, которое подогреваем. Просмотр капли воды с частью пленки без фиксации также возможен. Для гарантированной (в отдельных случаях) сепарации может быть использована иодисто-кадмиевая "тяжелая жидкость".

Если порода выбрана удачно, то под микроскопом видно уплощенные округло-овальные микроструктуры с зернистой поверхностью серого, темно-серого, черного цвета, нередко смятые в складки или с рубцеватыми утолщениями. Размер от 10 до 200 мкм, реже более. Встречаются двойные (и более сложные) формы с разделяющей перетяжкой или пояском, а также с отверстиями в местах отпочкования молодой колонии. Иногда наблюдаются лентовидные фрагменты такого же зернистого облика,

* Исследования в рамках гранта ГКНТ СССР, инициированного в то время акад. А. В. Сидоренко – министром геологии СССР, осуществлялись на предельно высоком уровне ответственности.

* Род *Menneria* назван в честь известного геолога-биостратиграфа акад. АН СССР В. В. Меннера, который поддерживал исследования в докембрии и оставил о себе светлую память для всех, кто его знал.

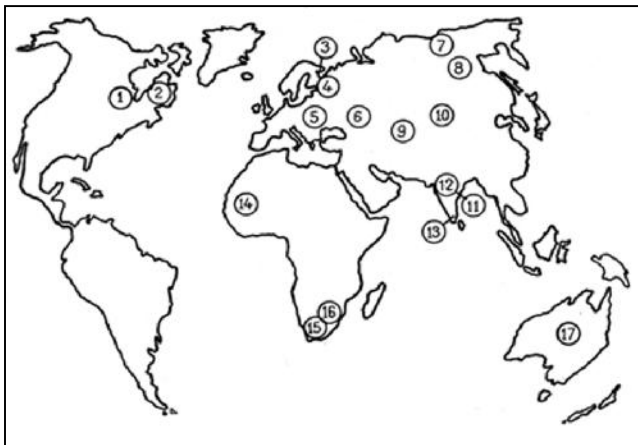


Рис. 1. Районы выхода докембрийских отложений и местонахождения колониальных микроструктур семейства *Hymenophacoides* Roblot 1964 ex Lopukhin: **1)** Северная Америка, формация Ганфлинт (≈ 2.0 Ga). **2)** Гудзон, о-ва Маверс, рифей. **3)** Кольский п-ов, архей. **4)** Карелия, протерозой. **5)** Украина, Приднестровье, рифей. **6)** Поволжье, рифей. **7)** Северо-восточное Прианбарье, р. Лена, с.Чекуровка, рифей. **8)** Алданский щит, Йенгская серия, архей (3.5 Ga). **9)** Тянь-Шань, докембрий и палеозой. **10)** Монголия (Хубсугул), рифей. **11)** Индия, супергруппа Виндхья, протерозой (≈ 2.0 Ga). **12)** Индия, система Аравалли, протерозой. **13)** Индия, супергруппа Дхарвар, верхний архей. **14)** Северо-западная Африка, синеклиза Тоудени, рифей. **15)** Южная Африка, формация Фиг Три, архей (3.2 Ga). **16)** Южная Африка, формация Онвервахт, архей (3.5 Ga). **17)** Австралия, формация Биттер-Спрингс, верхний докембрий (1.0 Ga)

шириной от 15–50 μm , длиной до 500 μm , изредка нитевидные. Микроструктуры в препаратах могут наблюдаться на фоне рассеянных пикочастиц, которые являются, возможно, остатками индивидуальных цианобактерий или пикофоссилий – **Archaea**, исходя из современных представлений (табл. I и II) [2, 27].

Морфология и зернистая поверхность ископаемых микроструктур разительно напоминали современные *Microcystis aeruginosa*. Это выявилось при консультации с видным украинским альгологом акад. А. В. Топачевским (перед апробацией доклада на Международном конгрессе по происхождению жизни, Барселона, 1973). В результате микроструктуры были отнесены к Cyanophyta, предполагалась очевидной их колониальная природа, включая лентовидные фрагменты – пластинчатую форму свободноплавающих колоний

[10]. Подобные "откровения" для того времени знаний о микробиотах докембрия звучали неправдоподобно и публиковались с оговорками [6, 15].

Вскоре сходные микрофоссилии обнаружили канадские геологи в карбонатных и кремнистых породах позднего докембрия о-ва Ньюфаундленд. Уплотненно-округлые, часто со складками, и лентовидные микрофоссилии зернистого облика были отнесены к *Acritarcha** Evitt 1963 и Cyanophyta, со ссылкой на первоисточники: *Sporomorphes* Roblot 1964, *Menneria levis* Lopuchin 1971, *Menneria robloatae* Lopuchin 1971 [12]. Подобные микрофоссилии были описаны ими также из Little Dal Group гор Макензи как уплотненные "megafossils" (размер до 710 μm) с выраженной зернистой поверхностью и отнесены к водорослям [13].

Морфологически сходные колонии *Hymenophacoides* Roblot 1964 разных стран (Франция, Киргизия, Канада), находки в других регионах (рис. 1) показали их повсеместное распространение в геологическом разрезе, а также консервативность строения (персистентность) на протяжении всей геологической истории Земли, при явном сходстве с прокариотным населением современных водоемов, включая океан, в особенности его экваториальные воды.

