

РОЛЬ ВИРУСОВ В ЭВОЛЮЦИИ РАННЕЙ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Беляев А.М.

СПбГУ, С.-Петербург

Аннотация: В докладе рассматривается роль вирусов в эволюции ранней биосферы Земли. Приводятся новые данные о находках в кремнистых породах Палеопротерозоя (1640 млн лет) микрофоссилийподобных структур, которые по морфологии подобны нуклеокапсидам современных мими- и мегавирусов, а также спиральным цианобактериям и эукариотам: амебам, диатомовым водорослям, фораминиферам, жгутиковым и многоклеточным организмам.

Ключевые слова: вирусы, кремнистые породы, микрофоссилии Палеопротерозоя, эукариоты, изотопы углерода.

THE ROLE OF VIRUSES IN THE EVOLUTION OF THE EARLY BIOSPHERE OF THE EARTH

A. M. Belyaev, St. Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract: In the report examines the role of viruses in the evolution of the early biosphere of the Earth. We present new data on the findings in the siliceous rocks of the Paleoproterozoic (1640 Ma) microfossiliferous structures, which are morphologically similar to the modern nucleocapsids mimi- and megavirus, and to as well spiral cyanobacterias and eukaryotes: amoebas, diatoms, foraminifers, flagellates and multicellular organisms.

Keyword: viruses, siliceous rocks, Paleoproterozoic microfossils, eukaryotes, carbon isotopes.

Вирусы это мельчайший неклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток. В современных экосистемах вирусы самая многочисленная биологическая форма. Они являются важным естественным средством переноса генов между различными видами и способствуют их генетическому разнообразию.

Огромна роль вирусов в регуляции водных экосистем. Каждый день они убивают в океане около 20 % биомассы, 90 % которой составляют микроорганизмы (Mahy & Van Regenmortel, 2009). Размеры вирусов настолько малы, что их можно увидеть только в электронный микроскоп. Однако в последнее время обнаружены вирусные структуры, капсиды которых в тысячу раз превосходят по размерам известные вирусы. Так, в 1992 году в амёбе *Acanthamoeba polyphaga* был обнаружен гигантский вирус рода *Acanthamoeba polyphaga mimivirus* (мимивирус). Геном мимивируса, состоящий из молекул ДНК и РНК, содержит 1 181 404 пары оснований, в то время как известные вирусы имеют либо ДНК, либо РНК, и от трёх до ста генов (Legendre, 2012). В 2010 году в образце морской воды, взятом у побережья Чили, был открыт родственник мимивируса, названный мегавирусом, который по размерам даже превышает клетки некоторых

эукариотов (Claverie, Abergel, 2016). Геном мегавируса самый большой среди вирусов и состоит из 1,26 миллиона пар нуклеотидов, что всего примерно в 2,3 тысячи раз короче человеческого (Arslan, et al., 2011). Считается, что «последний общий предок этих вирусов произошел от клеточного организма, а сами вирусы эволюционировали посредством постепенной деградации генома» (Arslan, et al., 2011).

Капсиды мими- и мегавирусов, как и большинства вирусов животных, имеют форму близкую к икосаэдру – правильному выпуклому многограннику, в котором 20 граней в форме равностороннего треугольника. В отличие от природных минералов в икосаэдрах имеются шесть вращательных осей симметрии пятого порядка, невозможных в трёхмерной периодической решётке кристаллов. Под капсидом у мими- и мегавирусов, находятся мембраны и белковые оболочки, которые повторяют очертания внешнего капсида и образуют так называемый нуклеокапсид (Klose, et al., 2010). В сечениях такие структуры имеют формы близкие к шестигранникам или пятигранникам (Рис. 1).

