

УДК 593.4

## МОРФОЛОГИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРЕМНИЕВЫХ СПИКУЛ РАННЕКЕМБРИЙСКОЙ ГУБКИ *LENICA UNICA* GORJANSKY, 1977

© 2022 г. А. Л. Дроздов<sup>1</sup>, \*, А. Ю. Журавлев<sup>2</sup>, А. А. Карпенко<sup>1</sup>, К. А. Колесников<sup>2</sup>, А. Ю. Иванцов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,  
Владивосток 690041, Россия

<sup>2</sup>Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ),  
Москва 119234, Россия

<sup>3</sup>Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН (ПИИ), Москва 117647, Россия

\*e-mail: anatoliyld@mail.ru

Поступила в редакцию 22.09.2020 г.

После доработки 27.08.2021 г.

Принята к публикации 17.09.2021 г.

Изучен химический состав спикул проблематичной ископаемой раннекембрийской губки *Lenica unica* Gorjansky, 1977 с Сибирской платформы. Показано, что у этой гигантской губки скелет создавался из крупных одноосных мегасклер, которые имели сложный химический состав и представляли собой природный карбонатно-кремнийорганический композит. Полученные данные подтверждают, что у древнейших раннекембрийских спикульных губок формировались скелетные элементы со смешанным карбонатно-кремнийорганическим составом. Высказано предположение, что такой состав скелета был исходным для всех спикульных губок.

