

Новая находка микрофоссилий в венде (эдиакарии) Берёзовского прогиба юга Сибирской платформы и их систематическая идентификация

П.Н. Колосов

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия
p_kolosov@diamond.ysn.ru*

Аннотация. Детальный научный поиск и описание остатков микромира венда (эдиакария) Сибири с биологической интерпретацией и систематической идентификацией весьма актуальны и имеют большое научное значение для развития эволюционной биологии. В бюкской свите венда на юге Сибирской платформы в окремненном столбчатом строматолите впервые обнаружены хорошо сохранившиеся микрофоссилии. Они интерпретированы как инкрустированные кальциево-кремнистым и кальциево-фосфатным материалом микроскопические слоевища (талломы) низших (несептированных) водных грибов. Слоевища состоят из очень большого количества густо переплетающихся очень тонких нитевидных гифов. Они находятся в водорослевой (*Chlorophyta*) среде.

Ключевые слова: низшие грибы, гифы, слоевища, хлорофиты, столбчатый строматолит, венд, Сибирская платформа.

Благодарности. Исследования выполнены за счёт финансирования госзадания (гос. рег. номер проекта АААА-А17-117021310217-0).

DOI 10.31242/2618-9712-2018-25-3-22-27

New discovery of microfossils in Vendian (Ediacaran) of Berezovsky trough of Southern Siberian Platform and their systematic identification

P.N. Kolosov

*Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, Yakutsk, Russia
p_kolosov@diamond.ysn.ru*

Abstract. Detailed scientific enquiry and description of remains of the Neoproterozoic microworld of Siberia with biologic interpretation and systematic identification are very actual, they are important for development of evolutionary biology. In the Byukskaya suite of the Vendian (Ediacaran) of the Southern Siberian platform, well preserved microfossils are found in silicified columnar stromatolite for the first time. They are interpreted as microscopic fronds of lower nonseptate aquatic fungi, incrustated with calcium-siliceous and calcium-phosphate material. The fronds are composed of abundant very thin thread-like hyphae, densely interlaced with each other. They occur in algal (*Chlorophyta*) medium.

Key words: lower fungi, hyphae, fronds, *Chlorophyta*, columnar stromatolite, Vendian, Siberian platform.

Acknowledgments. The studies have been carried out due to state task financing (state reg. project number АААА-А17-117021310217-0).

Осадочные толщи докембрия раньше геологами и палеонтологами мира считались «немыми», не содержащими остатков былой жизни. В наши дни палеонтология докембрия – весьма активно развивающееся направление [1]. Только путем детальнейших научных поисков и исследований микроорганизмов докембрия можно выяснить ранние этапы эволюции жизни на

Земле, установить предковые формы определенных групп низших водных растений, объединяемых по своей экологии термином «водоросли», а также других протистов (бактерий, грибов и лишайников).

Находки биологически однозначно интерпретируемых и систематически идентифицируемых остатков микроорганизмов в докембрийских

НОВАЯ НАХОДКА МИКРОФОССИЛИЙ В ВЕНДЕ (ЭДИАКАРИИ) БЕРЕЗОВСКОГО ПРОГИБА

карбонатных породах весьма редки. Кроме того, нередко, даже довольно хорошо сохранившиеся остатки жизни в форме микрофоссилий бывает трудно систематически идентифицировать.

Как известно [2], в венде современная территория Сибири находилась недалеко от палеоэкватора, была отдельным континентом. Теплые моря венда Сибирской платформы были благоприятными для развития микроорганизмов, остатки которых сохранились в не испытавших метаморфизма карбонатных толщах. Их исследования неразрывно связаны с проблемами развития жизни и восстановления ранних экосистем в регионе [3]. Кроме того, открытия новых форм вендских микроорганизмов могут быть использованы в понимании развития отдельных групп, находимых в фанерозое. Своеобразие и уникальность состава биоты венда Сибири начало выясняться в последние годы. В течение многих лет в России в карбонатных толщах проводилось в основном изучение продуктов жизнедеятельности докембрийских микроорганизмов. Оно не пополняло знаний о самих микроорганизмах. Недаром выдающийся палеонтолог, академик Б.С. Соколов [4, с. 10] заметил: «...ни один раздел палеонтологии не нуждается так в биологизации, как докембрийская микропалеонтология». Так что детальный научный поиск и описание остатков микромира венда Сибири с биологической интерпретацией и систематической идентификацией весьма актуальны, имеют большое научное значение как для эволюционной биологии, так и биостратиграфии.