Ниже приводится описание морфотипов цианобактериальных колоний *Hymenophacoides* Roblot 1964 в рамках представлений проф. Carl R. Woese [27] и акад. Г. А. Заварзина [2, 3] о микроорганизмах на

* *Acritarcha* Evitt 1963 – одноклеточные (или, вероятно, одноклеточные) микроскопические органические тельца с прочной оболочкой неясной или неопределенной биологической принадлежности, характеризующиеся разнообразной наружной скульптурой (шиповатые и гладкие). Многие (если не большинство) акритархи связаны с водорослями, но это искусственная группа. Стратиграфическое распространение: докембрий – настоящее время; наиболее многочисленные в докембрии и раннем палеозое. Термин был предложен (Evitt 1963) в качестве неофициальной, утилитарной, удобной категории без статуса для обозначения микроскопических остатков неясной и, вероятно, разной биологической принадлежности, состоящих из центральной полости, окруженной одно- или многослойной оболочкой. "Толковый словарь английских геологических терминов (Glossary of geology)". – М.: Мир, 1977. – Т. 1. – С. 28.

Таблица I

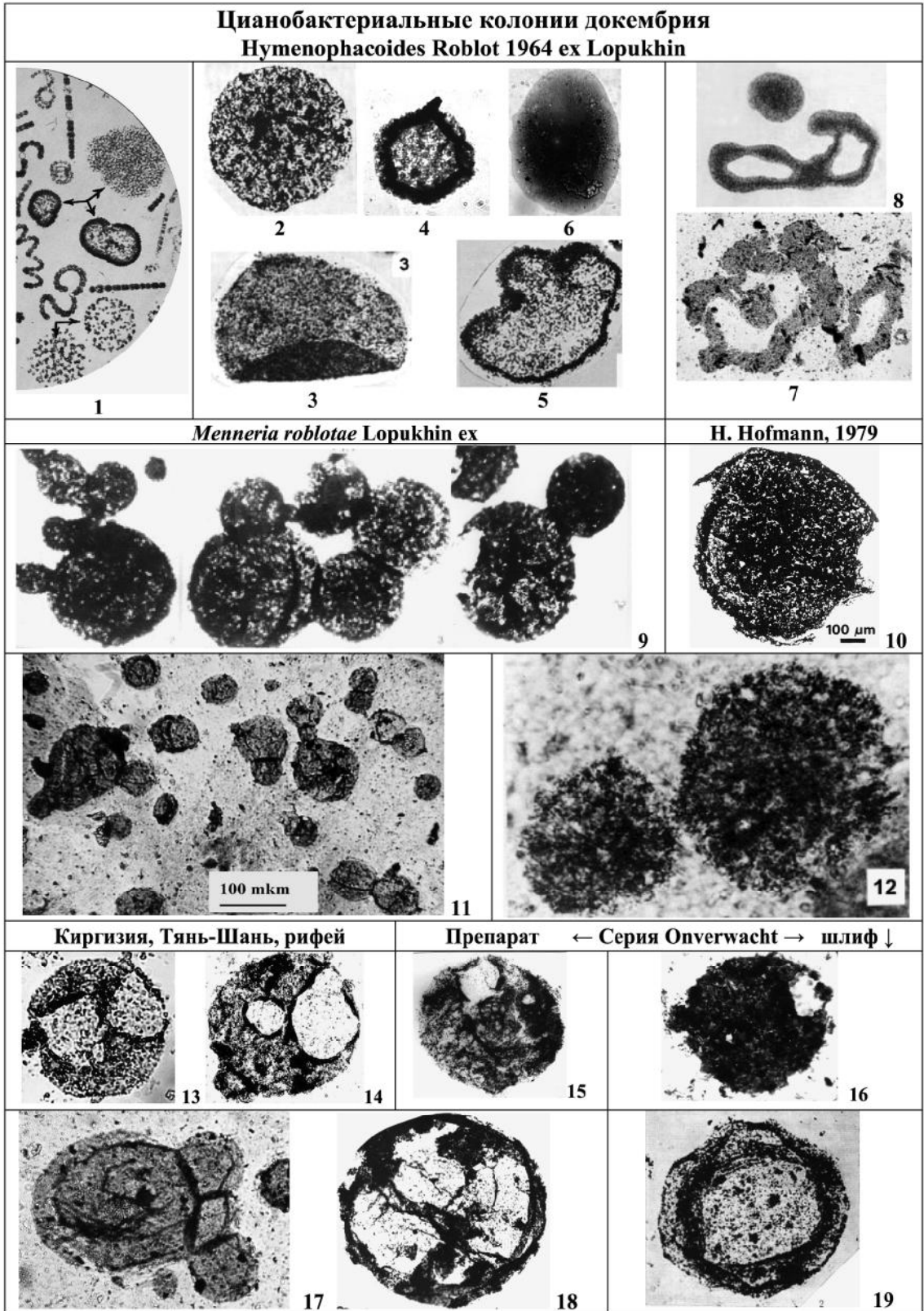


Таблица I. Морфологическая идентичность современных реликтовых колоний *Microcystis aeruginosa* и цианобактериальных колоний рода *Menneria* Lopukhin 1971 ex