**Ключевые слова:** губки, состав спикул, ранний кембрий, Сибирская платформа, спикулиты, кремнийорганический композит

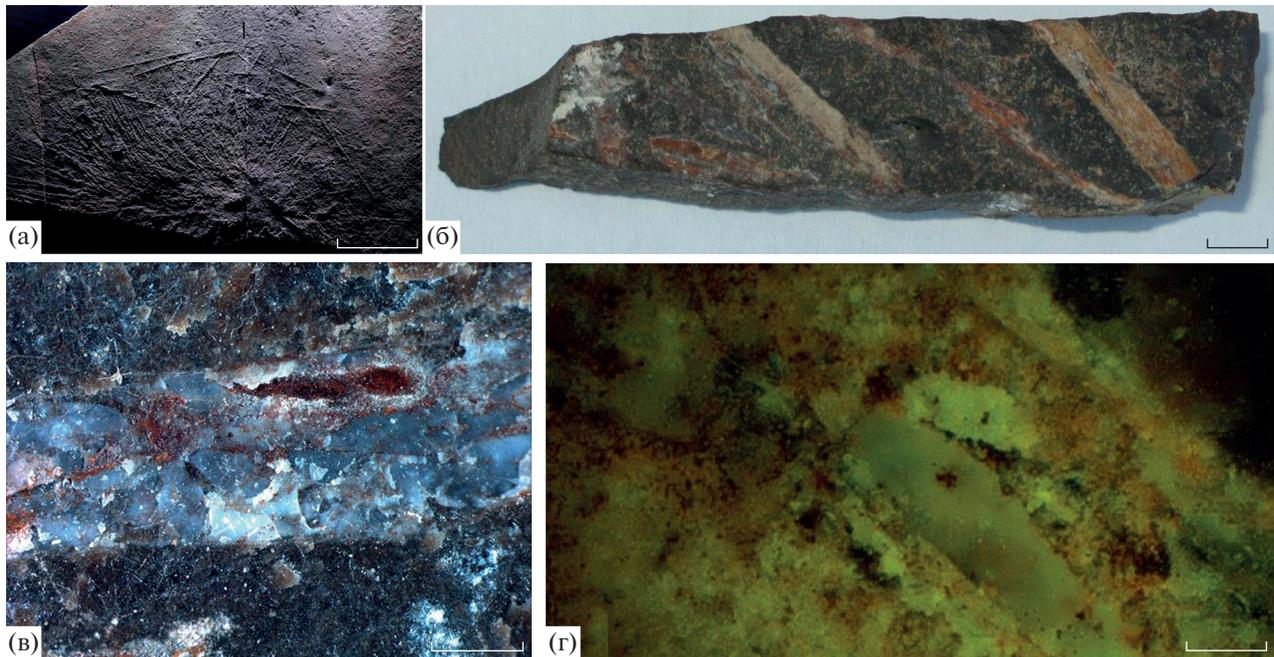
DOI: 10.31857/S0134347522010053

Современная биота насчитывает около 8000 видов губок. Из них более 75% — это животные с кремниевым скелетом: большинство обыкновенных губок (Demospongiae) и все известные стеклянные, или шестилучевые, губки (Hexactinellida). Их скелет состоит из отдельных композитных кремнийорганических спикул. Представители трех классов губок (стеклянные, обыкновенные и гомосклероморфы), образующие кремнийорганический скелет, вносят существенный вклад в круговорот кремния в биосфере. До появления в мезозойскую эру обильного кремниевого планктона они были одним из важнейших аккумуляторов растворенного кремнезема (Tréguer, De La Rocha, 2013). В данном процессе особенно заметна роль стеклянных губок, в кремнийорганических спикулах которых сосредоточено до 95% сухой массы животных (Barthel, 1995). В настоящее время большинство гексактинеллид — это глубоководные животные, способные на небольшой площади океанического дна (в рифах) концентрировать значительные объемы кремнезема (Leys et al., 2004; Chu et al., 2011; Archer et al., 2020). Например, известны рифы, образованные шестилучевыми губками. Особенно мощная рифовая система, сформированная стеклянными губками и протянувшаяся на 7000 км в северных бассейнах океана Тетис и нарождавшейся Северной Атлан-

тики, сложилась в позднеюрскую эпоху (Krautter et al., 2001; Conway et al., 2005; Whitney et al., 2005).

Однако древнейшие представители кремниевых губок во многом остаются загадкой. Во-первых, потому что биогенный кремнезем, попадая в осадки, быстро замещается другими минералами (например, карбонатами, фосфатами и пиритом). Во-вторых, лишь немногие древнейшие (кембрийские) губки строили скелеты из спикул, которые похожи на спикулы современных губок.

Гексактинеллиды и обыкновенные губки появились в самом начале кембрийского периода (около 538 млн лет назад). Среди них первыми рифостроителями стали демоспонгии семейства Antaspidellidae, обладавшие массивным скелетом из спаянных дендритоподобных спикул. Они пришли на смену гиперобызвествленными бесспикульным губкам — археоциатам (Kruse, Zhuravlev, 2008; Журавлев, 2014). В настоящее время известно огромное количество ископаемых остатков шестилучевых и обыкновенных губок, причем это не только отдельные спикулы, но и целые скелеты, содержащие кремнийорганические соединения (Rigby, 1986). В кембрийских палеосообществах они составляли существенную часть как биоразнообразия, так и обилия индивидуумов (Ivantsov et al., 2005). Более того, именно в



**Рис. 1.** Губка *Lenica unica*; нижний кембрий, ботомский ярус, синская свита; Республика Саха (Якутия). а – общий вид спикульного скелета, экз. ПИН № 4349/630, р. Лена; б – фрагмент спикульного скелета, р. Буотама; в – деталь спикулы; г – деталь спикулы, показывающая вкрапление аморфного кремнезема в кальците. Масштаб: а, б – 10 мм; в, г – 1 мм.

раннекембрийскую эпоху начали формироваться, занимая место абиогенных, биогенные кремнистые отложения, представленные исключительно спикулитами – морскими осадочными породами, полностью сложенными спикулами кремниевых губок и кремнеземом, отложившимся в результате их растворения (Chang et al., 2020). В ордовикских-пермских отложениях приблизительно половину биогенных осадочных пород составляют спикулиты.

В настоящей работе для уточнения таксономического положения предковых форм кремниевых губок и элементного состава их спикул мы исследовали материал, содержащий остатки раннекембрийских губок.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сборы проводили на территории Республики Саха (Якутия) при содействии администрации Природного парка “Ленские столбы”. Изученный материал представляет собой образец нижнекембрийского известкового мадстоуна с фрагментом скелета спикульной губки *Lenica unica* Gorjansky, 1977 (рис. 1а–1г). Образец происходит из синской свиты (район устья р. Синеи), расположенной в бассейне р. Буотама, правого притока р. Лены в ее среднем течении. Отложения синской свиты сформировались в середине ботомского века раннекембрийской эпохи (около 513–511 млн лет назад) в относительно глубоководной и малоокислородной восточной части эпиконтинентального моря, покрывавшего Сибирскую платформу (Zhuravlev, Wood, 2020). В то время

платформа представляла собой отдельный континент – Сибирь, который располагался в тропических широтах (Torsvik, Cocks, 2013).

