



## Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 552.543:551.72 (470.22)

DOI: 10.19110/geov.2025.6.4

### Новый род строматолитов из палеопротерозоя Карельского кратона

А. В. Лютиков, П. В. Медведев

Институт геологии ФИЦ «Карельский НЦ РАН», Петрозаводск, Россия  
andrew-greener@yandex.ru, pmedved@krc.karelia.ru

В статье приводятся результаты изучения нового рода строматолитов *Severinsaaria unica* gen. nov., обнаруженных на Карельском кратоне Фенноскандинавского щита в карбонатных породах разреза верхнего ятулия (палеопротерозой) юго-западного побережья озера Сегозеро (Центрально-Карельская строматолитовая провинция). Строматолиты были изучены различными методами, включая оптическую и электронную микроскопию, метод графического препарирования и 3D-визуализацию в программном обеспечении Blender. Проведено сравнение *Severinsaaria* gen. nov. с типичными столбчатыми строматолитами района изучения – *Djulmekella* и *Segosia*. Выделение нового рода *Severinsaaria* позволяет расширить знания о разнообразии палеопротерозойских строматолитовых построек на Карельском кратоне и дополнить палеонтологическую характеристику Центрально-Карельской строматолитовой провинции.

**Ключевые слова:** строматолиты, палеопротерозой, ятулий, Карельский кратон, Фенноскандинавский щит

### A new genus of stromatolites from the Paleoproterozoic of the Karelian craton

A. V. Lyutikov, P. V. Medvedev

Institute of Geology FRC «Karelian RC RAS», Petrozavodsk, Russia

The article studies a new genus of stromatolites, *Severinsaaria unica* gen. nov., which was discovered on the Karelian craton of the Fennoscandian Shield. The stromatolites were found in carbonate rocks from the Upper Jatulian section of the Paleoproterozoic period, on the southwestern coast of Lake Segozero, in the Central Karelian stromatolite province. The study used various methods, such as optical and electron microscopy, graphic preparation, and 3D visualization using Blender software. *Severinsaaria* was compared with other columnar stromatolites from the study area, such as *Djulmekella* and *Segosia*, to identify its unique characteristics. The discovery of *Severinsaaria* allows expanding our knowledge of the diversity of Paleoproterozoic stromatolites on the Karelian craton, and better understanding the paleontological features of the Central Karelian province.

**Keywords:** stromatolites, Paleoproterozoic, Jatulian, Karelian craton, Fennoscandian Shield

#### Введение

Актуальность данной работы связана с вопросами изучения древнейших следов жизни на Земле, сохранившихся в виде строматолитов — слоистых донных микробных отложений (Riding, 2011). Они имеют самую продолжительную летопись в истории Земли (Riding, 1991) и доминируют среди фоссилий докембрийского возраста (McLoughlin et. al., 2013).

На Карельском кратоне Фенноскандинавского щита выделяются 4 строматолитовые провинции палеопротерозойского возраста: Северо-, Центрально-, Южно- и Восточно-Карельская (Макарихин и др., 2007), которые характеризуются уникальными сообществами строматолитов. Изученный разрез находится в Центрально-Карельской строматолитовой провинции в районе оз. Сегозеро (рис. 1).

Местонахождения строматолитов и их стратиграфическое распространение в разрезах на оз. Сегозеро были описаны исследователями в 80-х годах (Макарихин, Кононова, 1983; Сацук и др., 1988; Проблемы..., 1989). Один из наиболее богатых строматолитами разрез описан на острове Дюльмек, находящемся близ восточного берега оз. Сегозеро (рис. 1). В этом разрезе основными палеонтологическими объектами являются столбчатые строматолиты *Segosia impexa* Mak., *S.columnaris* Butin и *Djulmekella djulmekensis* Mak. (Макарихин, Кононова, 1983). Также выделяется местонахождение на о. Северинсаари со строматолитами *Omachtenia rhoda* Mak. et Medv (Макарихин, 1992).

В районе юго-западного берега оз. Сегозеро в ходе полевых работ 2023 года нами было обнаружено ра-

**Для цитирования:** Лютиков А. В., Медведев П. В. Новый род строматолитов из палеопротерозоя Карельского кратона // Вестник геонаук. 2025. 6(366). С. 39–48. DOI: 10.19110/geov.2025.6.4

**For citation:** Lyutikov A. V., Medvedev P. V. A new genus of stromatolites from the Paleoproterozoic of the Karelian craton. Vestnik of Geosciences, 2025, 6(366), pp. 39–48, doi: 10.19110/geov.2025.6.4

нее неизвестное местонахождение строматолитов (рис. 1). Изучение найденных строматолитовых построек показало, что они морфологически отличаются от ранее описанных здесь столбчатых строматолитов *Segosia*, *Djulmekella* и пластово-столбчатых *Omachtenia* (рис. 2). В настоящей статье приводятся результаты изучения недавней находки строматолитов, которые позволяют выделить новый род столбчатых построек, расширяющий палеонтологическую характеристику района оз. Сегозеро в Центрально-Карельской строматолитовой провинции.

### Геологическое положение

Ондозерско-Сегозерская площадь в Центральной Карелии объединяет складчатые архейские зеленокаменные структуры лопийского надгоризонта, гранитогнейсовые и гранитоидные блоки и перекрывающие их узкие, вытянутые в северо-западном направлении протерозойские структуры, представленные отложениями сумийского, сариолийского и ятулийского надгоризонтов (Дмитриева, Кулешевич, 2018).

Протерозойские породы представлены андезибазальтами сумийского и олигомиктовыми гранитными