Характеризуемые далее новые микрофоссилии из бюксской (порохтахской) свиты венда (эдиакария неопротерозойской эры) Березовского прогиба на юге Сибирской платформы обнаружены в тех же столчатой формы окремненных строматолитах, откуда ранее были описаны мицелиальные водные грибы *Surninia* Kolosov, 2016 [5]. Новые микрофоссилии отмечены в аншлифе строматолита (рис. 1) при помощи сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV в режиме высокого вакуума (ускоряющее напряжение 10 кВ, размер диафрагмы – 2, сигнал SEI, рабочее расстояние 10 мм). Из образцов отпиливали пластинки размерами не более 2x2 см. Их промывали дистиллированной водой, высушивали и напыляли золотом. Этот метод применяется многими учеными. Исследование пластинок проводили в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН.

Найденные микроорганизмы являются ископаемыми микроскопическими органическими остатками, что доказывается их химическим (кальциево-кремнистым и кальциево-фосфат-



Рис. 1. Образец из столчатого строматолита, ИГАБМ СО РАН № 87/150

Fig. 1. Sample from columnar stromatolite, DPMGI SB RAS № 87/150

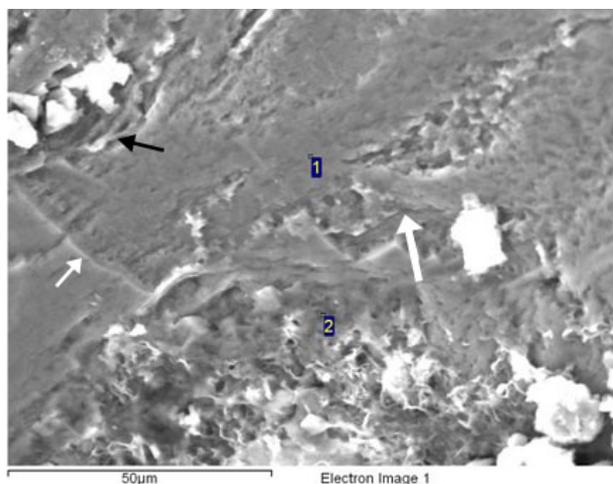


Рис. 2. Низший (несептированный) водный гриб, ИГАБМ СО РАН № 87/151, обр. № Jr.-52-K15.03.11. Видны нитевидные переплетающиеся друг с другом, расположенные параллельно многочисленные нити (гифы), из которых состоит гриб (слоевище). Отмечены стрелками разного цвета и размера: ветвление слоевище (длинная светлая); дистальные концы нитей (гифов), оканчивающихся на некотором общем уровне (короткая светлая); ветвление гифа (тёмная)

Fig. 2. Eumycete (nonseptate) marine fungus, DPMGI SB RAS № 87/151, sample № Jr.-52-K15.03.11. One can see thread-like interwoven with each other, parallel numerous threads – hyphae, composing fungus (thallus). Arrows indicate different colors and shapes: thallus branching (long light); distal ends of threads – hyphae, ending on some general level (short light); hypha branching (dark)

ным) составом, аналогичным таковому вмещающей их породы. Они представляют собой минерализованные талломы водных низших грибов из очень большого количества густо переплетающихся весьма тонких нитевидных гифов (рис. 2). В том же образце, в котором обнаружены грибы, имеются гаметангии (органы размножения) зеленых водорослей порядка