Для изучения элементного состава исследуемые образцы предварительно промывали раствором перекиси водорода. Элементный анализ материала выполняли, используя точечный метод: в определенной части образца выбирали несколько точек, образующих сектор. Элементный состав материала в этих точках определяли с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Zeiss Evo 40 с рентгеновским анализатором и программным обеспечением INC. Количественный анализ элементного состава вмещающей породы (в виде порошка) проводили в МГУ им. М.В. Ломоносова (геологический факультет) с помощью вакуумного волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра СПЕКТРОСКАН-МАКС-GV, используя дифракционный кристалл *LiF*(200) высокого разрешения.

Для определения органического вещества и минералов, образующих спикулы, использовали метод рамановской спектроскопии, который позволяет распознавать особенности кристаллической решетки. В нашей работе спектры комбинационного рассеяния получены с использованием рамановского микроспектрометра Via Reflex (Rennishaw, UK) в сочетании с универсальным микроскопом Leica DM2500M (Leica-Microsystems, Germany) с объективом Olympus (Japan). Возбуждение достигалось с помощью диодного лазера на длине волны 532 нм и мощности 1.0 мВт на уров-

не объекта; время экспозиции 10 с. Для получения суммарного спектра измерения проводили в 10–20 повторностях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Изученный образец представляет собой известковый мадстоун (зерна известняка, скрепленные илстыми частицами), вмещающий крупные одноосные спикулы (мегасклеры-диактины) губки *Lenica unica* (рис. 1а–1г). Собственно мадстоун, согласно данным рентгенофлуоресцентной спектрометрии, почти полностью сложен карбонатом кальция (70–71%) с примесью глинистых минералов ( $\text{SiO}_2$  – 20–21%,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2.55–2.77%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 1.06–1.08%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0.76–1.08%,  $\text{MgO}$  – 0.69–0.96%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0.44–0.53%,  $\text{TiO}_2$  – 0.25%), фосфатов ( $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0.11–0.23%) и сульфидов (S – 0.84–1.15%).

Спикулы состоят из кристаллов нескольких минералов. В световом микроскопе видно чередование светлых и темных слоев с вкраплениями темноцветного минерала (рис. 1б–1г). СЭМ показывает, что темноцветный минерал плотно впаян в светлые слои (рис. 1в, 1г). Рентгеновская спектроскопия позволила определить, что светлые слои образованы карбонатом кальция, а темные – оксигидроксидом железа. В вкраплениях (рис. 2а–2в) преобладают углерод (12%), кислород (60%) и кремний (30%). В следовых количествах (около 1%) обнаружены кальций и железо. В слоях из оксигидроксида железа (Fe – до 45%, O – около 45%) также присутствуют углерод (до 9%) и кальций (около 4%), но практически нет кремния (около 1%).

Данные рентгеновской спектроскопии подтверждаются спектроскопией комбинационного рассеяния (рамановской спектроскопией) (рис. 3). Рамановский спектр без фона флуоресценции показывает пики в диапазоне 129–400  $\text{см}^{-1}$ , соответствующие железо- и серосодержащим веществам (рис. 3). Хорошо выраженный пик 466  $\text{см}^{-1}$  отвечает полосе аморфного кремнезема, которая обусловлена симметричной модой растяжения связи Si–O–Si, являющейся основной вибрацией кварца ( $\text{SiO}_2$ ). Полоса 1087  $\text{см}^{-1}$  соответствует карбонату кальция в форме арагонита. Два хорошо выраженных пика соответствуют пикам для органических веществ, отнесенных к полосе G (графит) – около 1598  $\text{см}^{-1}$  и полосе D (дефектная полоса) – около 1310–1430  $\text{см}^{-1}$ .