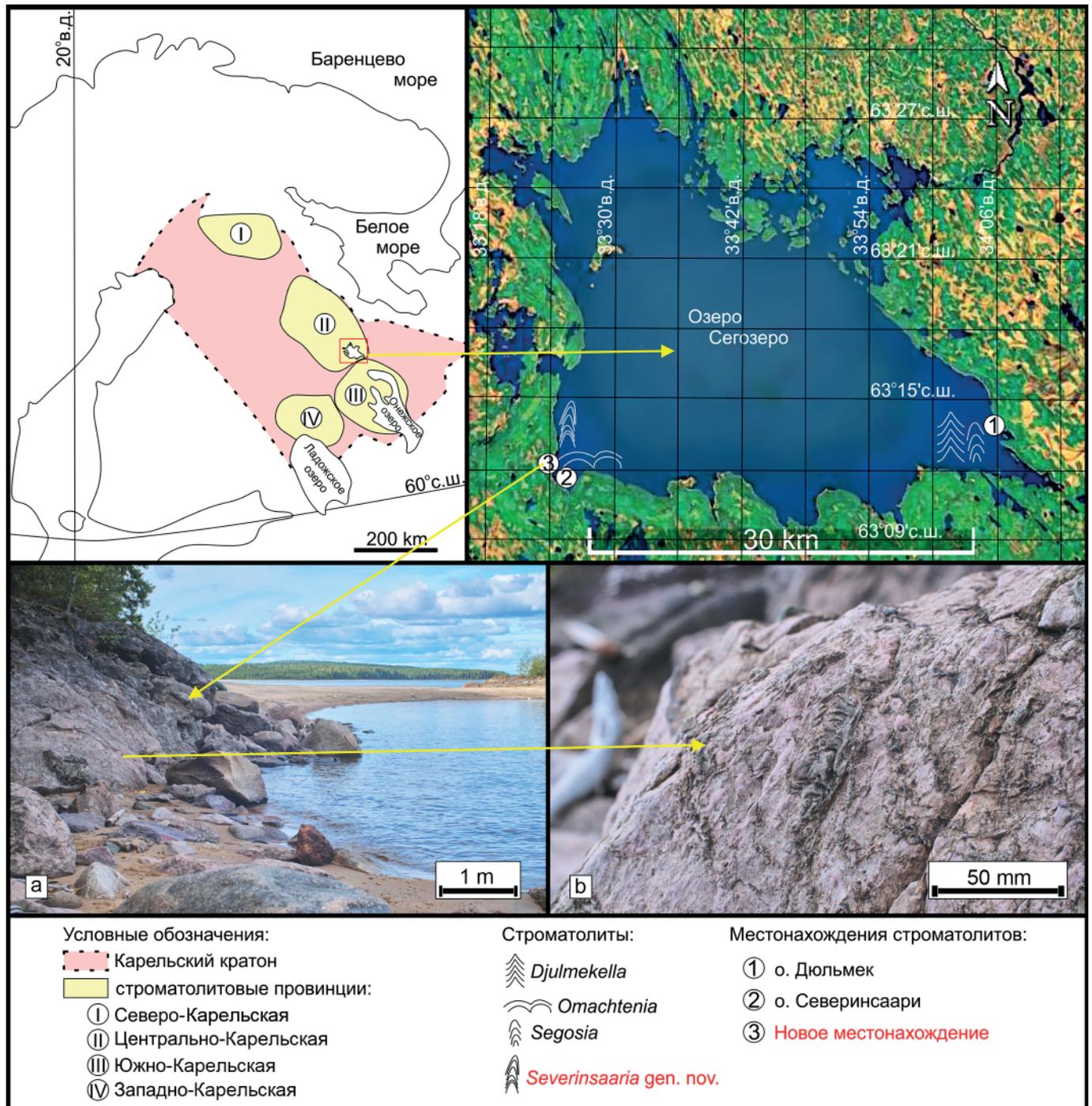
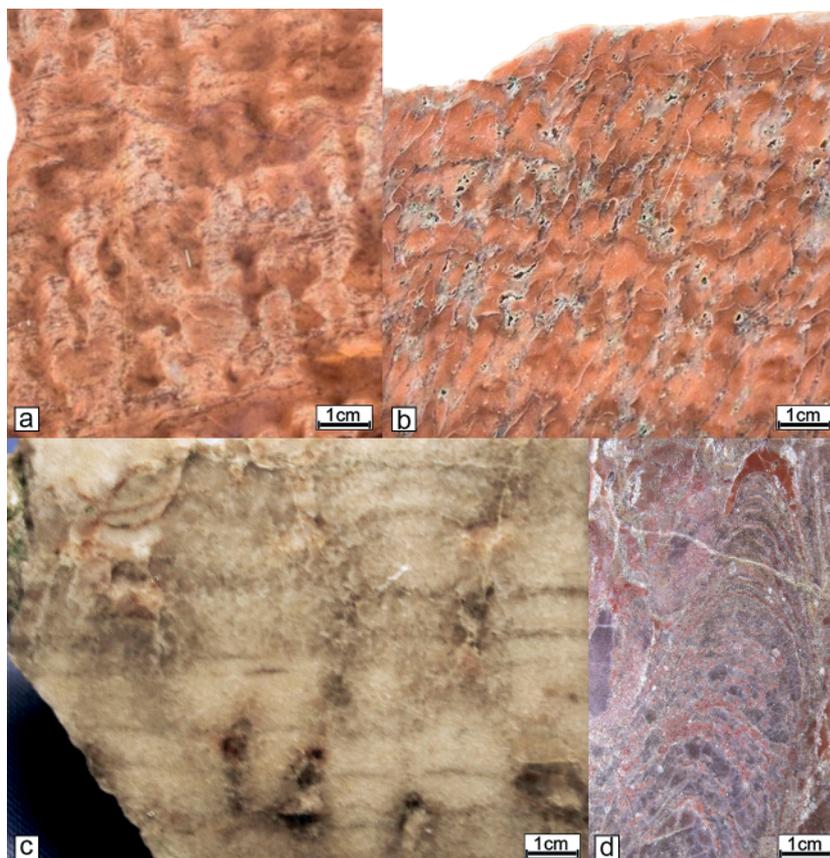


Рис. 1. Восточная часть Фенноскандинавского щита (Карельский кратон) и спутниковая карта района изучения с обозначениями местонахождений строматолитов: а – вид на новое местонахождение (азимут съемки 0°), б – характер выходов доломитов вблизи

Fig. 1. The Eastern part of the Fennoscandian shield (the Karelian craton), satellite map of the study area with location of stromatolites: а – view on a new location (shooting azimuth 0°), б – the nature of dolomite outcrops near



**Рис. 2.** Продольные сечения строматолитов: а — *Djulmekella djulmekensis* Mak., 1983; б — *Segosia columnaris* But., 1966; в — *Omachtenia rhoda* Mak. et Medv., 1992; д — *Severinsaaria gen. nov.* Полированные образцы

**Fig. 2.** Longitudinal sections of stromatolites: а — *Djulmekella djulmekensis* Mak., 1983; б — *Segosia columnaris* But., 1966; в — *Omachtenia rhoda* Mak. et Medv., 1992; д — *Severinsaaria gen. nov.* Polished samples

конгломератами сариолийского надгоризонтов. Выше по разрезу залегают кварцевые песчаники, алевролиты и карбонатные породы ятулийского надгоризонта, который подразделяется на сегозерский и онежский горизонты. Под сегозерским горизонтом понимается существенно кварцитопесчаниковая толща. Под онежским горизонтом понимается толща, сложенная преимущественно карбонатными породами (Сацук и др., 1988).

Острова Дюльмек и Северинсаари признаны геологическими памятниками природы в 1984 году. На этих островах выходы розовато-серых доломитов верхнего ятулия (онежский горизонт) образуют уникальный комплекс палеопротерозойских строматолитов, некоторые из них являются единственными в мире (Геологические памятники..., 2006).