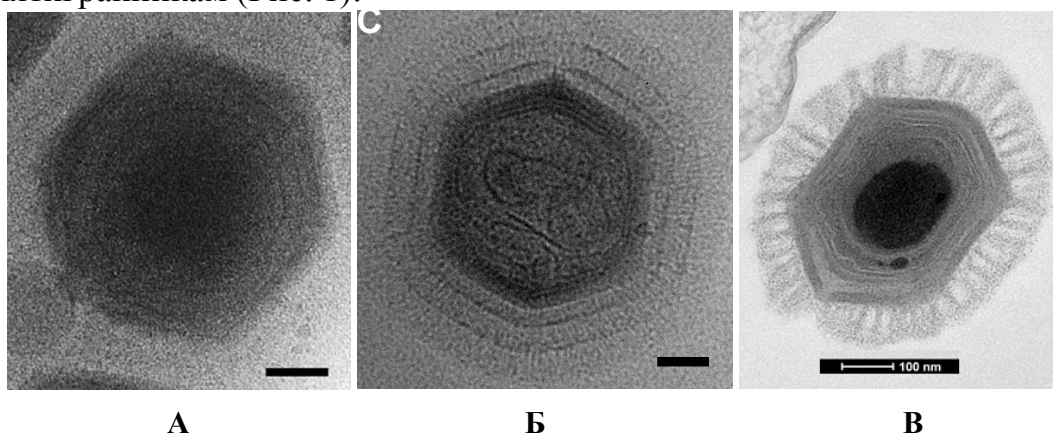


Рис. 1. Шестигранные сечения икосаэдрических нуклеокапсидов мимивирусов (А и Б), чёрное деление соответствует 100 нм (Ghigo E., et. al. 2008; Xiao C., et. al., 2009), и мегавируса – В (Arslan, 2011).

Возможно, вирусы представляли собой переходный этап структур от геохимии к биохимии.

Многие специалисты считают вирусы древнейшими организмами, Согласно регрессивной гипотезе, в древности они были мелкими клетками, паразитирующими в более крупных клетках, но со временем утратили «лишние» гены, которые не были нужны при паразитическом образе жизни (Dimmock, 2007).

Огромный геном мими- и мегавирусов может указывать на их длительную эволюцию и древнее происхождение. Однако сведения о находках микрофоссилий вирусов даже в четвертичных породах в литературе отсутствуют. Вместе с тем имеются данные об экспериментальной

фоссилизации вирусов (из *extremophilic Archaea*) кремнеземом, проникающим в различные вирусные структуры (белки, оболочки). Это исследование предполагает, что «вирусные остатки могли сохраниться в горных породах» (Orange, et al. 2011).

Однако самый большой пробел в летописи об эволюции биосферы – это отсутствие находок ископаемых вирусов. Основой информации о древнейшем периоде развития жизни на Земле служат фоссилизированные микроорганизмы, сохранившиеся в горных породах как минеральные псевдоморфозы. Важным условием сохранения морфологии микроорганизмов (в том числе и вирусов) в ископаемом состоянии является их очень быстрая минерализация, которая должна была происходить до начала деградации тел микроорганизмов, с сохранением деталей внутреннего строения. Микроорганизмы без минерального скелета лучше всего консервируются в хемогенно-осадочных кремнистых породах. Изучение окремнения цианобактерий около современных термальных источников (Крылов, Тихомирова, 1988; Renaux, Jones, 1998; Сергеев, 2003; Benning, et al. 2002; Розанов, Ушатинская, 2011) и экспериментальные исследования (Westall, et al. 1995; Герасименко и др., 2004; Жегалло и др., 2007), показали, что эти процессы происходили в интервале нескольких часов, практически при жизни микроорганизмов. При быстром окремнении микрофоссилии полностью сохраняют свой объем и не подвержены дальнейшим диагенетическим изменениям (Розанов, Ушатинская, 2011).

Хемогенно-осадочные кремнистые породы образуются не только около локальных термальных источников. Так, в вулканогенно-осадочных толщах Хогландской свиты (остров Гогланд в Финском заливе) с возрастом 1640 ± 11 млн. лет (Belyaev, et al. 1996, 1998; Беляев, 2013), сложенной базальтами и риолитами с подушечными структурами, характерными для подводного вулканизма, присутствуют прослои кремнистых пород. Они приурочены к кровельным частям отдельных потоков, а в базальтовых шаровых лавах слагают каемки вокруг «подушек». Кремнистые породы сформировались во время подводного извержения базальтовых и риолитовых лав в процессе растворения в морской воде оксидов кремния на поверхности горячих лавовых потоков и последующего выпадения хемогенных осадков. Последние претерпели контактовый метаморфизм под воздействием вышележащих лавовых толщ, и превратились в микрокварциты (Беляев, 2013).