Рамановский спектр карбоната кальция, в который вкраплен кремнийорганический минерал, не отличается от изображенного на рис. 3. Поскольку смещение кривой рамановского (комбинационного) рассеяния обусловлено сильной паразитной люминесценцией образца на данной волне возбуждения, для анализа необходимо убрать фоновую засветку (операция вычитания фонового излучения). В спектре хорошо выражен

пик 1087  $\text{см}^{-1}$ , соответствующий пику арагонита, и очень слабый сигнал кремнезема, пик которого приходится на 466  $\text{см}^{-1}$ .

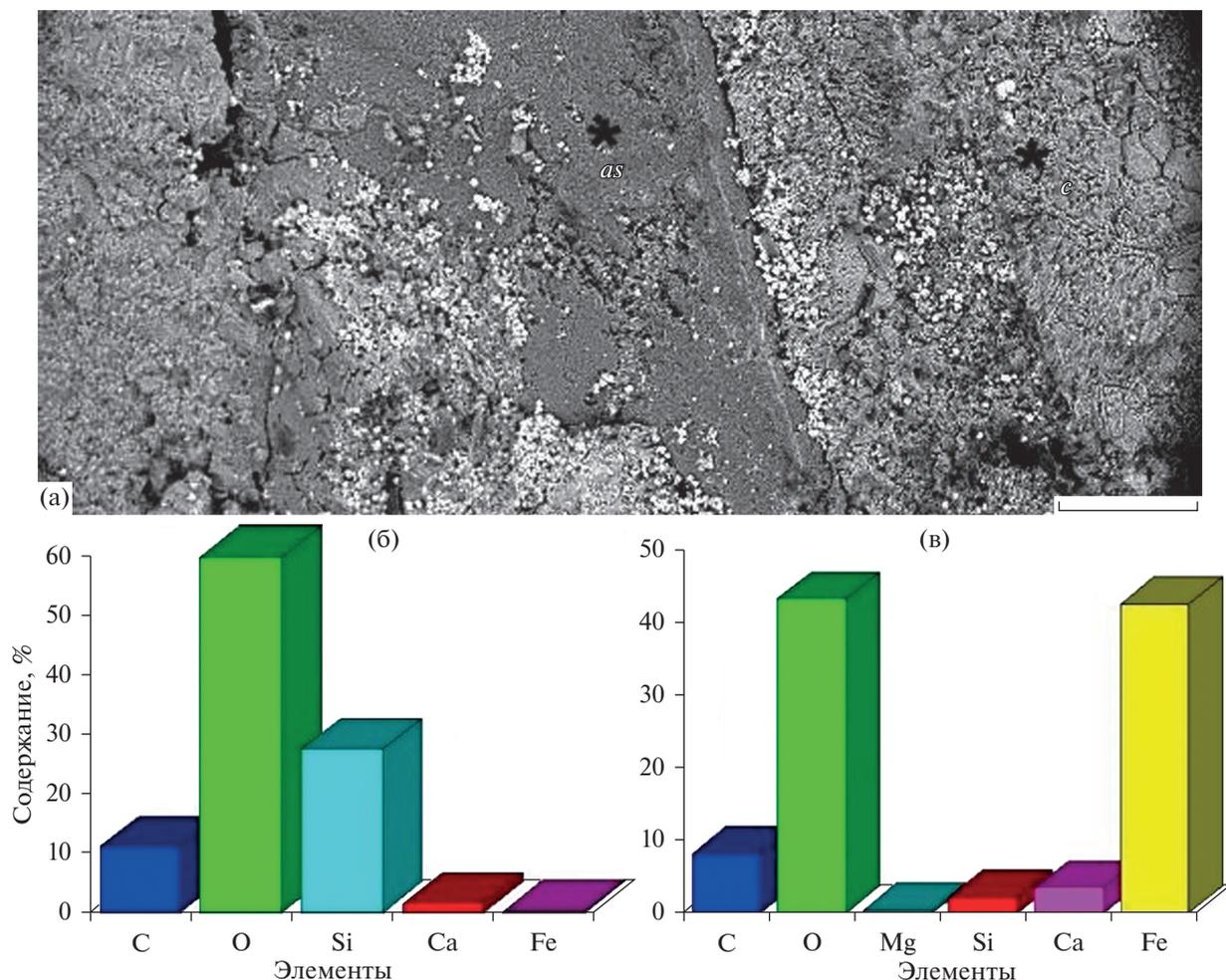
## ОБСУЖДЕНИЕ

Рамановская спектроскопия широко используется для анализа элементного состава сложнокомпонентных соединений. Спектры железо- и серосодержащих веществ были получены ранее (Yuan, Zheng, 2015). Аморфный кремнезем и другие соединения кремния были исследованы во многих работах (Arasuna et al., 2018), как и карбонат кальция в форме арагонита (Gunasekaran et al., 2006). Для выявления органических веществ также использованы результаты, полученные ранее (Hodkiewicz, 2010).