### Материалы и методы исследования

Фактическим материалом послужили образцы строматолитов, отобранные нами во время полевых работ 2023 года в районе юго-западного берега оз. Сегозеро (Центральная Карелия). В качестве сравнительного материала для настоящего исследования послужили строматолиты *Segosia*, *Djulmekella*, (о. Дюльмек) и *Omachtenia* (о. Северинсаари) из коллекции Р. В. Бутина и В. В. Макарихина, хранящиеся в музее геологии ИГ КарНЦ РАН.

Образцы строматолитовых построек изучались на сканирующих электронных микроскопах VEGA II LSH (Tescan) при ускоряющем напряжении 20 кВ с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy 350

(Oxford instruments) и КУКУ (ЦКП Кар НЦ РАН, Петрозаводск). СЭМ-изображения и анализы проводились также на электронном микроскопе ThermoFischer Scientific Axia ChemiSEM с энергодисперсионной приставкой TrueSight EDS 25 mm<sup>2</sup> (ЦКП «Геонаука», ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар). Анализы проводились при ускоряющем напряжении 10 и 20 кВ, токе зонда 0.85 мкА, размере пучка 180 нм и области возбуждения до 5 мкм. С использованием программного обеспечения xT SEM изучалась морфология микрослоев, исследовался химический состав вмещающей породы, а также проводился поиск возможно сохранившихся остатков цианобактерий. Образцы строматолитовых построек представляют собой шлифы и аншлифы с напыленным бериллием.

Для получения увеличенных снимков образца в отраженном свете использовался оптический микроскоп Tomlov.

Воссоздание формы столбиков строматолитов и их взаимного расположения в породе проводилось на основе метода «графического препарирования» (Крылов, 1963) и применения метода 3D-моделирования. Образец разрезался алмазным диском на параллельные пластины толщиной 5–7 мм, затем контуры строматолитовой колонки с поверхностей распилов фотографировались. Фотографии обрабатывались и накладывались одна на другую в соответствующем порядке. Так восстанавливалась форма столбика внутри породы и строматолитовые столбики графически освобождались от вмещающей породы. В результате получилась обобщенная объемная модель, которая дает возможность





доломитами, в которых и были найдены строматолитовые постройки, формирующие небольшие (до 1 м протяжённостью) линзовидные биостромы (рис. 3).

### Обсуждение результатов

Возможно, что колебание уровня воды на мелководье палеобассейна обусловило в разрезе о. Северинсаари смену изучаемых столбчатых строматолитов *Severinsaaria gen. et sp. nov.* на пластово-столбчатые *Omachtenia sp.*, которые перекрываются осадками. В разрезе на о. Дюльмек цикл повторяется — столбчатые *Segosia* и *Djalmekella* сменяются желваковыми *Collenia sp.* Такая же закономерность в смене морфологических типов наблюдается в Южно-Карельской строматолитовой провинции, в Сундозерско-Пяозерском биостратотипическом районе. Здесь группа столбчатых строматолитов *Carelozoon metzgerii Mak.*, *Sundosia mira Butin*, *Parallelophyton raigubicum Mak.* выше по разрезу сменяется желваковыми *Colleniella sp.*, *Omachtenia sp.*, затем следует перерыв строматолитообразования и цикл повторяется — столбчатые *Carelozoon sp.*, *Carelozoon jatulicum Metz.*, *Parallelophyton strictum Mak.* сменяются желваковыми *Colleniella palica Mak.* и пластовыми *Stratifera sp.* (Макарихин, Кононова, 1983).

Подобные изменения морфологических типов строматолитовых построек зависят от гидродинамических условий среды и скорости поступления обломочного материала: чем выше гидродинамика и больше поступление обломков, тем сложнее форма постро-

ек. Эта закономерность была выявлена при исследовании неопротерозойских строматолитов Бразилии (Bedoya-Rueda et al., 2024), мезопротерозойских строматолитов в Китае (Yang et al., 2022) и современных строматолитов в заливе Шарк-Бей (Logan et al., 1964; Jahnert, Collins, 2012).

Изученные столбчатые строматолитовые постройки имеют размеры от 2 до 7 см высотой. При детальном рассмотрении образца хорошо видна слоистость постройки — биогенные (светлые) и хемогенные (темные) слои (рис. 4). Биогенные слои пелитоморфные, содержат гематит, что придает им красноватый цвет. Хемогенные слои сложены кристаллами кварца. При распиловке образца обнаружилось, что столбики имеют изгиб оси роста, что отчетливо фиксируется в каждой полученной пластинке (толщина 5–6 мм).

При исследовании эродированной части образца на оптическом микроскопе Tomlov уделялось внимание структуре строматолитовых наслоений. Каждый слой четко прослеживается и не прерывается. Отчетливо выделяются хемогенные слои, состоящие из мелкозернистого кварца. В основании столбиков присутствуют крупные окатанные гальки (рис. 5), сложенные чаще всего кварцем, на которых цианобактериальный мат начинал свой рост.

В изученных шлифах с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) прослеживается тонкая строматолитовая слоистость (рис. 6, 7).

При исследовании микроструктуры строматолита *Severinsaaria unica gen. et sp. nov.* с помощью СЭМ

