

МИКРОФОССИЛИИ КОЛОНИАЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ С ВНУТРЕННИМИ
ДЕНДРИТНЫМИ СТРУКТУРАМИ В КРЕМНИСТЫХ ПОРОДАХ ХОГЛАНДСКОЙ
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОЙ ФОРМАЦИИ
(НИЖНИЙ РИФЕЙ, ЗАПАДНЫЕ ОСТРОВА ФИНСКОГО ЗАЛИВА)

А.М. Беляев¹, П.В. Юхалин¹, Ю.Б. Богданов², Т.А. Назарова², Ю.Ю. Юрченко²

¹Paleovirology group, ООО «Сидосе», С.-Петербург, paleovirology@mail.ru.

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, С.-Петербург.
b_b@inbox.ru; Tatiana_Nazarova@vsegei.ru; YuriYurchenko@vsegei.ru.

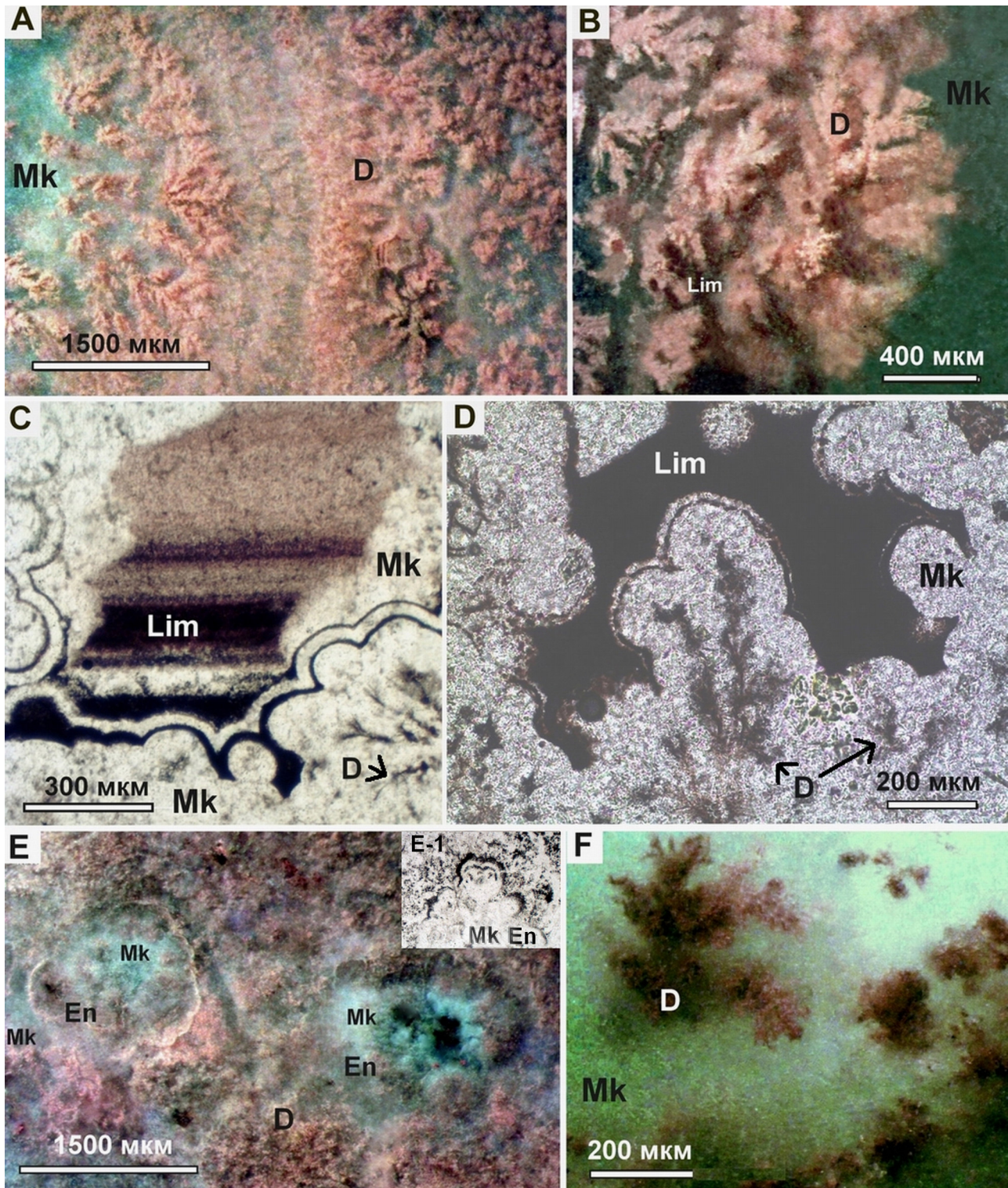
На острове Гогланд в породах хогландской вулканогенно-осадочной формации с возрастом 1,64 млн. лет (Беляев, 2013) в метаморфизованных хемогенно-осадочных кремнистых породах (микрокварцитах), цементирующих эруптивные брекции в риолитах, обнаружены дендритные структуры. Они ассоциируют с микрофоссилиями цианобактерий, эукариотов и вирусоподобных структур, локализованных во фрагментах окремненных биопленок (Belyaev, Yukhalin, 2021; Беляев, Юхалин, 2022). В полированных образцах коричневатобурые скопления ветвистых структур хорошо видны в прозрачной массе тонкозернистых микрокварцитов (табл. А, В). Структуры дендритов образуют изолированные «висячие» объемные островки и полосовидные агрегаты в микрокварцитах, а также нарастают на краях трещин брекчированных риолитов и на обломках кварцитов ранних генераций. По морфологии ветвистые структуры похожи на дендриты гётита из моховых агатов палеозоя (Беляев, Юхалин, 2023). Однако, в магнитной и электромагнитной фракции раздробленных ветвистых структур гётит не обнаружен. Рентгенофазовый анализ так же не выявил в микрокварцитах минеральную фазу гётита. Микроскопическими исследованиями установлено, что ветвистые структуры сложены листовидными агрегатами коричневатобурого изотропного лимонита, вероятно, образовавшего псевдоморфозы по дендритным кристаллам гётита. Ветвистые образования окружены почковидными структурами, сложенными тонкозернистыми микрокварцитами, которые окаймлены оболочками толщиной 18-35 мкм (табл. С, D). Границы оболочек также сложены микрокварцитами, но видны, только когда изнутри и снаружи в них появляются отложения вторичного изотропного лимонита. Иногда лимонит в составе слоистого осадка заполняет внешнее пространство между почковидными структурами (табл. С, D). Двойная оболочка почковидных образований всегда расположена от ветвистых структур на некотором расстоянии и не наблюдается в промежутках между «кустиками». Это позволило предположить, что рост ветвистых структур проходил в слое жидкого вещества, которое синхронно с ними увеличивалось в объеме. Пространство снаружи почковидных образований должно было быть заполнено раствором, из которого поступало вещество, необходимое для роста ветвистых структур и окружающего их жидкого слоя. При этом двойная оболочка почковидных образований смещалась от ветвистых структур по мере их роста, исполняя роль мембраны, пропускающей вещество внутрь слоя.

