

Находка органов размножения водорослей в венде Якутии

П.Н. Колосов, Л.С. Софронеева

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677000, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия
e-mail: p_kolosov@diamond.ysn.ru

Аннотация. В анилифах частично окремненных органогенных известняках бюксской свиты венда Березовского прогиба при помощи сканирующего электронного микроскопа впервые обнаружены органы размножения водорослей. Они четко выделяются исключительно правильной эллипсоидальной формой. Сравнения с органами размножения рецентных водорослей показали их сходство по форме с эллипсоидальными гаметангиями сифоновых водорослей (зеленых) рода *Codium Stackhouse*, семейства *Codiaceae* (Trevisan) Zanardini и эктокарповых водорослей (бурых). Исходя из этого, сделан вывод о присутствии в бюксской свите венда кодиевых или эктокарповых водорослей. Выяснена ультраструктура известковых пород: глобулярная у органических структур и кристалломорфная у вмещающих органы размножения водорослей.

Ключевые слова: Березовский прогиб, венд, бюкская свита, известняки, водоросли, органы размножения, ультраструктура.

Finding of Reproductive Organs of Algae of the Vendian Age in Yakutia

P.N. Kolosov, L.S. Sofroneeva

Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39, Lenina Ave., Yakutsk, 677000, Russia
e-mail: p_kolosov@diamond.ysn.ru

Abstract. Reproductive organs of algae are found in polished sections of partially fossil organogenic limestones of Byukskaya suite of the Vendian period of the Berezovsky Trough for the first time, using scanning electron microscope. They are clearly notable for exceptionally regular ellipsoidal shape. Comparison with reproductive organs of recent algae indicated that, their shape is similar to ellipsoidal gametangia of diplopore (green) of *Codium Stackhouse* genus, *Codiaceae* (Trevisan) Zanardini family and *Ectocarpum* algae (brown). On this basis, it is concluded that *Codiaceae* and *Ectocarpum* algae occur in Byukskaya suite of the Vendian period. Ultrastructure of calcareous rocks is identified. Organic structures have globular structures (constitutions) and structures containing reproductive organs of algae have crystallomorphic structures (constitutions).

Key words: Berezovsky Trough, Vendian, Byukskaya suite, limestones, algae, reproductive organs, ultrastructure.

Как известно, жизнь палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр исследуется уже несколько веков и она довольно хорошо известна. Открыто много самых разных групп фауны и флоры. А жизнь протерозойских (палео-, мезо- и неопротерозойских) эр, развивавшаяся почти 2 млрд. лет, исследуется в основном в течение лишь последних 50–60 лет. В отношении присутствия остатков былой жизни геологами и

палеонтологами мира осадочные толщи докембрия раньше веками считались «немыми». Следы жизнедеятельности микроорганизмов в карбонатных отложениях позднего докембрия Сибири, часто встречаемые в виде органогенно-седиментационных образований (строматолитов и микрофитолитов), в нашей стране изучались несколько десятилетий. Но они «всего лишь массовое средство схематической корреляции позднедокембрийских отложений» [1, с. 204]. Необходимость биологизации докембрийской микропалеонтологии подчеркивал Б.С. Соколов. Как справедливо отметили К.О. Кратц и Б.С.

Соколов [2, с. 7], «исключительно важным является развитие биологических основ докембрийской стратиграфии, при этом не только, а в будущем не столько фитолитовой стратиграфии, сколько использование самих органических остатков, например, микрофитофоссилий, которые ныне известны по осадочному разрезу всего докембрия». В настоящее время палеонтология докембрия – весьма актуальное, активно развивающееся направление [3]. Оно имеет большое значение для развития имеющихся представлений о ранних этапах эволюции определенных групп микроорганизмов (разных отделов водорослей, цианобактерий, низших водных грибов, бактерий, реже животных).

Огромное научное значение имеет получение новых фактических материалов, связанных с размножением ранних форм водорослей. Например, установление (путём просмотра под микроскопом более тысячи прозрачных шлифов) в микроорганизмах докембрия таких фактов, как передача генетического материала из одной клетки в другую около одного миллиарда лет тому назад [4, 5] и органов размножения, описываемых в данной статье. Наряду с морфологией находки органов размножения микроорганизмов помогают идентифицировать ископаемые формы.

Находки биологически однозначно интерпретируемых и систематически идентифицируемых остатков жизни в докембрийских отложениях весьма редки. Имеются сложности, связанные с тем, что в некоторых случаях биогенные и абиогенные процессы могут быть сопряжены и образовывать морфологически сходные наноразмера объекты с плавными изгибами [6, 7]. Это осложняет однозначность биологической интерпретации таких объектов. Нередко, даже довольно хорошо сохранившиеся остатки жизни в форме микрофоссилий бывает трудно однозначно биологически интерпретировать. Далее мы приводим характеристику и биологическую интерпретацию новых находок микрофоссилий в венде (эдиакарии неопротерозойской эры) Березовского прогиба на юго-западе Якутии. Кроме того, рассматриваем ультраструктуру вмещающих органические остатки кремнисто-карбонатных пород.