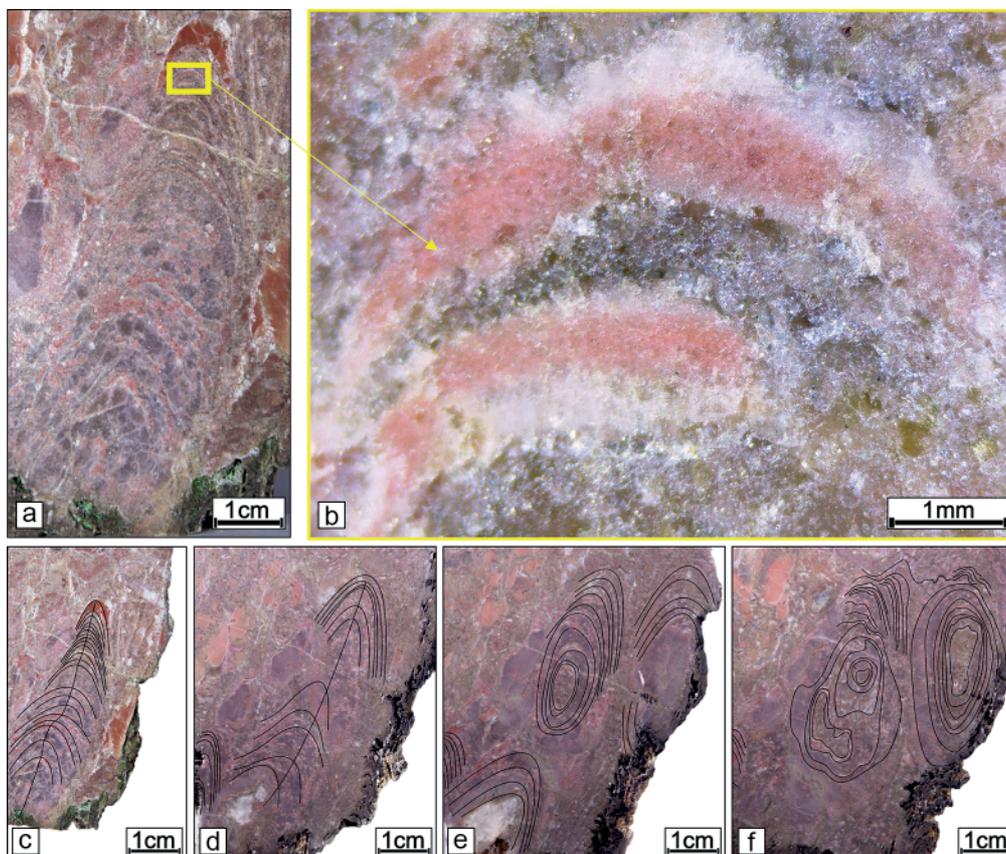


Рис. 4. Голотип *Severinsaaria unica gen. et sp. nov.*, образец 6281, онежский горизонт ятулия, верхний подгоризонт, о. Северинсаари: а — полированный образец, б — увеличенный фрагмент строматолитового столбика, с–ф — продольные пластинки

Fig. 4. Holotype *Severinsaaria unica gen. et sp. nov.*, sample 6281, Onega horizon of the Jatulian, upper subhorizon, i. Severinsaari: а — polished samples, б — enlarged fragment of stromatolite, с–f — longitudinal plates

были выявлены остатки строматолитостроителей в виде бактериальных пленок (рис. 8) и сферических скоплений (рис. 9, а–d). Сферы имеют неровную поверхность и, вероятно, состоят из множества более мелких округлых объектов. Схожие по морфологии скопления сфер были обнаружены в образцах травертина из горячих источников Le Zitelle в Италии (условия среды:  $T = 61\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 6.3$ ) (Carlton et al., 2000). Также в изучаемом образце обнаружены нитеобразные скопления вокруг мелких (2–3 нм) частиц доломита (рис. 9, f).

Нельзя утверждать, что обнаруженные биогенные остатки в строматолитах и следы их активности являются *in situ*; организмы могли попасть уже в сформированную породу в процессе литогенеза. Однако сравнительный морфологический анализ обнаруженных форм показывает определенное сходство с подтверж-

дёнными палеопротерозойскими фоссилиями — кокками и нитевидными формами, обнаруженными в углеродистых сланцах и туфогенно-осадочных породах Хизоваарской зеленокаменной структуры, а также в корах выветривания палеопротерозоя оз. Паанаярви (Ископаемые..., 2011).

В целом образец сложен однотипно — переслои массивного доломита с редкими его кристаллами, а также зерна кварца. Встречаются такие минералы, как биотит, гематит, сфен, пирит, клиноэнстатит (рис. 9, e). Сохранившиеся биогенные остатки крайне мало, в основном они присутствуют в пустотах породы.

С помощью метода трёхмерного моделирования была воссоздана морфология столбиков *Severinsaaria* gen. nov. Благодаря этому удалось провести сравнение не только физических образцов, но и виртуальных (рис.

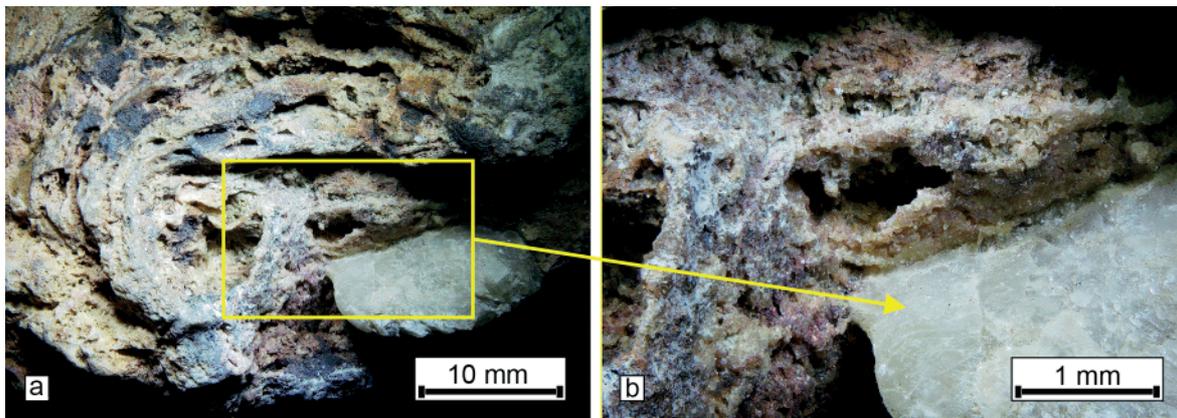


Рис. 5. Характер выветривания доломита со столбиками строматолита *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov. под оптическим микроскопом Tomlov: А — структура строматолита; В — основание строматолитовой постройки с крупной галькой кварца

Fig. 5. The weathering pattern of dolomite with columns of *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov. under an optical microscope Tomlov: A — structure of stromatolite; B — base of the buildup with large quartz pebble

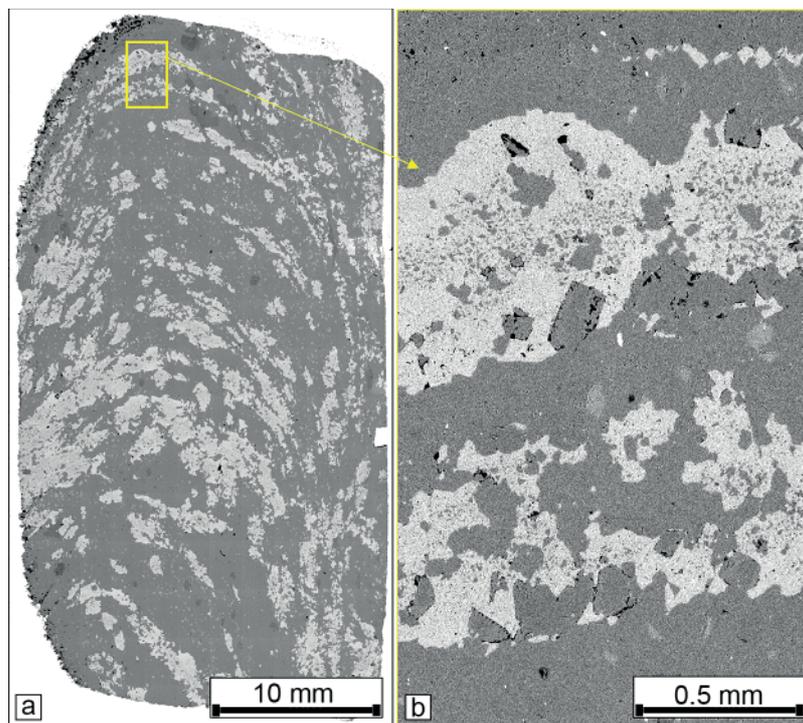


Рис. 6. СЭМ-изображение микротекстуры строматолита *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: а — характер строматолитовых наслоений, б — увеличенный фрагмент наслоений

Fig. 6. SEM images showing the microtextural characteristics of stromatolite *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: а — stromatolite lamination, б — enlarged fragment of а



10). Оказалось, что изучаемые строматолиты отличаются от сравниваемых не только общим размером построек и морфологией, но и характером роста, наслоений, а также расположением столбиков относительно друг друга. *Severinsaaria* gen. nov. не обладает ветвлением, каждый столбик представляет собой отдельную постройку, в отличие от *Segosia*, *Djulkella*, *Omachtenia*, у которых столбики располагаются очень близко друг к другу и часто имеют соединительные мостики.