Изотопные масс-спектрометрические исследования углеродсодержащего материала, химически извлеченного из микрокварцитов, были проведены в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. Установлено, что углерод сильно деплетирован в отношении тяжелого изотопа ^{13}C ($\delta^{13}\text{C} = -27.1 - -29.5\text{‰}$), что характерно для осадочных горных пород, сформировавшихся с участием

живого вещества. В данном случае метаморфизованное органическое вещество (графит), очевидно, представлено фоссилизированными остатками морских планктонных микроорганизмов. Высокие концентрации оксида кремния в морской воде во время подводного извержения базальтовых и риолитовых лав могли приводить к быстрой фоссилизации (окремнению и ожелезнению) морских планктонных микроорганизмов, в том числе и вирусов, и их захоронению в хемогенных кремнистых осадках, отлагавшихся на поверхности лавовых потоков.

Впервые в микрокварцитах среди базальтов и риолитов обнаружены зональные пяти- и шестиугольные образования по морфологии подобные нуклеокапсидам мими- и мегавирусов (Рис. 2). В тесной ассоциации с ними присутствуют структуры по внешней и внутренней морфологии похожие на современные или окаменевшие морские микроорганизмы: спиральные цианобактерии и эукариоты: амёбы, диатомовые водоросли, фораминиферы, жгутиковые и многоклеточные организмы. Предполагается, что эти структуры являются микрофоссилиями окремненных и ожелезненных сообществ палеопротерозойских планктонных микроорганизмов, и с их присутствием связано обогащение кремнистых пород лёгким изотопом углерода.

Таким образом, находки микрофоссилий древних эукариот и, особенно, вирусов могут способствовать расширению представлений о ранней эволюции биосферы.

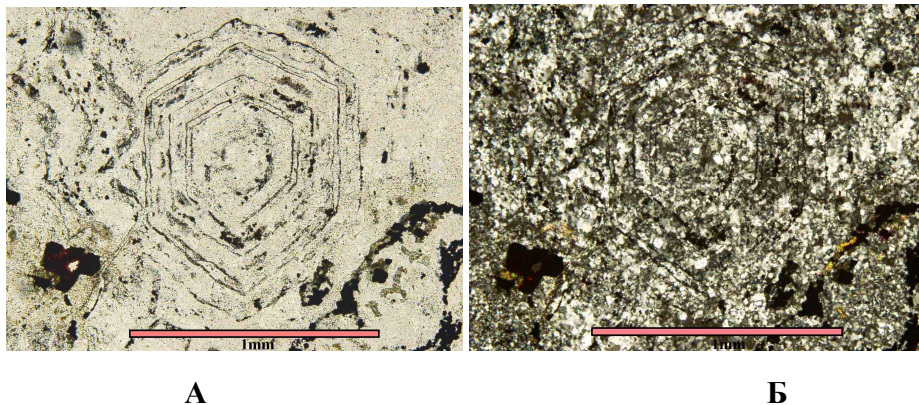


Рис. 2. Шестигранная зональная вирусоподобная структура в микрокварцитах из базальтов. Внешние и внутренние контуры структуры сложены цепочками зерен гематита (Hem), хлорита (Chl), эпидота (Ep) и графита. Пространство внутри контуров и в окружающей основной массе сложено микрокварцитом, образовавшимся при контактовом метаморфизме и раскристаллизации исходного осадка – кремниевого геля. Шлиф: А – без анализатора, Б – с анализатором.

Беляев А.М. Роль вирусов в эволюции ранней биосферы Земли //Труды Международного семинара: Геология, геоэкология, эволюционная география. Том XVI. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2017. с. 25-28. ISBN 978-5-8064-2454-0