Присутствие в спикулах губки *Lenica unica* оксигидроксида железа, вероятно, объясняется образованием этого сложного минерала по раннедиагенетическому пириту – сульфиду железа, который, в свою очередь, обычно формируется по органическому веществу в результате жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих серных бактерий (Fürsich, Pan, 2016). Благоприятствующие этому условия могли сложиться как в тонком обогащенном органическим веществом осадке, представленном теперь мадстоуном синской свиты, так и в бескислородных придонных слоях Сибирского морского бассейна, где она формировалась (Parfenova et al., 2017). Темный цвет породе придает мелкодисперсное органическое вещество (Бахтуров и др., 1988). Данные рентгеноструктурного анализа и рамановской спектроскопии подтверждают высокое содержание углерода и в оксигидроксиде железа, и в аморфном кремнеземе спикул.

Изученная нами губка *L. unica* была открыта в нижнекембрийской синской свите разреза в бассейне р. Лена и отнесена автором к классу шестилучевых губок. Иванцов с соавторами (2005) обнаружили в этих же отложениях дополнительные экземпляры данного вида, у которых сохранились спикулы с осевым каналом, содержащим трехгранный органический филамент. Такая форма филамента, служащего основой спикулы (Sandford, 2003), указывает, скорее, на принадлежность *L. unica* к обыкновенным губкам независимо от того, был ли осевой канал увеличен вторично за счет растворения внутренних слоев спикулы.

Позднее было обнаружено, что у губок данного рода из нижнекембрийской свиты Шетан провинции Аньхой (Южный Китай) спикулы биминеральные и состоят из внутреннего кремниевого ядра, представленного опалом, внешней кальциевой части и, вероятно, органической оболочки (элементный состав установлен с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, СЭМ). На этом основании высказано предположение, что данная губка не относится ни к одному из современных классов, является переходной формой между кремневыми (*Silicea*: *Hexactinell-*



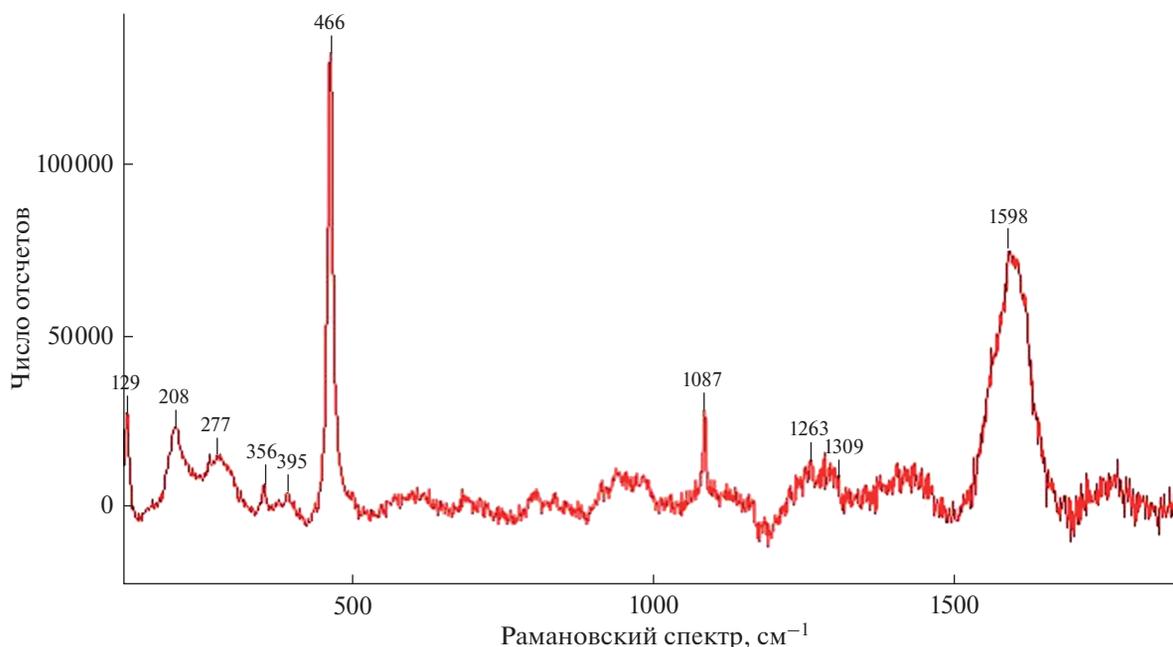
**Рис. 2.** Спикула губки *Lenica unica* в сканирующем микроскопе (а) и элементный состав (в % массы) аморфного кремнезема (б) и кальцита (в) согласно результатам анализа с использованием энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Звездочками отмечены точки анализа (as – аморфный кремнезем, c – кальцит). Масштаб – 100 мкм.