Описание строматолита

Принцип и структура описания строматолита основаны на материалах предшественников (Макарихин, Кононова, 1983; Макарихин, 2011).

Род *Severinsaaria* gen.nov. (подотдел *Stromatoliphytina*).

Происхождение названия рода связано с наименованием острова Северинсаари, вблизи которого встречаются эти строматолиты.

*Tun pada Severinsaaria unica*, gen. et sp. nov. Центральная Карелия, онежский горизонт ятулия.

**Диагноз.** Постройка в виде столбика с конусной верхушкой. Строматолитовые наслоения хорошо выражены и заметны на отполированной поверхности в виде чередования красноватых и фиолетовых слоев. Рядом присутствуют еще несколько столбиков меньшего размера. Они имеют общее основание, но в процессе роста отделяются друг от друга, формируя отдельные постройки с явно выраженными арками. Ветвления столбиков не обнаружено. Вмещающий доломит грязно-белого цвета на выветрелой поверхности, но при разрезе и полировке обнаружился лилово-коричневые и оранжевые включения, обусловленные примесью гематита.

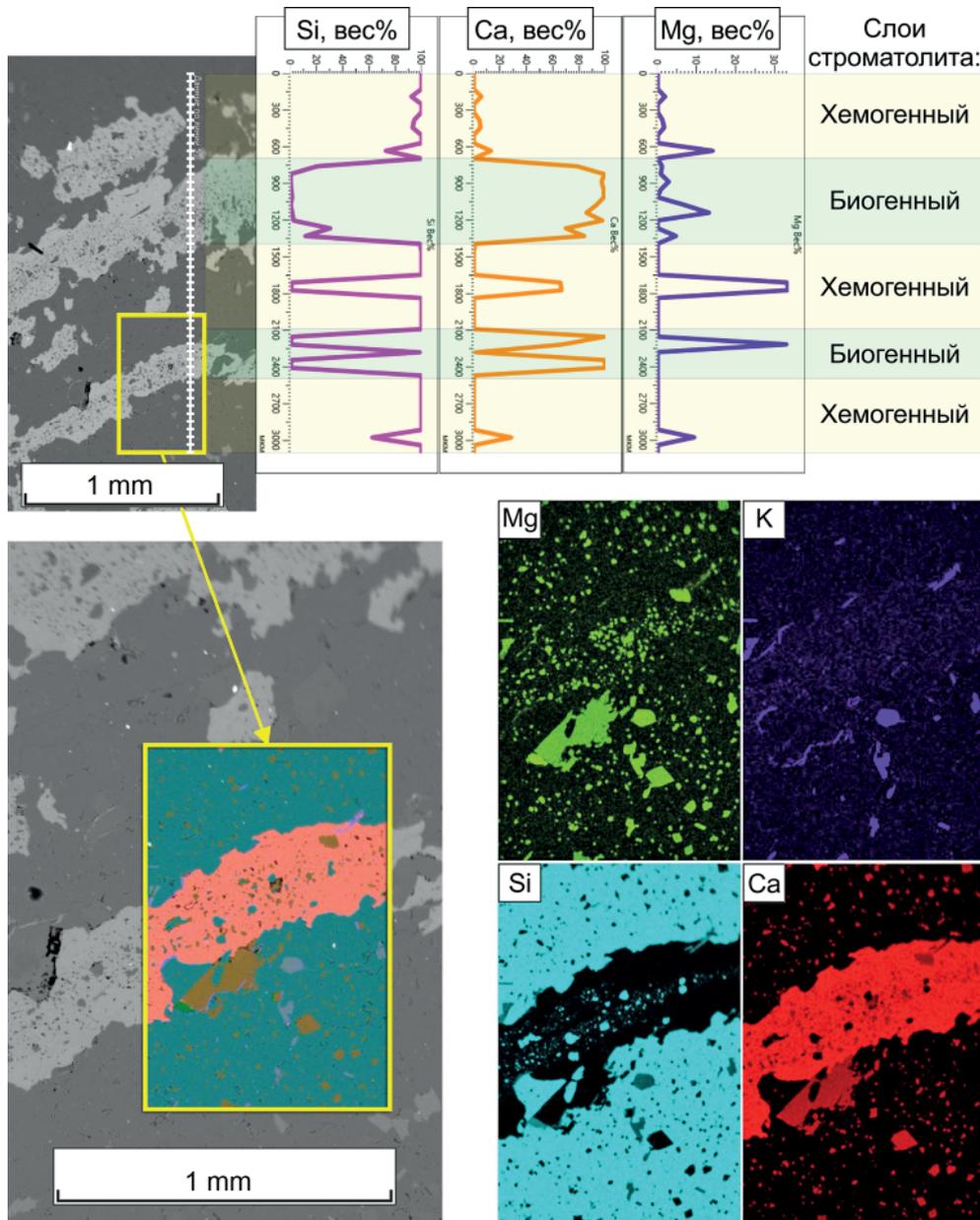


Рис. 7. SEM-изображения шлифа *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: картирование и распределение элементов по профилю перпендикулярно слоистости

Fig. 7. Thin section SEM image of *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: mapping and distribution of elements along the profile perpendicular to the lamination