В аншлифе строматолитового окремненного известняка из венда Березовского прогиба (образец № Jr.-33-K150311) обнаружены две одинаковые эллипсоидальной формы микрофоссилии (рис. 1, А). На снимке, полученном при помощи сканирующего электронного микроскопа, они расположены разрозненно на поверхности органогенной структуры и четко выделяются исключительно правильной формой. Их разме-

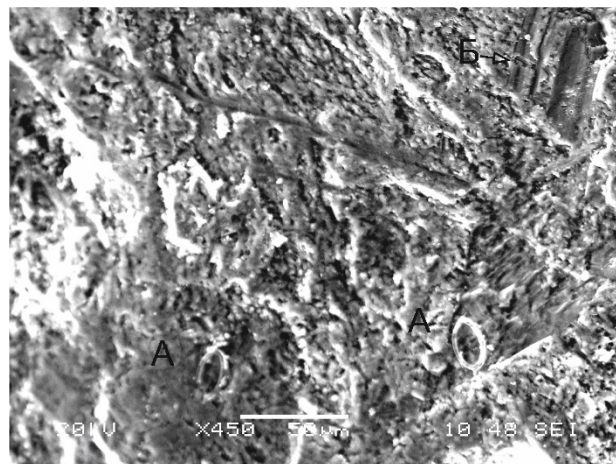


Рис. 1. Микрофоссилии из бюкской свиты венда Березовского прогиба: А – эллипсоидальной формы микрофоссилии, очевидно, являющиеся органами размножения водорослей; Б – фрагмент микрофоссилии, имеющей предположительно овальной формы поперечное сечение

ры (мкм): длина 26,7; ширина 15,4. Стенка толстая (1,8–2,7 мкм), наблюдается, как состоящая из двух хорошо наблюдаемых слоев. По бокам стенки имеются очень короткие (1,1 мкм) и тонкие выступы (ножки). Одна из форм короткой ножкой сидит на поверхности упомянутой органогенной структуры. На другом конце она имеет очень тонкий и короткий шип (рис. 1, А).

По эллипсоидальной форме и наличию коротких выступов характеризуемые микрофоссилии неотличимы от одноклеточных, сидячих на коротких ножках спорангий бурых водорослей *Ectocarpus confervoides* (Roth) Le Jolis [8, 9]. Кроме того, они сравнимы с гаметангиями – материнскими клетками, в которых возникают гаметы, посредством которых осуществляется половое размножение кладофоровых (зеленые водоросли класса *Chlorophyceae*). Гаметангии имеются и у дазикладовых (зеленые водоросли класса *Syphonophyceae*) [10, 11]. У сифоновых водорослей рода *Codium* Stackhouse, семейства *Codiaceae* (Trevisan) Zanardini гаметангии эллипсоидальные, веретеновидные или цилиндрические [8]. Рассматриваемые в статье микрофоссилии сходны с гаметангиями эллипсоидальной формы. По сравнению с гаметангиями рецентных кодиевых они значительно меньшего размера. Например, у *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje размеры гаметангий (мкм): длина 165–250; ширина 70–95.

Виды рода *Codium* обитали в сублиторали, на глубине 5–15 м. Такова же экология характеризуемых микрофоссилий, поскольку они обнаружены в строматолитах, образующихся в мелководье.

Итак, характеризуемые эллипсоидальной формы микрофоссилии, очевидно, являются

органами размножения водорослей. Каких? По-видимому, сифоновых (зеленых) или эктокарповых (бурых) водорослей.

В указанном же образце № Jг.-33-K150311 наблюдается фрагмент микрофоссилии, имеющей предположительно овальной формы поперечное сечение (рис. 1, Б). Микрофоссилия состоит из двух светлых известковых слоев толщиной 7,3–9,1 мкм. Имеется внутренняя полость шириной 9,1 мкм. Длина фрагмента 59,1 мкм, ширина 39,1 мкм. Между стенками имеются, по-видимому, какие-то морфологические элементы. Они как бы размечены темными (на снимке) точками. Ограниченность материала позволяет только утверждать, что найдена интересная микрофоссилия, которую пока не удалось идентифицировать с какой-либо группой микроорганизмов.

Далее о породе и ее микроструктурах. Вся кремнисто-известковая порода органогенного происхождения. Охарактеризованные выше органы размножения расположены на поверхности органогенной структуры, имеющей ультрапористость и бугорковый тип поверхности скола, отражающего глобулярную ультраструктуру (рис. 1). Бугорки имеют различную форму, преимущественно вытянутую. Они размерами сотые и десятые доли микрометров. В промежутках между минерализованными органогенными структурами наблюдается известковая окремненная, перекристаллизованная, пористая порода (рис. 2). Как и в кремнистых доломитах серебрянской свиты венда Среднего Урала, содержащих 18–40% SiO_2 и характеризующихся отношением $\text{Mg}/\text{CaO} = 0,55\text{--}0,63$ [12], кремнистые минералы содержат Si 42–45% (таблица), отношение $\text{Mg}/\text{Ca} = 0,57\text{--}0,66$.