ida + Demospongiae) и известковыми (Calcarea) губками и занимает базальное положение по отношению к этим двум основным ветвям в эволюции типа Porifera (см.: Botting et al., 2012).

Наши данные по химическому составу спикул *L. unica* отчасти подтверждают ранее сделанные выводы. Однако, в отличие от *Lenica* sp. из формации Шетан, сибирский типовой вид этого рода имел не просто биминеральные, а кремнийорганические спикулы. Более того, значительное количество углерода, кислорода и кремния в вкраплениях свидетельствует о том, что спикулы частично сложены не просто аморфным кремнеземом, а кремнийорганическим композитом. Основная часть спикулы была образована карбонатом кальция, превратившимся к настоящему времени в кальцит. Однако подобный мозаичный кальцит является дигенетическим минералом, а его предшественником чаще всего является арагонит, кристаллографическая структура которого отличается от таковой кальцита (Zhuravlev, Wood, 2008). Пик 1087 см<sup>-1</sup> на рамановском спектре также

соответствует арагониту (Gunasekaran et al., 2006). Арагонит характерен для современных гиперобызвествленных и некоторых роговых демоспонгий, тогда как спикулы известковых губок состоят из магнезиального кальцита (Systema Porifera..., 2002).

Данные, полученные ранее (Botting et al., 2012), и наши результаты по изучению состава спикул *L. unica* показывают, что весьма разные кембрийские губки строили скелет из спикул смешанного карбонатно-кремнийорганического состава. Среди них как разнолучевые (Heteractinida), которых ранее считали вымершими известковыми губками (Calcarea), так и кремниевые (Silicea), к которым принадлежит *L. unica*. Более того, в составе спикул последней также выявлена значительная органическая компонента. Интересно, что подобный состав скелета имеют современные бесспикульные демоспонгии отряда Verongida, у которых хитиновые фибры скелета покрыты кристаллическим арагонитом и аморфным кремнеземом (Ehrlich et al., 2010). Как показали исследования раннекембрийских шести- и пятилуче-



**Рис. 3.** Перекрывающиеся спектры комбинационного рассеяния, показывающие основные полосы аморфного кремнезема спикулы губки *Lenica unica* и органического вещества в нем. Режимы 129–400  $\text{см}^{-1}$  соответствуют железосодержащим и серосодержащим материалам; пик 466  $\text{см}^{-1}$  отвечает полосе аморфного кремнезема, пик 1087  $\text{см}^{-1}$  – карбонату кальция, пик около 1598  $\text{см}^{-1}$  – органическому веществу (графит).

вых спикул, характерных для гексактинеллид, данные элементы тоже имели плотные органические чехлы, которые сохраняются даже при полном растворении минеральных компонентов спикулы (Harvey, 2010). В совокупности эти сведения позволяют предполагать, что в начале своей эволюции губки вполне могли обладать трехкомпонентным скелетом, который сохранился у некоторых современных реликтовых форм. Однако, судя по находкам характерных спикул в отложениях возрастом 538–520 млн лет (Журавлев, 2014), уже в первой половине раннекембрийской эпохи губки разделились на две ветви – “известковые” и “кремниевые”, среди которых к середине кембрийского периода выделились все современные классы губок.