(1 и 8). Фотографии адаптированы из книги Algenkunde, Fott, 1971 (Fischer Verlag, Jena). **(2).** *Menneria roblotae* Lopukhin ex. Голотип, размер 60 μm , рифей. Казахстан, хребет Малый Каратау. **(3).** Тот же вид, паратип, колония подвернута, размер 65 μm , кембрий. Казахстан, Большой Каратау. **(4).** *Menneria pflugii* Lopukhin sp. nov. Голотип, размер 50 μm , архей, серия Fig Tree (3,2 Ga), Свазиленд, Южная Африка. **(5).** Тот же вид, размер 100 μm , группа Onverwacht (3.5 Ga), Свазиленд, Южная Африка. **(6).** *Menneria* sp. – единственная находка, колония, утончающаяся по краю. Рифей Тянь-Шань. **(7).** Колония извилистых очертаний, установлена в углеродистых отложениях девона, Южный Казахстан. **(9).** *Menneria roblotae* Lopukhin ex, колонии из материалов М.-М. Roblot. Процесс деления. Размер 20–130 μm . Бриовер Нормандии (верхний докембрий), карьер Pont de Maze, фтаниты Кибу. **(10).** Колония *Menneria roblotae* (megafofossils), размер 710 μm . Известняки формации Little Dal Group, рифей, горы Маккензи, Северо-западная Канада [13]. **(11).** *Menneria roblotae* Lopukhin ex, колонии на стадии деления на фоне множества пикочастиц. Углеродистые сланцы, верхний рифей, Тянь-Шань, Таласский хребет [5, 15]. **(12).** Тот же вид, размер, вероятно, разделившихся колоний 80 и 125 μm . Шлиф из кварцитовидных песчаников, поздний архей. Дхарварская группа, Южная Индия [16]. **(13, 14, 17).** *Menneria roblotae* Lopukhin ex, рифей, колонии на стадии деления, размер колоний 70, 190 и 280 μm . Тянь-Шань, Таласский хребет, Киргизия. **(15, 16).** Тот же вид, размер колоний 90 и 64 μm , препарат и шлиф. Формация Onverwacht (3.5 Ga) Свазиленд, Южная Африка. Фото 16 приведено из работы B. Nagy & L. Nagy [17]. **(17).** Тот же вид, колония в стадии почкования, размер 180 μm , Тянь-Шань, Таласский хребет, Киргизия. **(18).** *Menneria adishevi* Lopukhin 1969 ex. Голотип, размер 100 μm , нижний кембрий, хребет Джетымтау, перевал Калмыкашу, Тянь-Шань, Киргизия. **(19).** Тот же вид, паратип, размер 110 μm , колония со складками, рифей, синеклиза Тоудени, Северо-западная Африка, Мали.

первозданной Земле. В современном понимании естественный порядок живого мира укладывается в топологию универсального генеалогического дерева. Вся жизнь подпадает под одну из трех группировок (доменов): бактерии (или зубактерии), археи (или археобактерии) и эукарии (или эукариоты). Археи и бактерии по типу клеток являются прокариотами, с которыми ассоциируется семейство Numenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin. Выдвигая концепцию аддитивной эволюции, Г. А. Заварзин [2] полагает, что до настоящего времени в природе сосуществуют представители упомянутой сакральной триады организмов, исполнивших свою миссию при становлении биосферы. Вместо вымирания предшествующих микробиот, как это ранее представлялось, наблюдается их персистентность, сохранение на Земле до нашего времени (рис. 2).

Домен (царство) **Archaea**

Цианобактериальные прокариоты

Семейство Numenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin

Цианобактериальные колонии и биопленки уплощенной линзовидной формы с неопределенным количеством шаровидных

морт-клеточных пикофоссилий размером ориентировочно 0,5–2,0 μm , различных при иммерсионном объективе в общей минерализованной колониальной слизи. Очертания округлые, округло-овальные, округло-складчато-угловатые, вероятно, как вторичное явление в результате седиментации. Контур неровный, отражает зернистую структуру. Наблюдается почкование колоний. Цвет серый, черный, редко коричневатый. Размер от 10–20 до 400–700 μm . Распространены в осадочных породах докембрия и палеозоя.

Род *Menneria* Lopukhin 1971 ex Lopukhin
Табл. I и II

Тип рода – *Menneria roblotae* Lopukhin 1971 ex.

Северный Тянь-Шань, хребет Малый Каратау, рифей (табл. I, фиг. 2, размер 60 μm).

Паратип – табл. I, фиг. 11, шлиф. Размер разделившихся колоний 80 и 125 μm , кварцитовидные песчаники формации Додгуни, верхний архей, Дхарварская группа, Майсур, Южная Индия.

Описание. Колониальные скопления цианобактериальных морт-клеток, сравнительно плотные, линзовидные, реже оваль-