Кремнистые минералы значительно корродированы (рис. 2, кристалл № 4). Применительно к окремненным карбонатным породам рифея Сибирской платформы ранее сообщалось, что водоросли «активно усваивали растворенный в

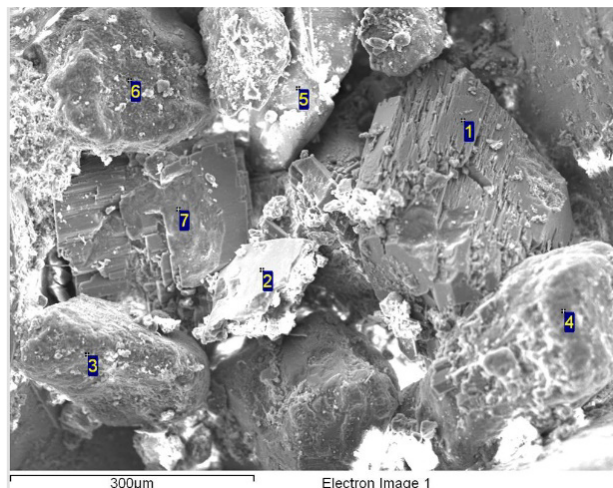


Рис. 2. Поверхность кристаллов на участках перекристаллизации органогенной карбонатно-кремнистой породы

воде углекислый газ, существенно повышая при этом pH среды... В щелочных условиях при наличии Na, Mg и высоком значении магний-кальциевого отношения растворимость кремнезема резко повышалась... Разложение органического материала быстрее всего снижало pH и создавало условия осаждения кремнезема» [13, с. 265]. Это наводит на мысль, что растворенный кремнезем мог способствовать сохранению обнаруженных органов размножения водорослей в окремненном состоянии. Он же, возможно, растворял известковый материал. На это указывают узкие борозды и канавки, наблюдаемые на поверхности кристаллов кальцита (рис. 2, кристалл 1).

У вмещающей органогенные структуры кремнисто-известковой породы поверхность скола блокового типа, свойственного перекристаллизованным известнякам и доломитам с кристалломорфной ультраструктурой [14]. Блоки размерами от 150x171 мкм до 214x285 мкм, имеют четкие грани. Порода в результате перекристаллизации стала хорошим коллектором нефти и газа.

Химический состав кристаллов, приводимых в рис. 2

Spectrum	In stats.	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Fe	O	Total
1	Yes		7.81	24.31	0.60	12.20	1.08		38.35	84.36
2	Yes		10.43	32.90		13.06			49.44	105.83
3	Yes		0.07	0.15			0.14		0.29	0.65
4	Yes	0.34	0.79	42.22		0.27	0.51	1.07	49.59	94.78
5	Yes		0.11	0.28					0.41	0.80
6	Yes	0.77	3.44	13.37		2.63		4.58	20.65	45.45
7	Yes		7.01	22.94		12.15			34.86	76.97
Max.		0.77	10.43	42.22	0.60	13.06	1.08	4.58	49.59	
Min.		0.34	0.07	0.15	0.60	0.27	0.14	1.07	0.29	

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

Литература

1. Соколов Б.С. Среди наук о Земле и жизни: Избранные статьи. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. 452 с.
2. Кратц К.О., Соколов Б.С. Актуальные задачи совершенствования общей стратиграфической шкалы докембрия СССР // Общие вопросы расчленения докембрия СССР: Труды V сессии Научного совета по геологии докембрия (Уфа, 1977 г.). Л.: Наука, 1979. С. 5–7.
3. 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.
4. Колосов П.Н. Что дало науке и практике исследование микроорганизмов, существовавших на Земле миллиард лет назад? // Наука и образование. 2002. № 3. С. 20–25.
5. Kolosov P.N. Sexual Reproduction One Billion Years Ago // Natural Resources. 2013. V. 4, № 5. P. 383–386.
6. Астафьева М.М., Герасименко Л.М., Гептнер А.Р. и др. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астро-материалах / Под ред. А.Ю. Розанова и Г.Т. Ушатинской. М.: ПИН РАН, 2011. 172 с.
7. Ковалевский В.В., Макарихин В.В. Электронно-микроскопическое исследование фоссилий // Литология и полезные ископаемые. 2016. № 2. С. 178–189.
8. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л.: Наука, 1967. 399 с.
9. Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю.Т. Дьякова. М.: Изд-во МГУ, 2007. 559 с.
10. Водоросли: Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
11. Мухин В.А., Третьякова А.С. Биологическое разнообразие: водоросли и грибы. Ростов-на-Дону, 2013. 269 с.
12. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
13. Кузнецов В.Г., Маркова В.Н., Скобелева Н.М. Специфика окремнения карбонатных пород рифея Сибирской платформы // Осадочные процессы: седиментогенез, литогенез, рудогенез (эволюция, типизация, диагностика, моделирование): Материалы 4-го Всероссийского литологического совещания (Москва, 7–9 ноября 2006 г.). Т. 1. М.: ГЕОС, 2006. С. 263–265.
14. Ушакова А.И. Атлас структур и ультраструктур карбонатных пород Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 175 с.

Поступила в редакцию 20.06.2017