В одном из современных научных направлений в области экстремальной биомиметики много внимания уделяется изучению композитных кремнийорганических материалов, созданных на основе биоминералов (Ehrlich et al., 2010; Karpenko, Drozdov, 2019). Однако современные стеклянные губки – это донные животные, образующие крупные поселения преимущественно на больших глубинах морей и океанов; их видовое разнообразие составляет лишь 7% от общего разнообразия губок (Systema Porifera..., 2002). Поэтому поиск древнейших кремниевых губок и их скоплений важен также для выяснения возможности использования ископаемых спикулитов и древних губковых рифов в качестве сырья с высоким содержанием кремнезема.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ НОРМ

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бахтуров С.Ф., Евтушенко В.М., Переладов В.С. Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация // Тр. Ин-та геол. и геофиз. Сиб. отд. АН СССР. 1988. Т. 671. 152 с.
- Журавлев А.Ю. Ранняя история Metazoa – взгляд палеонтолога // Журн. общ. биол. 2014. Т. 75. № 6. С. 411–465.
- Иванцов А.Ю., Журавлев А.Ю., Красилов В.А. и др. Уникальные синские местообитания раннекембрийских организмов (Сибирская платформа) // Тр. Палеонтол. ин-та РАН. 2005. Т. 284. С. 1–143.
- Arasuna A., Kigawa M., Fujii S. et al. Structural characterization of the body frame and spicules of a glass sponge // Minerals. 2018. V. 8. № 3. P. 88. <https://doi.org/10.3390/min8030088>
- Archer S.K., Dennison G., Tryon L. et al. Invertebrate settlement and diversity on a glass sponge reef // Can. Field-Naturalist. 2020. V. 134. P. 1–15.
- Barthel D. Tissue composition of sponges from the Weddell Sea, Antarctica: not much meat on the bones // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1995. V. 123. P. 149–153.
- Botting J.P., Muir L.A., Xiao S. et al. Evidence for spicule homology in calcareous and siliceous sponges: bimineralic