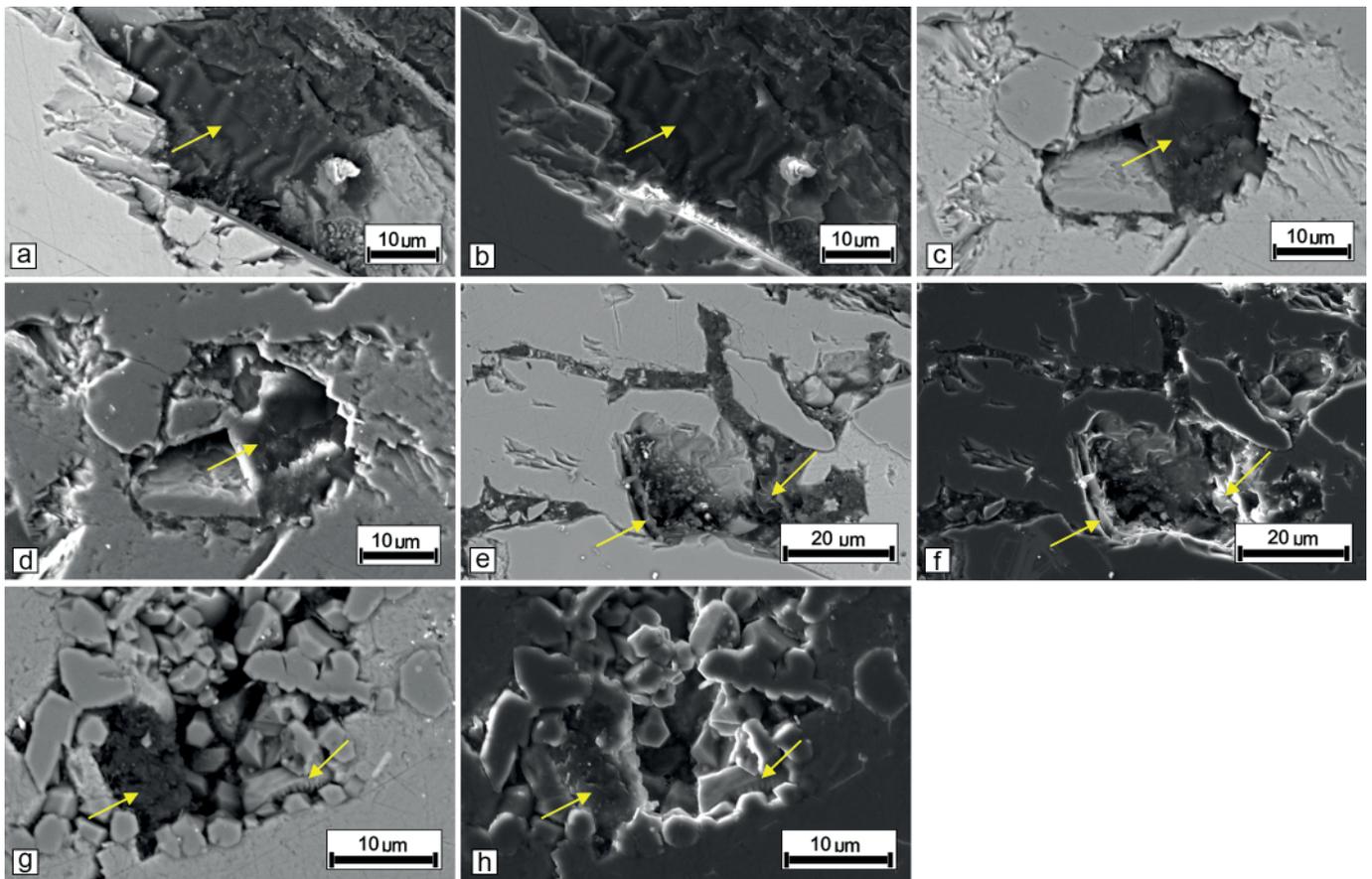


Рис. 8. Ультрамикроструктуры в палеопротерозойских строматолитах *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: a–h — биопленки; a, c, e, g — BSE-детектор; b, d, f, h — SE-детектор

Fig. 8. Ultramicrostructures in Paleoproterozoic stromatolites of *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: a–h — biofilms. a, c, e, g — BSE detector; b, d, f, h — SE detector

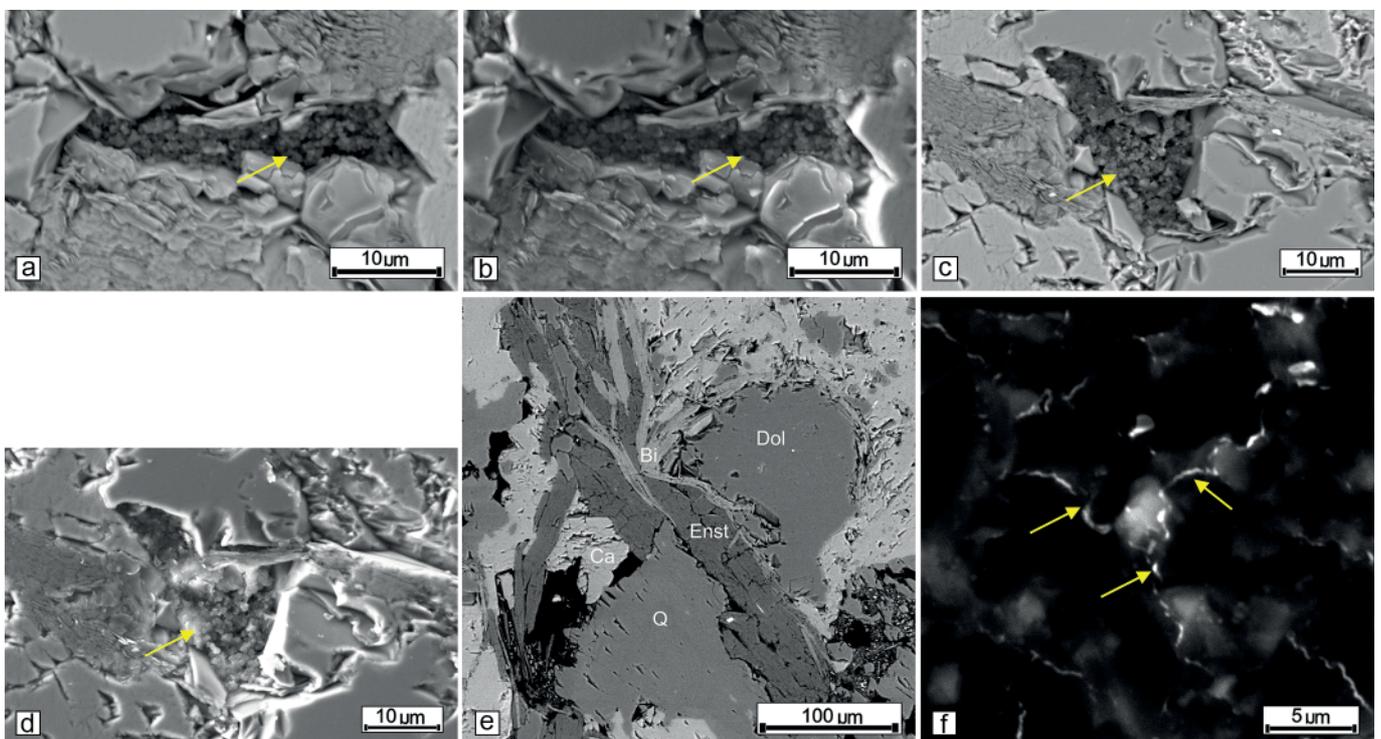


Рис. 9. Ультрамикроструктуры в палеопротерозойских строматолитах *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: a–d — скопления сферических форм: a, c — BSE-детектор; b, d — SE-детектор; e — зерна клиноэнстатита, BSE-детектор; f — песчинка, опутанная нитеобразными формами, SE-детектор