Таблица II

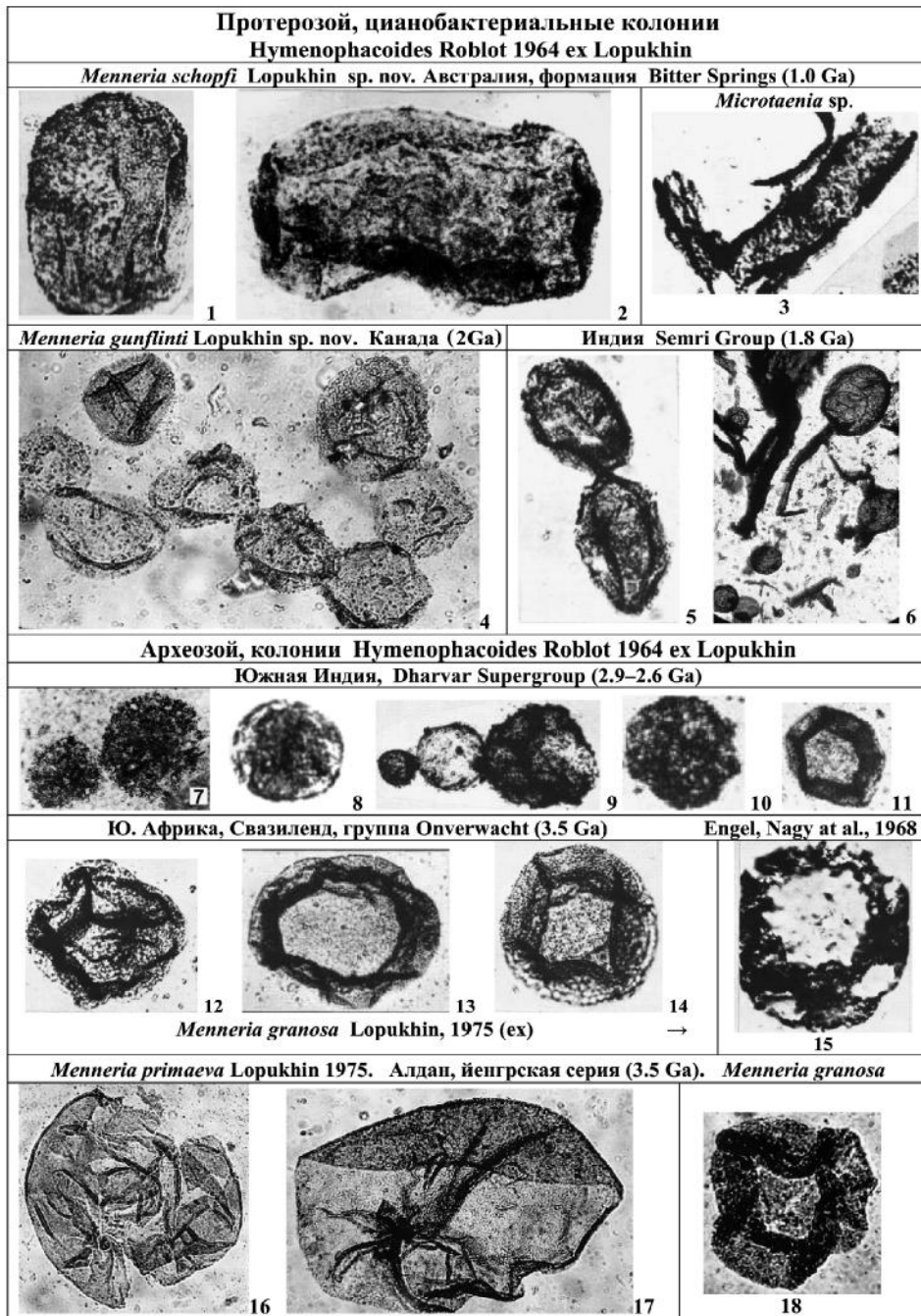


Таблица II. Цианобактериальные колонии Нуменорфациоидес Roblot 1964 ex Lopukhin (протерозой и архей). (1, 2). Колонии *Menneria schopfi* Lopukhin sp. nov. Размер 90 (голотип) и 180 μm . Кремни из коллекции проф. J. W. Schopf. Формация Bitter Springs (1.0 Ga), Австралия [24]. (3). Колония *Microtaenia* sp., ширина 15 μm , длина 50 μm . Кремни той же формации. Аналогичные лентовидные зернистые фрагменты установлены в Бриовере Нормандии [21], а также в рифее о-ва Ньюфаундленд [12], встречались в рифее Тянь-Шаня. (4). Колонии *Menneria gunflinti* Lopukhin sp. nov. Группа сросшихся скоплений морт-клеток и отдельная колония размером 70 μm . Формация Gunflint (2.0 Ga), Канада. Кремни из коллекции проф. J. W. Schopf. (5). *Menneria vindhya* sp. nov. Плотная сдвоенная колония из карбонатных пород, общий размер 150 μm , протерозой, группа Semri, Supergroup Vindhya, Индия. (6). Колонии одиночные, вероятно, того же морфотипа. (7). *Menneria roblotae* Lopukhin ex,

почти разделившаяся надвое колония, размер 80 и 125 μm . Шлиф, кварцитовидный песчаник, Dharvar Supergroup, формация Dodguni, (2,9–2,6 млрд. лет). **(8–10)**. Морфотипы того же вида из тех же отложений. **(11)**. *Menneria granosa* Lopukhin 1975 ex, те же отложения. **(12–15)**. Тот же вид с характерным замятием края всех колоний, включая "life-like microstructure" из статьи Engel, Nagy et al. [11]. Размеры 100, 110, 135 и 106 μm , архей, группа Onverwacht (3.5 Ga), Свазиленд, Южная Африка. Коллекция проф. D. K. Hallbauer (Johannesburg, South Africa) и образцы шертов, присланные L.A. Nagy. **(16,17)**. *Menneria primaeva* Lopukhin 1975 ex. Размер 360 и 400 μm , архей, кальцифиры Йенгрской серии (3.5 Ga), Алданский щит, Россия. Коллекция Г. Б. Гиммельфарба. **(15)**. *Menneria granosa* Lopukhin ex. Голотип – 140 μm , описан из кальцифиров той же серии.

ные, четких очертаний, вероятно, свободноплавающие (при жизни). Поверхность равномернозернистая, отражает клеточное строение, нередко с рубцеватыми, плоскими или фестончатыми складками. Край нелинейный, гранулированный, в отличие от оболочек типа *Huroniospora* sp., *Isuasphaera* sp. и др. Наблюдается репродукция, деление колоний на две разновеликие части, иногда с разделяющим пояском, а также множественное почкование и отверстия в местах отторжения молодых колоний. Цвет серый, темно-серый, черный, иногда коричневатый. Размер от 10–20 до 400–700 μm .