- spicules in *Lenica* sp. from the Early Cambrian of South China // *Lethaia*. 2012. V. 45. № 4. P. 463–475.
- Chang S., Zhang L., Clausen S. et al. Source of silica and silicification of the lowermost Cambrian Yanjiahe Formation in the Tree Gorges area, South China // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2020. V. 548. P. 109697. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109697>
- Chu J.W.F., Maldonado M., Yahel G., Leys S.P. Glass sponge reefs as a silicon sink // *Mar. Ecol.: Prog. Ser.* 2011. V. 441. P. 1–14.
- Conway K., Barrie J., Krautter M. Geomorphology of unique reefs on the western Canadian shelf: Sponge reefs mapped by multibeam bathymetry // *Geo-Mar. Lett.* 2005. V. 25. № 4. P. 205–213.
- Ehrlich H., Simon P., Carrillo-Cabrera W., Bazhenov V. Insights into chemistry of biological materials: Newly discovered silica-aragonite-chitin biocomposites in demosponges // *Chem. Mater.* 2010. V. 22. P. 1462–1471.
- Fürsich F.T., Pan Y. Diagenesis of bivalves from Jurassic and Lower Cretaceous lacustrine deposits of northeastern China // *Geol. Mag.* 2016. V. 153. P. 17–37.
- Gunasekaran S., Anbalagan G., Pandi S. Raman and infrared spectra of carbonates of calcite structure // *J. Raman Spectrosc.* 2006. V. 37. № 9. P. 892–899.
- Harvey T.H.P. Carbonaceous preservation of Cambrian hexactinellid sponge spicules // *Biol. Lett.* 2010. V. 6. № 6. P. 834–837.
- Hodkiewicz J. Characterizing carbon materials with Raman spectroscopy // *Thermo Fisher Sci. App. Note*: 51901. 2010. P. 1–5.
- Ivantsov A.Yu., Zhuravlev A.Yu., Leguta A.V. et al. Palaeoecology of the Early Cambrian Sinsk biota from the Siberian Platform // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2005. V. 220. № 1–2. P. 69–88.
- Karpenko A.A., Drozdov A.L. Skeletons of glass sponges as a substrate for creating functional composite organosilicon material // *J. Mater. Appl.* 2019. V. 8. P. 20–27.
- Krautter M., Conway K., Barrie J.V. et al. Discovery of a “living dinosaur”: globally unique modern hexactinellid sponge reefs off British Columbia, Canada // *Facies*. 2001. V. 44. P. 265–282.
- Kruse P.D., Zhuravlev A.Yu. Middle-Late Cambrian Rankenella-Girvanella reefs of the Mila Formation, northern Iran // *Can. J. Earth Sci.* 2008. V. 45. P. 619–639.
- Leys S.P., Wilson K., Holeton H.M. et al. Patterns of glass sponge (Porifera, Hexactinellida) distribution in coastal waters of British Columbia, Canada // *Mar. Ecol.: Prog. Ser.* 2004. V. 283. P. 133–149.
- Parfenova T.M., Korovnikov I.V., Eder V.G. et al. Organic geochemistry of the Lower Cambrian Sinyaya Formation (northern slope of the Aldan anticline) // *Russ. Geol. Geophys.* 2017. V. 58. P. 586–599.
- Rigby J.K. Sponges of the Burgess Shale (Middle Cambrian), British Columbia // *Palaeontographica Canada*. 1986. V. 2. P. 1–105.
- Sandford F. Physical and chemical analysis of the siliceous skeletons in six sponges of two groups (Demospongiae and Hexactinellida) // *Microsc. Res. Tech.* 2003. V. 62. P. 336–355.
- Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges/ Eds. J.N.A. Hooper, R.W.M. Soest. N.Y.: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2002. 1708 p.
- Torsvik T.H., Cocks L.R.M. New global palaeogeographical reconstructions for the Early Palaeozoic and their generation // *Early Palaeozoic biogeography and palaeobiogeography*. *Geol. Soc. London Mem.* 2013. V. 38. № 1. P. 5–24.
- Tréguer P.J., De La Rocha C.L. The World Ocean silica cycle // *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2013. V. 5. P. 477–501.
- Whitney F., Conway K., Thomson R. et al. Oceanographic habitat of sponge reefs on the Western Canadian Continental Shelf // *Cont. Shelf Res.* 2005. V. 25. P. 211–226.
- Yuan X., Zheng H. In situ Raman spectroscopic studies of FeSO<sub>2</sub> pyrite up to 675 K and 2100 MPa using a hydrothermal diamond anvil cell // *Mineral. Mag.* 2015. V. 79. P. 1–10.
- Zhuravlev A.Yu., Wood R. Eve of biomineralization: controls on skeletal mineralogy // *Geology*. 2008. V. 36. P. 923–926.
- Zhuravlev A.Yu., Wood R. Dynamic and synchronous changes in metazoan body size during the Cambrian Explosion // *Sci. Rep.* 2020. V. 10. P. 6784. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63774-2>

## Morphology and Chemical Composition of Siliceous Spicules of the Early Cambrian Sponge *Lenica unica* Gorjansky, 1977

A. L. Drozdov<sup>a</sup>, A. Yu. Zhuravlev<sup>b</sup>, A. A. Karpenko<sup>a</sup>, K. A. Kolesnikov<sup>b</sup>, and A. Yu. Ivantsov<sup>c</sup>

<sup>a</sup>A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

<sup>b</sup>Department of Biological Evolution, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1(12), Moscow 119234, Russia

<sup>c</sup>A.A. Borissiak Palaeontological Institute, RAS, 123 Str. Profsoyuznaya, Moscow 117647, Russia

The chemical composition of sponge spicules was studied on the debatable fossil Early Cambrian sponge *Lenica unica* Gorjansky, 1977 from the Siberian platform. The study has shown that the skeleton of this giant sponge is built of large monaxon megascleres that represent a natural carbonate-silica-organic compound with a complicated chemical composition. The data obtained confirm that the earliest Early Cambrian spicules formed skeletal elements of a mixed carbonate-organosilicon composition. The authors suggest that this skeleton composition was the initial for all spicular sponges.

**Keywords:** Porifera sponges, spicule composition, early Cambrian, the Siberian Platform, spiculites, organic silica composites