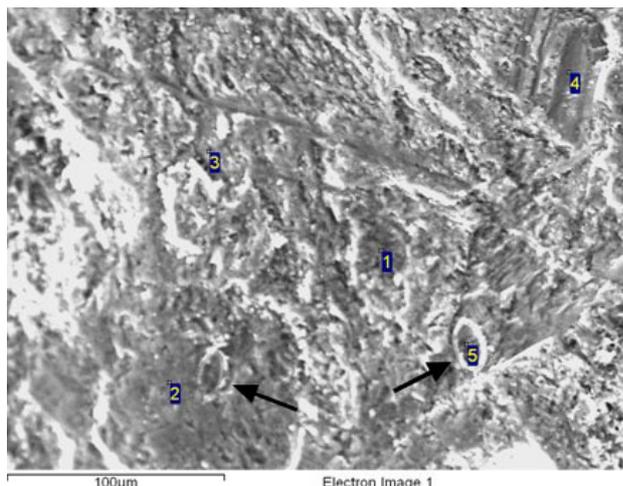


Рис. 3. Овальной формы органы размножения – гаметангии (отмечены стрелками), ИГАБМ СО РАН № 87/152, обр. № Jr.-33- K15.03.11 [14, рис. 1, А]

Fig. 3. Oval reproductive organs – gametangia (indicated by arrows), DPMGI SB RAS № 87/152, sample № Jr.-33-K15.03.11. [14, fig. 1, A]

Siphonales (сифоновые) (рис. 3). Это послужило основанием предположить, что грибы росли в водорослевой среде. По одним данным зеленые водоросли появились на Земле около 750 млн. лет назад [6], а по другим (примерно 750 млн. лет назад) они были уже значительно продвинутыми, так как начало их существования исчисляется 1150–2000 млн. лет [7, 8]. Макроскопические водоросли (*Doushantuophyton* Steiner, 1994; *Liulingjitaenia* Chen et Xiao, 1992; emend. Steiner, 1994; *Longifuniculum* Steiner, Erdtmann and Chen, 1992), отнесенные к *Chlorophyta*, описаны из формации (свиты) Доушанто (Doushantuo Formation) эдиакария Китая [9, 10]. *Liuling-jitaenia* обнаружена и в эдиакарии Австралии [11]. Сравнимые с указанными макроводорослями формы автором отмечены в 1981 г. в тинновской свите венда Уринского поднятия. Они были кратко охарактеризованы как *Algae incertae sedis* [12, палеонтол. табл. XXV]. Что касается грибов, то достоверных данных о находках хорошо сохранившихся грибов в докембрии мало.

Далее охарактеризуем новые микрофоссилии, биологически интерпретируемые как остатки низших водных грибов, поскольку в венде они весьма редки: Слоевище (таллом) вытянутое, инкрустированное кальциево-кремнистым материалом. Оно состоит из нитевидных гифов, расположенных параллельно друг к другу в направлении роста. При жизни микроорганизма слоевища располагались, возможно, более или менее вертикально или стелились на поверхности субстрата. Слоевища ветвились, за счёт этого постепенно становились утолщенными. Сло-

евище, снимок которого приводится (рис. 2), длиной 120, толщиной 37 (размеры здесь и далее в мкм). Гифы очень тонкие – 0,7–1,1. Их длину удастся определить лишь примерно (6.6). Некоторые гифы ветвятся. Дистальные концы гифов оканчиваются на некотором общем уровне, создавая картину сегментации. Из-за очень тонкого размера гифов не удается установить: они трубчатые или нет. При небольшом увеличении строение слоевище плохо различимо.

Описываемые слоевища напоминают сплетение нитей, из которых состоят сердцевины спорифитов ламинариевых (*Laminariales*), класса бурые водоросли. Они отличаются плотным, а не рыхлым, как у сердцевины спорифитов, расположением нитей (гифов) и их переплетением друг с другом. Представители ламинариевых имеют тканевый (паренхиматозный) тип организации слоевище, образующийся в результате деления нитей в поперечном и продольном направлениях; четко видно клеточное строение нитей. В нитях (гифах) характеризуемых вендских слоевищ не видны поперечные перегородки. Густое переплетение нитей и их расположение не строго параллельно друг к другу свидетельствуют, что они свободны, образовались не в результате продольного деления нитей, характерного для ламинариевых водорослей.