Мембраны являются характерной особенностью клеток всех живых организмов на Земле. Для надежного определения следов древней жизни в осадочных горных породах используют соотношение в них стабильных изотопов углерода ^{12}C и ^{13}C . В поверхностной части биосферы, благодаря процессам фотосинтеза, происходит обогащение легким изотопом ^{12}C органического вещества растительного и животного происхождения. Изотопный состав углерода выражается отношением $\delta^{13}\text{C} = \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}}(\%)$. Знак «минус» показывает, что образец содержит меньше ^{13}C , чем стандарт (Фор, 1989). Известным изотопно-геохимическим свидетельством существования древнейшей жизни на Земле является изотопный состав углерода в глубоко метаморфизованных графитовых сланцах Гренландии с возрастом 3.7 миллиарда лет, графит в которых имеет $\delta^{13}\text{C}$ от -12% до -24% (Yoko Ohtomo, et al. 2013).

Вещество почковидных и ветвистых структур из микрокварцитов о. Гогланд было проанализировано в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. Соотношение стабильных изотопов углерода было определено по методике, охарактеризованной ранее (Belyaev, 2018).

Для разрушения силикатов, удаления тяжелого карбонатного углерода и исключения возможного загрязнения проб современной биогенной органикой производилась длительная обработка растертых до пудры образцов в кислотах HCl и HF при температурах 100 – 180°C. Установлено значительное обогащение легким изотопом ^{12}C ($\delta^{13}\text{C} = -26.5\%$, до -26.8%) углеродистого вещества (графита) в материале двух проб ветвистых структур. Характерные значения величины $\delta^{13}\text{C}$ для углей и нефти составляют от -23% до -27% , а современный биогенный углерод имеет значения $\delta^{13}\text{C}$ от -25 до -30% (Фор, 1989). Таким образом, структуры с внутренними включениями дендритов могут представлять собой микрофоссилии вымерших древнейших колониальных организмов. Высокие содержания биогенного углерода в дендритных структурах могут указывать на то, что они были гетеротрофными организмами, которые использовали для своего роста вещество поверхностной биосферы, обогащенное ^{12}C в процессах фотосинтеза. Органическое вещество могло попадать на глубину в зоны тектонических брекчий в виде живых и мертвых бактерий и вирусов, а также в составе биохимических компонентов – углеводов и липидов. Толщи риолитов Гогланда формировались в условиях подводных извержений. На это указывает присутствие в них шаровых лав, а также находки окремненных фрагментов планктонных биопленок в кремнистых прослоях и в зонах эруптивных брекчий (Беляев, Юхалин, 2022). Поэтому, биопленки могли служить источником микроорганизмов, которые с поверхностными водами проникали в глубинные трещинные зоны, и адаптировались для жизни в новых условиях. Так, в кремнистых прослоях риолитов верхней толщи в материале окремненных планктонных биопленок обнаружены окремненные дендритные структуры, нараставшие на микрофоссилии колониальных цианобактерий *Entophysalis sidose* (Беляев, Юхалин, 2021), (Табл. Е, Е-1). Углеродистое вещество (графит), химически выделенный из материала окремненных планктонных биопленок оказался значительно обогащен легким изотопом ^{12}C ($\delta^{13}\text{C} = -28.9\%$ до -29.5%).

В риолитах острова Соммерс в Финском заливе циркон имеет конкордантный возраст 1583 ± 8 млн. лет. В зонах брекчий в риолитах, сцементированных хемогенными микрокварцитами, также найдены окремненные фрагменты биопленок, в которых присутствуют дендритные структуры в ассоциации с микрофоссилиями цианобактерий, эукариотов и вирусоподобных структур. Дендритные структуры образуют изолированные «висячие» объемные островки в микрокварцитах, а также нарастают на обломках риолитов и кварцитов ранних генераций (табл. F). Для окремненных биопленок также установлено значительное обогащение легким изотопом ^{12}C ($\delta^{13}\text{C} = -27.2\%$, до -27.3%). Таким образом, структуры колониальных организмов с дендритными образованиями существовали, как в планктонных биопленках, так и в глубинных брекчиях, возможно, в течение десятков миллионов лет.



Фототаблица. А, В, С, D, Е – дендритные структуры в микрокварцитах Гогланда, F – Соммерса. А,В,Е и F аншлифы; С, D и E-1 полированные шлифы без анализатора. Условные обозначения: D – дендритные структуры, Mk – микрокварцит, Lim – лимонит, En – *Entophysalis sidose* (Беляев, Юхалин, 2021).

Беляев Анатолий Михайлович; Юхалин Павел Владимирович;

Paleovirology group, ООО Сидосе, Санкт-Петербург

Email: paleovirology@mail.ru; abel-7-777@yandex.ru; <http://www.paleovirology.ru/>

Богданов Юрий Борисович, Назарова Татьяна Анатольевна, Юрченко Юрий Юльевич

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, С.-Петербург,

Средний пр., 74, b_b@inbox.ru; Tatiana_Nazarova@vsegei.ru; YuriYurchenko@vsegei.ru.

Форма участия: очное участие с докладом и публикацией тезисов.