Сравнение и замечания. Колонии визуально отличаются от большинства описанных ранее в докембрии микрофоссилий гранулированным строением, за исключением тех, которые могли ошибочно приниматься за целостные оболочки. Морфологический консерватизм ограни-

чивает их рамки пока одним родом *Menneria* Lopukhin, 1971 ex Lopukhin, позволяя выделить несколько морфотипов. Все они характеризуются удельным весом около 1, что обеспечивает их флотацию в воде из раздробленной породы. Колониям обычно присущи многочисленность, ассоциация с углеродистым веществом и в ряде случаев экспозиция в шлифах из кремнистых пород. Сходство *Menneria* с *Microcystis aeruginosa* позволило в свое время отнести их к Cyanophyta и рассматривать вероятность колониальной природы [6, 14, 15]. К семейству Hymenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin могут быть причислены также цианобактериальные биопленки обрастания и, возможно, строматолитовые наслоения.

Местонахождение. Представители рода *Menneria* Lopukhin установлены практически на всех континентах от архея до мезозоя.

Глобальное филогенетическое дерево микроорганизмов и распределение метаболических путей автотрофной фиксации углекислоты (по О. Кандлеру)

Порядок ветвления и длина ветвей основаны на сравнении последовательностей нуклеотидов в 16/18S рДНК генов

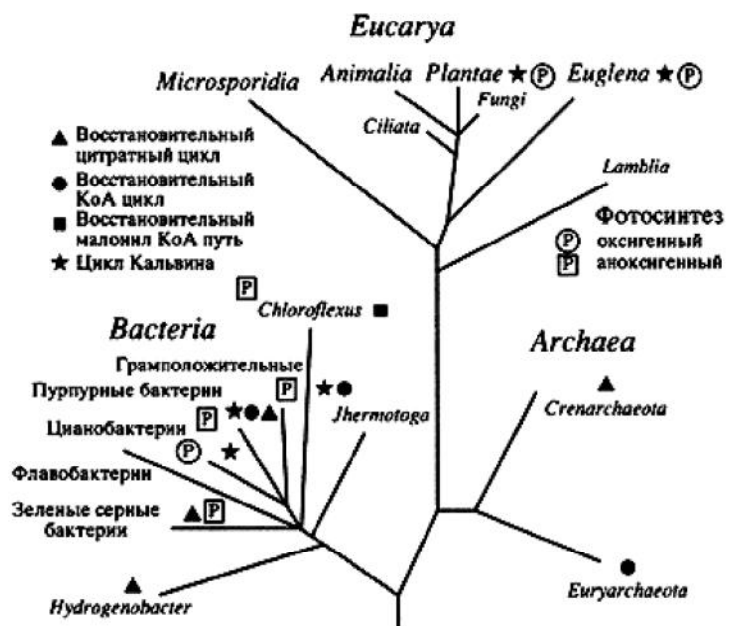


Рис. 2. Топология универсального генеалогического дерева [2]

Menneria adishevi Lopukhin 1969 ex
Lopukhin
Табл. I, фиг. 18

Голотип – размер 100 μm .

Тянь-Шань, хребет Джетымтау, перевал Калмыкашу, ванадиеносная углисто-кремнисто-сланцевая формация, нижний кембрий.

Паратип – размер 110 μm (табл. 1, фиг. 17), Северо-западная Африка, Мали, синеклиза Тоудени.

Описание. Колониальные скопления морт-клеток, обычно округлые, уплощенные, сравнительно тонкие, поверхность мелкозернистая с различного рода складками. Цвет серый до черного. Размер от 30 до 140 μm .

Сравнение и замечания. От *Menneria roblotae* отличаются тонким строением (меньшие размеры морт-клеток), с чем связано, вероятно, присутствие складок. Морфотип включает также ранее описанный вид *Menneria levis*, поскольку последний был выделен по признаку удельного веса органической взвеси около 1. Этот признак относится к роду *Menneria*.

Местонахождение. В основном палеозой, реже рифей. Тянь-Шань, хребет Малый Каратау, Терской Алатау, Таласский хребет. Сибирь, низовье р. Лена. Монголия (Хубсугул), муранская свита. Восточно-Европейская платформа, пачелмская серия.

Menneria schopfi Lopukhin sp. nov.
Табл. II, фиг. 1 и 2

Голотип – фиг. 1, размер 120 μm .

Австралия, Северо-центральный бассейн Amadeus, формация Bitter Springs, верхний протерозой (1 Ga), коллекция кремней проф. J. W. Schopf.

Описание. Колониальные скопления морт-клеток, плотные, утолщенные. Очертания округло-овальные, иногда продолговатые с замятым краем. Поверхность зернистая с мелкими морщинами. Цвет серый, темно-серый. Размер от 70 до 180 μm .

Сравнение и замечания. Отличаются от морфотипа *Menneria roblotae* более плотным строением, мелкозернистой поверхностью, замятиями края колоний. Встречались угловато-округлые морфотипы, сходные с находками в близких по возрасту

отложениях на о-ве Ньюфаундленд [12]. В кремнях Bitter Springs наблюдались также лентовидные фрагменты (табл. II, фиг. 3). Обнаружение цианобактериальных колоний в этой формации существенно дополняет позднепротерозойскую экосистему Австралии, где ранее было описано более 30 видов филогенетически иных микрофоссилий [24].