По своему строению слоевища состоят из очень большого количества густо переплетающихся разветвленных минерализованных нитей, характеризуемые в статье ископаемые формы имеют некоторое сходство с рецентными (современными) кодиевыми водорослями (зелеными). Так, семейство *Codiaceae* (Trevis.) Zanard., 1843 в работе А.Д. Зиновой [13, с. 73] охарактеризовано так: «Слоевище состоит из мало или обильно разветвленных трубчатых нитевидных клеток, переплетающихся друг с другом и образующих вертикальное или стелющееся слоевище различной формы, инкрустированное или не инкрустированное». Основное отличие в том, что характеризуемое вендское слоевище состоит из нитей без перегородок. Помимо размеров, это более всего свидетельствует в пользу грибной, а не водорослевой (кодиевой) природы микрофоссилий, нити представляют собой гифы низших водных грибов, а не нитевидных клеток кодиевых. В исследованном материале имеются отмеченные выше эллипсоидальной формы очень четкие образования (рис. 3), которые интерпретируются как обособленные гаметангии [14]. Эти органы размножения не связаны с охарактеризованным выше слоевищем гриба. Они указывают, что помимо последнего в изучаемом материале из венда присутствуют предположительно кодиевые водоросли. Как известно,

Химический состав объектов, приводимых в рис. 2
Chemical composition of objects given in fig. 2

Processing option: Oxygen by stoichiometry

Spectrum	In stats.	F	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Fe	Ce	O	Total
1	Yes	2,61				13,44		32,12		1,14	30,37	79,67
2	Yes		1,42	5,46	14,51	5,12	0,74	15,41	3,95		36,37	82,97
Max.		2,61	1,42	5,46	14,51	13,44	0,74	32,12	3,95	1,14	36,37	
Min.		2,61	1,42	5,46	14,51	5,12	0,74	15,41	3,95	1,14	30,37	

All results in weight, %.

Химический состав объектов, приводимых в рис. 3
Chemical composition of objects given in fig. 3

Processing option: Oxygen by stoichiometry

Spectrum	In stats.	F	Na	Al	Si	P	S	Ca	Fe	Ce	O	Total
1	Yes	1,20	0,35		0,35	11,09	0,47	30,59		0,60	27,87	72,52
2	Yes	2,33	0,74			14,03	0,59	32,84		1,14	32,56	84,23
3	Yes	2,97	0,65			13,45	0,48	32,30		0,64	31,32	81,81
4	Yes	2,07	0,22			13,66	0,32	32,23		0,92	31,22	80,65
5	Yes	3,08	0,57	0,42	4,49	13,01	0,45	29,61	0,66	0,63	35,28	88,21
Max.		3,08	0,74	0,42	4,49	14,03	0,59	32,84	0,66	1,14	35,28	
Min.		1,20	0,22	0,42	0,35	11,09	0,32	29,61	0,66	0,60	27,87	

All results in weight, %.

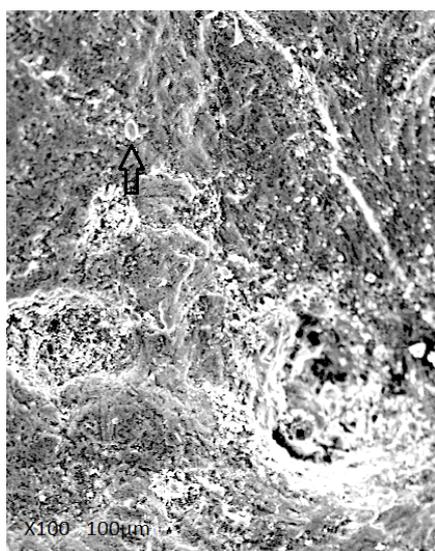


Рис. 4. Остатки предположительно железобактерий в виде многочисленных тёмных точек, расположенных цепочкой, ИГАБМ СО РАН № 87/153, обр. № Jr.-34-K15.03.11. Видна гаметангия (отмечена стрелкой)

Fig. 4. Remains of presumably iron bacteria as numerous dark points, located in line, DPMGI SB RAS № 87/153, sample № Jr.-34-K15.03.11. Gametangium is observed (indicated by arrow)

половое размножение кодиевых, когда оно известно, осуществляется при помощи двужгутиковых гетерогамет, развивающихся в обособленных гаметангиях. У некоторых видов рода *Codium* Stackhouse, 1797 гаметангии эллипсоидальной формы [13].