Fig. 9. Ultramicrostructures in Paleoproterozoic stromatolites of *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.: a–d — clusters of spherical forms: a, c — BSE detector; b, d — SE detector; e — clinoenstatite grains, BSE detector; f — a grain of dolomite entangled in filamentous forms, SE detector

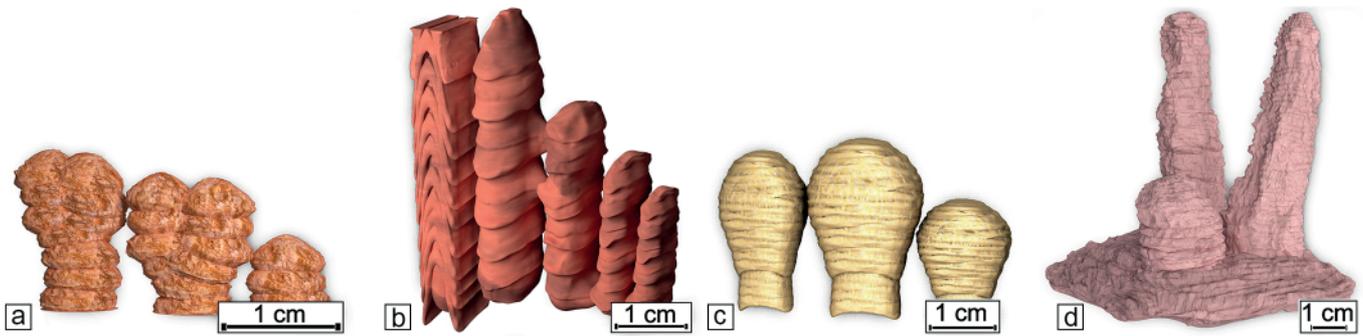


Рис. 10. 3D-модели палеопротерозойских строматолитов, созданные с помощью программы Blender: a – *Djulmekella*; b – *Segosia*; c – *Omachtenia*; d – *Severinsaaria* gen. nov.

Fig. 10. 3D models of stromatolites build by Blender software: a – *Djulmekella*; b – *Segosia*; c – *Omachtenia*; d – *Severinsaaria* gen. nov.

**Состав рода.** Один вид *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov.

**Сравнение.** От рода *Segosia* и *Djulmekella* отличается более крупным размером (шириной) и характером столбиков, а также отсутствием ветвления. Характер роста построек *Segosia* и *Djulmekella* представляет собой, как правило, несколько столбиков, плотно находящихся вместе, в отличие от *Severinsaaria*, представленного единичными отдельными крупными столбиками. Угол наклона арок более пологий в отличие от сравниваемых строматолитов. Цвет породы также отличается: у *Severinsaaria* буро-малиновый, красноватый, а у *Segosia* и *Djulmekella* оранжевый. Отличия в цвете связаны с присутствием различных примесей в породе.

Морфологией постройки и размерами новый род похож на *Conophyton* Maslov, но у *Severinsaaria* отсутствует осевая зона (конус в конусе), что является главным признаком *Conophyton*. Однако есть некоторое сходство. Например, столбики *Conophyton minusculum* Semikhatov (формация Рокнест серии Эупорт, Канадский щит) имеют искривленные оси, а также начинают рост от общего пластового основания, как и *Severinsaaria*. Такие же особенности проявлены и у *Murmania sidorenkia* Ljubtsov (Печенгский комплекс, Кольский полуостров). Последняя особенность присуща многим строматолитам, поэтому не является значимой. От рода *Colonella* Komar (тоже неветвящихся столбчатых строматолитов) отличается крутым характером арок.

**Геологический возраст и распространение.** Онежский горизонт ятулия, юго-западный берег оз. Сегозеро, Центральная Карелия.

*Severinsaaria unica* gen. et sp. nov. (см. фото выше)

**Голотип.** Обр. 6281, коллекция лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН, юго-западный берег оз. Сегозеро (Карелия). Онежский горизонт ятулия.

Происхождение названия вида от лат. *unique* – уникальный.

**Описание.** Крупные единичные столбики изогнутой конусообразной формы, высотой около 7 см, шириной 2 см. Ось столбика имеет изгибы. Арки довольно острые и облекают нижележащие прослои. Видимые темные и светлые наслоения имеют толщину от 2 до 4 мм. В образце присутствуют обломочный карбонатный материал оранжевого цвета, напоминающий тот, из которого сложены *Segosia*, но в данном случае постройки не сформированы.

**Сравнение.** В настоящее время выделен только один вид этого рода.

**Материал.** Образец 6281: 2 крупных обломка, 6 шлифов, 3 тонких среза (пластинки) хранятся в лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН.

**Геологический возраст и распространение.** Верхний подгоризонт онежского горизонта ятулия, юго-западный берег оз. Сегозеро, Центральная Карелия.

### Заключение

Таким образом, описан новый род строматолитов, представленный одним видом *Severinsaaria unica* gen. et sp. nov. Морфология постройки контролировалась средой обитания. Находка данного строматолита дополнила закономерную картину смены морфологии строматолитовых построек: от столбчатых к пластовым вверх по разрезу. Изучение с помощью СЭМ и 3D-моделирования, а также описание в качестве нового рода позволили расширить знания о палеопротерозойских строматолитовых постройках и их разнообразии в восточной части Фенноскандинавского щита. Полученные результаты позволят дополнить существующую базу данных палеопротерозойских микробалитов Карелии, а также будут задействованы в будущем при фациальных реконструкциях осадочных палеобассейнов на Карельском кратоне.

Авторы выражают благодарность младшему научному сотруднику А. А. Федорову (ЦКП ИГ КарНЦ РАН) и научному сотруднику, к. г.-м. н. И. Л. Потапову (ЦКП «Геонаука», ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) за помощь в проведении исследования на сканирующих электронных микроскопах, а также анонимным рецензентам за конструктивные замечания по содержанию статьи.

Работа выполнена в рамках государственного бюджетного финансирования темы № 215 НИР Института геологии КарНЦ РАН.