Местонахождение. Австралия, бассейн Amadeus, формация Bitter Spring (1.0 Ga), возможно, о-в Ньюфаундленд, рифей.

Menneria gunflinti Lopukhin sp. nov.
Табл. II, фиг. 4

Голотип – фиг. 4 (вверху), размер 70 μm . Северная Америка, Канада, формация Gunflint (протерозой, 2 Ga).

Описание. Колониальные скопления морт-клеток, относительно субтильные, округло-овальные в очертании. Поверхность мелкозернистая с тонкими складками. Встречаются группы соединенных между собой колоний, размером от 50 до 80 μm каждая. Цвет серый.

Сравнение и замечания. Срастание колоний отражает, возможно, прообраз ветвления или результат пролиферации при соприкосновении клеточных скоплений. Более плотные сдвоенные морфотипы наблюдались в известняках протерозойской группы Semri (Индия) и условно названы *Menneria vindhya* sp. nov. Некоторые из этих колоний имели утолщенный край, проявляя сходство с *Menneria pflugii* Lopukhin sp. nov. из формации Fig Tree, Свазиленд (табл. II, фиг. 5 и 6).

Местонахождение. Средний протерозой, формация Gunflint (2.0 Ga), Канада; возможно, Индия, Vindhyan Supergroup (Semri Group).

Menneria pflugii Lopukhin sp. nov.
Табл. I, фиг. 4 и 5

Голотип – фиг. 4, размер 50 μm .

Южная Африка, серия Fig Tree, система Swaziland, архей (3.2 Ga).

Описание. Колонии морт-клеток, округлые в очертании, разной сохранности, обычно с плотным утолщенным краем, иногда замятым. Зернистая поверхность бывает нечеткой, возможно, из-за минера-

лизации или плохой сохранности. Цвет темно-серый, черный. Размер 15–100 μm .

Сравнение и замечания. Плотный край отличает морфотип этих колоний от *Menneria roblotae*. Впервые подобные биогенные структуры в породах серии Fig Tree обнаружил в шлифах H. D. Pflug и отнес их к глобулярному типу "А" [18, 19].

Местонахождение. Южная Африка, горная страна Барбертон, система Swaziland, серия Fig Tree (3.2 Ga). Возможно, Индия, Semri Group. Киргизия, Тянь-Шань, хребет Терской Алатау, рифей. Монголия (Хубсугул), рифей.

Menneria granosa Lopukhin 1971 ex Lopukhin
Табл. II, фиг. 11–14, 18

Голотип – фиг. 18, размер 140 μm .

Россия, Алданский щит, кальцифиры Йенгурской серии (3.5 Ga).

Описание. Скопления морт-клеток с характерным фестончато-замятым краем колонии. Цвет серый. Размер от 50 до 200 μm .

Сравнение и замечания. Замятия края и визуально утолщенное строение отличают этот морфотип от иных. При развернутых складках размер морфотипа может быть большим и колония относится к *Menneria primaeva*. Коллекция пород Г. Б. Гиммельфарба.

Местонахождение. Отложения палеозоя и докембрия Евразии. Южная Африка, серия Onverwacht (архей, 3.5 Ga). В этих отложениях подобная микроструктура (колония) была описана ранее Engel, Nagy et al. в шлифе из кремней (табл. II, фиг. 15) [11].

Menneria primaeva Lopukhin 1975 ex
Lopukhin
Табл. II, фиг. 16 и 17

Голотип – фиг. 17, размер 400 μm .

Россия, Алданский щит, кальцифиры Йенгурской серии (3.5 Ga).

Описание. Обычно крупные колониальные скопления морт-клеток, округлые с зернистой поверхностью, местами с рубцеватыми утолщениями или складками. Мелкие экземпляры без рубчиков. Цвет серый. Размер от 20 до 400 μm .

Сравнение и замечания. Отличаются хорошо выраженной равномернозернистой

поверхностью и большим размером колоний. От *Menneria roblotae* разнятся более тонким строением, наличием рубцеватых и плоских складок.

Местонахождение. Сибирь, Алданский щит, Йенгурская серия; отдельные находки в породах серии Onverwacht Южной Африки.

Поскольку визуальное различие между колониями все же существует, биостратиграфическое значение морфотипов рода *Menneria* Lopukhin 1971 ex Lopukhin, вероятно, может проявиться при дальнейших исследованиях крупных возрастных подразделений докембрия. В палеозое колонии заметно более тонкие и обычно смяты в плоские складки (*Menneria adishevi*). *Menneria roblotae*, установленные в верхнем протерозое Франции, Киргизии и Канады, относительно редки в более древних отложениях, но наблюдались в позднем архее Южной Индии. В Австралии исследована лишь формация Bitter Springs, где обнаружен морфотип плотных колоний *Menneria schopfii* Lopukhin sp. nov. Морфологически своеобразны колонии *Menneria gunflinti* Lopukhin sp. nov. и их группировки (Канада, 2,0 Ga). Подобный морфотип установлен также в протерозое Индии (Semri Group). Он представлен сдвоенной колонией и множеством одиночных скоплений пикофоссилий (табл. II). Архейскому периоду свойственны *Menneria granosa* Lopukhin 1975 ex Lopukhin с характерными замаятиями края колонии. Единично они встречались и в палеозое. Возможно, электронная микроскопия выявит более существенные различия, в частности, по размеру слагающих колонию индивидов и характеру минерализации слизи, которая их скрепляет.