В изученном аншлифе кремневого столбчатого строматолита помимо грибов и зеленых водорослей присутствуют остатки предположительно железобактерий, наблюдаемые в виде темных точек, расположенных цепочкой (рис. 4). Возможно, органическую часть железосодержащего вещества усвоили какие-то хемоорганогетеротрофные микроорганизмы (бактерии?). Как известно, наряду с грибами и актиномицетами минерализацию железосодержащих органических соединений осуществляют бактерии [15]. Окремнение строматолитов бюксской свиты, вмещающих изученные микрофоссилии, а также в основном кальциево-кремнистый и кальциево-фосфатный состав микрофоссилий (табл. 1–2), по-видимому, были связаны с органикой водорослей и грибов.

Изученная коллекция под № 87 хранится в Геологическом музее Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (г. Якутск).

Литература

1. Розанов А.Ю., Лопатин А.В., Рожнов С.В. На пути к интегративной палеонтологии. К 80-летию Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН // Вестник РАН. 2010. Т. 80, № 10. С. 928–936.
2. *The Geologic Time Scale 2012* / Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Boston: Elsevier, 2012. 144 p.
3. Соколов Б.С., Сакс В.Н., Фурсенко А.В., Обут А.М., Возженникова Т.Ф., Дагис А.С., Жу-

равлева И.Т., Колосов П.Н., Юферов О.В. Развитие органического мира – основа стратиграфического расчленения верхнего докембрия и фанерозоя Сибири и Дальнего Востока // Фундаментальные исследования. Науки о Земле. Новосибирск: Наука, 1977. С. 26–33.

4. Соколов Б.С. Микрорепалеонтология в практике и теории наук о Земле // Проблемы современной микрорепалеонтологии: Труды XXXIV сессии ВПО. Л.: Наука, 1990. С. 7–14.

5. Kolosov P.N. New Microorganisms from the Vendian (Ediacaran) of the Berezovsky Trough Southern Siberian Platform // Paleontological Journal. 2016. V. 50, no. 6. P. 549–556.

6. Knoll A.H. Life on a young planet. The first three billion years of evolution on Earth // Princeton University Press, third edition. 2003. 277 p.

7. Teyssèdre B. La vie invisible. Les trios premiers milliards d'années de l'histoire de la vie sur terre. Paris: L'Harmattan, 2002. 482 p.

8. Teyssèdre B. Les algues vertes (phylum Viridiplantae), sont-elles vieilles de deux milliards d'années? // Carnets de Géologie, Brest, Book 2006/01 (CG2006_B01).

9. Steiner M. Die neoproterozoischen megalgen sudchinas // Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen (E). 1994. 15. 146 p.

10. Xiao S., Yuan X., Steiner M., Knoll A.H. Macroscopic carbonaceous compressions in a terminal proterozoic shale: a systematic reassessment of Themiaohe biota South China // J. Paleont. 2002. V. 76, no. 2. P. 347–376.

11. Xiao S., Droser M., Gehling J.G., Hughes I.V., Wan B., Chen Z., Yuan X. Affirming life aquatic for the Ediacara biota in China and Australia // Geology. 2013. V.41, no. 10. P. 1095–1098.

12. Колосов П.Н. Позднедокембрийские микроорганизмы востока Сибирской платформы. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 84 с. и 32 палеонтол. табл.

13. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.;Л.: Наука, 1967. 399 с.

14. Колосов П.Н., Софронеева Л.С. Находка органов размножения водорослей в венде Якутии // Наука и образование. 2017. № 3. С. 17–20.

15. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология: учебник для бакалавров. М.: Изд-во «Юрайт», 2012. 445 с.

RAN//Vestnik RAN. 2010. T. 80, № 10. S. 928–936.

2. *The Geologic Time Scale 2012* / Editors F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Boston: Elsevier, 2012. 144 p.

3. Sokolov B.S., Saks V.N., Fursenko A.V., Obut A.M., Vozzhrnnikova T.F., Daxis A.S., Zhuravleva I.T., Kolosov P.N., Uferov O.V. Razvitie organicheskogo mira – osnova stratigraficheskogo raschleneniya verhnego dokembriya I fanerozoya Sibiri i Dalnego Vostoka//Fundamentalnye issledovaniya. Nauki o Zemle. Novosibirsk: Nauka, 1977. S. 26–33.

4. Sokolov B.S. Mikropaleontologiya v praktike I teorii nauk o Zemle // Problemy sovremennoy micropaleontologii // Trudy XXXIV sessii VPO. L.: Nauka, 1990. S. 7–14.

5. Kolosov P.N. New Microorganisms from the Vendian (Ediacaran) of the Berezovsky Trough Southern Siberian Platform // Paleontological Journal. 2016. V. 50, no. 6. P. 549–556.

6. Knoll A.H. Life on a young planet. The first three billion years of evolution on Earth // Princeton University Press, third edition, 2003. 277 p.

7. Teyssèdre B. La vie invisible. Les trios premiers milliards d'années de l'histoire de la vie sur terre. Paris: L'Harmattan, 2002. 482 p.

8. Teyssèdre B. Les algues vertes (phylum Viridiplantae), sont-elles vieilles de deux milliards d'années? // Carnets de Géologie, Brest, Book 2006/01 (CG2006_B01).

9. Steiner M. Die neoproterozoischen megalgen sudchinas // Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen (E). 1994. 15. 146 p.

10. Xiao S., Yuan X., Steiner M., Knoll A.H. Macroscopic carbonaceous compressions in a terminal proterozoic shale: a systematic reassessment of Themiaohe biota South China // J. Paleont. 2002. V. 76, no. 2. P. 347–376.

11. Xiao S., Droser M., Gehling J.G., Hughes I.V., Wan B., Chen Z., Yuan X. Affirming life aquatic for the Ediacara biota in China and Australia // Geology. 2013. V. 41, no. 10. P. 1095–1098.

12. Kolosov P.N. Poshnedokembriyskie mikroorganishmy vostoka Sibirskoy platformy. Yakutsk: YF SO AN SSSR, 1984. 84 s. I 32 paleontol. tabl.

13. Shinova A.D. Opredelitel shelenykh, buryh I krasnyh vodorosley jzhnyh morey SSSR. M.;L.: Nauka, 1967. 399 s.

14. Kolosov P.N., Sofroneeva L.S. Nakhodka organov rashmnozhenij vodorosley v vende Yakutii // Nauka i obrashovanie. 2017. № 3. S. 17–20.

15. Emzhev V.T., Mishustin E.N. Mikrobiologiya: uchebnik dlja bakalavrov. M.: Ishd-vo «Jrayt», 2012. 445 s.

References

1. Rozanov A.U., Lopatin A.V., Rozhnov S.V. Na puti k integrativnoy paleontologii. K 80-letiu Paleontologicheskogo institute im. A.A. Borisoka

Поступила в редакцию 07.05.2018

НОВАЯ НАХОДКА МИКРОФОССИЛИЙ В ВЕНДЕ (ЭДИАКАРИИ) БЕРЕЗОВСКОГО ПРОГИБА

Об авторе

КОЛОСОВ Пётр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия,
<http://orcid.org/0000-0002-8690-9308>, p_kolosov@diamond.ysn.ru.

About the author

KOLOSOV Petr Nikolaevich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenin Ave., Yakutsk, 677980, Russia,
<http://orcid.org/0000-0002-8690-9308>, p_kolosov@diamond.ysn.ru.