### Литература / References

- Астафьева М. М., Герасименко Л. М., Гептнер А. Р. и др. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах / Науч. ред. А. Ю. Розанов, Г. Т. Ушангинская. М.: ПИН РАН, 2011. 172 с.  
Astafyeva M. M., Gerasimenko L. M., Geptner A. R. et al. Fossil bacteria and other microorganisms in Earth rocks



- and astromaterials. Sci. Eds. Rosanov A. Yu., Ushatinskaya G. T. Moscow: PIN RAS, 2011, 172 p. (in Russian)
- Геологические памятники природы Карелии. Петрозаводск: Карелия, 2006. 192 с.
- Geological sites of Karelia. Petrozavodsk: Karelia, 2006, 192 p. (in Russian)
- Дмитриева А. В., Кулешевич Л. В. Геологическое строение, позднеархейский интрузивный магматизм и металлогения Ондозерско-Сегозерской площади (Карелия) // Отечественная геология. 2018. № 1. С. 40–54.
- Dmitrieva A. V., Kuleshevich L. V. Geological structure, Late Archean intrusive magmatism and metallogeny of the Onдозero-Segozero prospect, Karelia. *Otechestvennaya geologia*. 2018, No. 1, pp. 40–54. (in Russian)
- Крылов И. Н., Столбчатые ветвящиеся строматолиты рифейских отложений Южного Урала и их значение для стратиграфии верхнего докембрия // Труды ГИН АН СССР. 1963. № 69. 175 с.
- Krylov I. N. Columnar branching stromatolites of the Riphean deposits of the Southern Urals and their significance for the stratigraphy of the Upper Precambrian. *Proceedings of GIN of the USSR AS*. 1963, No 69, 175 p. (in Russian)
- Лютиков А. В. Палеопротерозойские строматолиты восточной части Фенноскандинавского щита: микроструктура и 3D-моделирование // Вестник геонаук. 2024. № 3(351). С. 15–19. DOI: 10.19110/geov.2024.3.2
- Lyutikov A. V. Paleoproterozoic stromatolites Segosia columnaris and Sundosia mira of the Eastern part of the Fennoscandian Shield: microstructure and 3D modeling. *Vestnik of Geosciences*, 2024, No 3(351), pp. 15–19. (in Russian)
- Макарихин В. В. Палеонтологические исследования палеопротерозоя Карелии // Геология Карелии от архея до наших дней: Материалы докладов Всеросс. конф. посвящ. 50-летию Института геологии Карельского научного центра РАН. Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2011. С. 71–78.
- Makarihin V. V. Paleontological study of the palaeoproterozoic rocks in Karelia. *Geology of Karelia from the Archaean to the present*. Proceedings of the All-Russian Conference convened to celebrate the 50<sup>th</sup> anniversary of the founding of the Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS. Petrozavodsk: Institute of Geology, KarRC RAS, 2011, pp. 71–78. (in Russian)
- Макарихин В. В., Кононова Г. М. Фитолиты нижнего протерозоя Карелии. Л.: Наука, 1983. 180 с.
- Makarihin V. V., Kononova G. M. Lower Proterozoic phytolites of Karelia. Leningrad: Nauka, 1983, 180 p. (in Russian)
- Макарихин В. В. Геологические памятники природы // Геология и охрана недр Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. С. 60–98.
- Makarihin V. V. Natural geological monuments // *Geology and protection of mineral wealth of Karelia*. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS. 1992, pp. 60–98. (in Russian)
- Макарихин В. В., Медведев П. В., Рычанчик Д. В. Роль биотического фактора в ятулийском седиментогенезе // Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерализация Северо-Запада России: Материалы Всеросс. конф. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2007. С. 241–245.
- Makarihin V. V., Medvedev P. V., Rychanchik D. V. The role of the biotic factor in the jatulian sedimentation. *Geodyn. Magm. Sedim. Miner. of the North-West Russia*. Petrozavodsk: IG KarRC RAS, 2007, pp. 241–245. (in Russian)
- Проблемы стратиграфии нижнего протерозоя Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1989. 159 с.
- Problems of stratigraphy of the Lower Proterozoic of the Karelia. Petrozavodsk: Karelian branch USSR AS, 1989. 159 p. (in Russian)
- Сацук Ю. И., Макарихин В. В., Медведев П. В. Геология ятулия Онего-Сегозерского водораздела. Л.: Наука, 1988. 96 с.
- Satsuk Yu. I., Makarihin V. V., Medvedev P. V. *Geology of the Jatulia Onego-Segozersky watershed*. Leningrad: Nauka, 1988, 96 p. (in Russian)
- Bedoya-Rueda, C., Afonso, J., Caetano-Filho, S., Paula-Santos, G., Guacaneme, C., Fraga-Ferreira, P., Babinski, M., Amorim, K. B., Morais, L., Brito Neves, B., Trindade, R.I.F., Stratigraphic-chemostratigraphic assessment of early dolomitization and associated phosphogenesis of the Ediacaran-Cambrian Salitre Formation, Irecê Basin, Brazil // *Precambrian Research*. 2024. V. 412. 107541.
- Carlton C. Allen, Fred G. Albert, Henry S. Chafetz, Joan Combie, Catherine R. Graham, Thomas L. Kieft, Steven J. Kivett, David S. McKay, Andrew Steele, Anne E. Taunton, Michael R. Taylor, Kathie L. Thomas-Keprta, Frances Westall *Microscopic Physical Biomarkers in Carbonate Hot Springs: Implications in the Search for Life on Mars* // *Icarus*. 2000. 147. P. 49–67. DOI:10.1006/icar.2000.6435
- Jahnert R. J., Collins L. B. Characteristics, distribution and morphogenesis of subtidal microbial systems in Shark Bay, Australia // *Marine Geology* 2012. 303-306. P. 115–136.
- Logan B. W., Rezak R., Ginsburg R. N. Classification and Environmental Significance of Algal Stromatolites // *The Journal of Geology* 1964. Vol.72. No.1. P. 69–83.
- McLoughlin N., Melezhik V. A., Brasier A. T., Medvedev P. V. Palaeoproterozoic stromatolites from the Lomagundi-Jatuli interval of the Fennoscandian Shield // *The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia — Drilling Early Earth Project / Reading the Archive of Earth's Oxygenation*. Volume 1 / Eds V.A. Melezhik, A.R. Prave, A.E. Fallick et al. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. P. 1297–1405.
- Riding R. Classification of microbial carbonates // *Calcareous algae and stromatolites*. / Ed. R. Riding. Berlin: Springer-Verlag, 1991. P. 21–51.
- Riding R. Microbialites, stromatolites, and thrombolites J. Reitner, V. Thiel (Eds.), *Encyclopedia of Geobiology, Encyclopedia of Earth Science Series*, Springer, Heidelberg, 2011. P. 635–654.
- Yang H., Chen Zh.-Q., Papineau D. Cyanobacterial spheroids and other biosignatures from microdigitate stromatolites of Mesoproterozoic Wumishan Formation in Jixian, North China // *Precambrian Research*. 2022. Vol. 368. 106496. DOI: 10.1016/j.precamres.2021.106496

Поступила в редакцию / Received 18.04.2025