Формальное описание морфотипов рода *Menneria* Lopukhin включило лишь наиболее известные опорные (в возрастном отношении) микробиоты. При выделении морфотипов использовались вторичные признаки, отображающие видоизменения колоний, образовавшиеся, скорее всего, в процессе осадконакопления и диагенеза. Проявление морщин, складок, замаятий может зависеть от плотности и размера колоний и составляющих морт-клеток, что в известной мере подкрепляет значимость указанных признаков. Седиментационный фактор образования морфотипов, отличаю-

щихся от *Menneria roblotae* Lopukhin, дополнительно подтверждает их сингенетичность вмещающим породам, как и фиксированная в осадках репродукция этих колоний подтверждает их цианобактериальный статус в том числе. Еще в 1970-х годах лабораторными исследованиями акад. А. В. Сидоренко и его дочери Св. А. Сидоренко было установлено, что именно тонкорассеянные, точечные субмикронные органические частицы составляют преобладающую массу всего органического вещества в породах и вполне могут служить своего рода индикатором жизненной активности в те или иные геологические эпохи, являясь продуктом преобразования синезеленых водорослей (Cyanophyta) [9].

На карте местонахождений прокариотических колоний (рис. 1) приведена только часть пунктов, притом, что в Индии пробы отбирались автором во многих точках десяти районов страны, в нескольких обнажениях докембрия Монголии, в республиках Средней Азии, на Урале и в Сибири. Представленные материалы о распространении цианобактериальных колоний, начиная с отложений раннего докембрия Сибири, Индии, Южной Африки, свидетельствуют о масштабной микробиальной экспансии, которая функционально обеспечила серию биогеохимических циклов и становление биосферы [2, 3]. Вводя в естествознание аддитивный принцип микробиологической эволюции, акад. РАН Г. А. Заварзин *a priori* исходил из существования великого множества цианобактериальных сообществ, дабы они могли преуспеть в своей великой миссии становления биосферы. Колонии семейства *Hymenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin* количественно подтверждают аналитические построения и выводы Г. А. Заварзина.

Проф. М. Schidlowski особо подчеркивает скудность находок в архейском периоде, по сравнению с множеством изотопных ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) и биогеохимических свидетельств биологической активности: "При около 1.2×10^{22} грамм керогенного (восстановленного) углерода, хранящегося в Земной осадочной оболочке, кероген является самой распространенной формой органического вещества на этой планете. Представляя остатки живой материи, керогенные

материалы и их графитовые производные составляют, по существу, голоса первого порядка в процессах прошлой жизни. Более того, керогенные вещества имеют тенденцию сохранять углеродный изотопный состав своих биологических предшественников материалов, которые во всех отношениях характеризуются заметной склонностью к легкому углеродному изотопу (^{12}C), родственному тяжелому (^{13}C)" [22, с. 154]. Подобная несогласованность исчезает, вслед за верификацией семейства *Hymenophacoides Roblot 1964* и рода *Menneria Lopukhin 1971*, признанием колониального статуса докембрийских прокариот – пикофоссилий. Материализованная весомость ископаемых колоний в отложениях ($1,2 \times 10^{22}$ г) и переосмысление их роли с позиций современных представлений о биосферной значимости цианобактериальных сообществ оправдывают вложенные в эти исследования усилия многих специалистов, открывая дополнительные возможности в познании докембрийских биоценозов, их биогеографии и участия в образовании полезных ископаемых. Цианобактериальные колонии пополнили ранее установленные микробиоты докембрия, такие как *Swaziland*, *Gunflint*, *Bitter Springs*, и восполняют другие, которые еще ожидают своего исследователя.

Подводя итоги, предлагается рассматривать агрегированные пикофоссилии (микроструктуры) как цианобактериальные колонии в рамках приоритетного таксона – *Hymenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin*. М.-М. Roblot, вводя это название, невольно предвосхитила приемлемость такого словосочетания для объектов низшей ступени биологической иерархии, создавших ее высшую ступень – биосферу.

Выводы

1. В осадочных породах геологического разреза повсеместно распространены пикофоссилии – прокариоты семейства *Hymenophacoides Roblot 1964 ex Lopukhin*, которые проявляются как морфотипы микроскопических колоний зернистого облика рода *Menneria*, подобные *Microcystis aeruginosa*.

2. Колониальная сущность морфотипов не противоречит критериям подлинности

микрофоссилий [23]. Их верификация опирается также на фиксированное в осадках почкование колоний или их деление на две разновеликие части, что свойственно прокариотам.

3. Признаки морфотипов рода *Menneria* Lopukhin отражают вторичные видоизменения колоний при седиментации и диагенезе. Складки, замятия, морщины на поверхности колоний зависят, вероятно, от размера морт-клеток и плотности их скоплений, что подкрепляет значимость этих признаков.

4. Седиментационный фактор образования морфотипов, отличающихся от *Menneria roblotae* Lopukhin и между собой, дополнительно подтверждает сингенетичность вмещающим породам, также как и фиксированная в осадках репродукция колоний подтверждает их цианобактериальный статус.

5. Верификация цианобактериальных колоний, признание их роли в аддитивной эволюции и становлении биосферы заметно расширяют возможности докембрийского вектора исследований: историческую геологию, биогеохимию, литолого-фациальный анализ.

1. Вернадский В. И. Об условиях появления жизни на Земле // Изв. АН СССР. – 1931. – С. 633–653. – (Тр. биогеохим. лаб. – 1980. – Т. 16. – С. 290).
2. Заварзин Г. А. Становление биосферы // Вестн. РАН. – 2001. – Т. 71, № 11. – С. 988–1001.
3. Заварзин Г. А. Становление системы биогеохимических циклов // Палеонтол. журн. – 2003. – № 6. – С. 16–24.
4. Лопухин А. С. Новые находки растительных микрофоссилий в кремнях ванадиеносной углесто-кремнисто-сланцевой формации Тянь-Шаня // Докл. АН СССР. – 1969. – Т. 189, вып. 6. – С. 1321–1329.
5. Лопухин А. С. Фитопланктон протерозоя и палеозоя Евразии // Дисперсные остатки ископаемых растений Киргизии: Материалы к III Междунар. палинол. конф. – Фрунзе: Илим, 1971. – С. 80–90.
6. Лопухин А. С. Биофоссилии докембрия и некоторые проблемы их изучения // Проблемы осадочной геологии докембрия. – М.: Недра, 1975. – Вып. 4, кн. 2. – С. 169–173.

7. Розанов А. Ю. Бактериальная палеонтология. – М.: Изд-во ПИН РАН, 2002. – 188 с.
8. Сергеев В. Н., Герасименко Л. М., Заварзин Г. А. Протерозойская история цианобактерий и их современное состояние // Микробиология. – 2002. – Т. 71, № 6. – С. 725–740.
9. Сидоренко Св. А., Сидоренко А. В. Органическое вещество в осадочно-метаморфических породах докембрия / Тр. ГИН АН СССР. – М.: Наука, 1975. – 115 с.
10. Топачевский А. В. Вопросы цитологии, морфологии, биологии и филогении водорослей. – Киев: Изд-во АН УССР, 1962. – 235 с.
11. Engel A. E. J., Nagy B., Nagy L. A. et al. Alga-Like Forms in Onverwacht Series. South Africa: Oldest Recognized Lifelike Forms on Earth // Science. – 1968. – Vol. 161. – P. 1005–1008.
12. Hofmann H. J., Hill J. and King A. F. Late Precambrian Microfossils, Southeastern Newfoundland // Current Research, Part B, Geological Survey of Canada. – 1979. – P. 83–98.
13. Hofmann H. J. and Aitken J. D. Precambrian biota from the Little Dal Group, Mackenzie Mountains, northwestern Canada // Can. J. Earth Sci. – 1979a. – Vol. 16, No 1. – P. 150–166.
14. Lopukhin A. S. Structures of Biogenic Origin from Early Precambrian Rocks of Euro-Asia // Origin of Life. – 1975. – No 6. – P. 45–57.
15. Lopukhin A. S. Probable ancestors of Cyanophyta in sedimentary rocks of Precambrian and Palaeozoic // Geologiska Foreningens i Stockholm Forhandlingar. Stockholm. – 1976. – Vol. 98. – P. 297–315.
16. Lopukhin A. S., Sambe Gowda S. Microbiota from the Early Precambrian of South India: Evolutionary Significance and Perspectives of Biostratigraphy // Proc. Indian. Acad. Sci. – 1983. – Vol. 92, № 4. – P. 335–355.
17. Nagy B. & Nagy L. Early Precambrian Onverwacht Microstructures: Possibility the oldest Fossils on Earth? // Nature. – 1969. – Vol. 223. – P. 1226–1229.
18. Pflug H. D. Structured organic remains from the Fig Tree Series of the Barberton Mountain Land // Econ. Geol. Res. Unit. Witwatersrand, Johannesburg, Inf. Circ. – 1966. – No 28. – 14 p.
19. Pflug H. D. Structured organic remains from the Fig Tree Series (Precambrian) of the Barberton Mountain Land (South Africa) // Rev. Paleobot. Palynol. – 1967. – No 5. – P. 9–29.
20. Pflug H. D. Earliest organic evolution. Essay to the memory of Bartholomew Nagy // Precambrian Research. – 2001. – Vol. 106. – P. 79–91.

21. *Roblot M.-M.* Sporomorphes du Precambrian Normand // Rev. Micropalaeontol. – 1964. – Vol. 7, No 2.
22. *Roblot M.-M.* Nouveaux Acritarches du Precambrian Normand. Leurs Etude a la Microsonde elictronique // Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. – 1967. – Vol. 264. – P. 1263–1265.
23. *Schidlowski M.* Paleobiological and Biogeochemical Vestiges of Early Terrestrial Biota: Baseline for Evaluation of Extraterrestrial Evidence // Perspectives in Astrobiology / Eds. Hoover R.B. et al. – IOS Press. – 2005. – P. 146–169.
24. *Schopf J. W., Blacis J. M.* New Microorganisms from the Bitter Springs Formation (Late Precambrian) of the North-Central Amadeus Basin Australia // Journ. Paleont. – 1971. – Vol. 45, No. 6. – P. 925–961.
25. *Schopf J. W.* Cradle of Life // Princeton University Press. – 1999. – 347 p.
26. *Westall F., de Wit M. J. et al.* Early Archean fossil bacteria and biofilms in hydrothermally-influenced sediments from the Barberton greenstone belt, South Africa // Precambrian Research. – 2001. – Vol. 106. – P. 93–116.
27. *Woese Carl R.* There Must be a Prokaryote Somewhere: Microbiology's Search for itself // Microbiol. Rev. – March 1974. – P. 1–9.

Мор. гидрофиз. ин-т

НАН Украины,

Севастополь

E-mail: lopukhinastavr@mail.ru

Ин-т биологии южных морей НАН Украины,

Севастополь

Статья поступила

22.02.11