

Фоссилизация современных вирусов

Беляев А.М., Юхалин П.В.

действительные члены Палеонтологического общества при РАН

Paleovirusology group, ООО Сидосе, Санкт-Петербург,

Email: paleovirusology@mail.ru, abel-7-777@yandex.ru,

<http://www.paleovirusology.ru/>

Окаменевшие останки (фоссилии) вирусов до сих пор не были достоверно установлены в горных породах. Однако возможность находок минеральных псевдоморфоз древних вирусов подтверждаются результатами экспериментального и естественного окремнения современных вирусов.

Ключевые слова: вирусы, экспериментальное окремнение, окремненные микрофоссилии, горячие источники, минеральные псевдоморфозы.

Fossilization of Modern Viruses

Anatoly. M. Belyaev, Paul V. Yukhalin

full members of the Paleontological Society of the Russian
Academy of Sciences

Paleovirusology group, Sidose LLC, St. Petersburg, Russia

Email: paleovirusology@mail.ru; abel-7-777@yandex.ru,

<http://www.paleovirusology.ru/>

Fossilized remains (fossils) of viruses have not yet been reliably established in rocks. However, the possibility of finding mineral pseudomorphoses of ancient viruses is confirmed by the results of experimental and natural silicification of modern viruses.

Key words: viruses, experimental silicification, silicification of microorganisms, mineral pseudomorphs, bacterial cell, hot spring.

Экспериментальное окремнение бактериофагов Т4

Результаты экспериментального окремнения бактериофагов Т4. Их белки и икосаэдрические капсиды головок были экспериментально замещены кремнеземом, который проникал и осаждался в различных вирусных структурах (Laidler, et al., 2010). Эти исследования предполагают, что окремненные микрофоссилии вирусов могут быть обнаружены в горных породах.

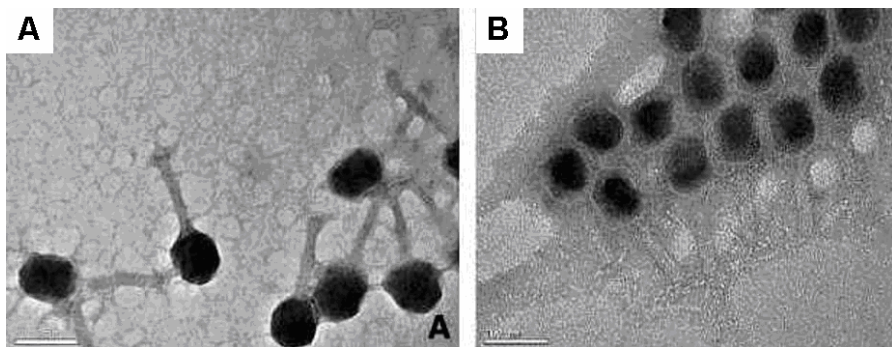


Рис.1. А. Необработанный бактериофаг Т4. Б. кластер окремненных бактериофагов Т4, подвергнутых воздействию растворов с концентрацией кремния в 300 ppm в течении 48 часов. Масштабная линейка – 100 nm.

Экспериментальная фоссилизация кремнеземом вирусов из экстремофильных Архей (палочковидных вирусов SIRV2 - *Sulfolobus islandicus*, вирусов TPV1 – *prieurii* *Thermococcus*, и вирусов PAV1– *Pyrococcus abyssi* 1) подтвердила, что вирусы могут быть замещены кремнеземом, проникающим в различные вирусные структуры (белки, капсиды) в течение нескольких месяцев по аналогии с другими экспериментально и естественно окаменевшими микроорганизмами. Эти исследования предполагают, что вирусная остатки или их следы могли сохраниться в горных

породах, хотя их идентификация может быть сложной задачей из-за малых размеров вирусных частиц (Orange, et al., 2011).

Природные процессы окремнения микроорганизмов

Одним из важных условий сохранения деталей внутреннего строения микрофоссилий бактерий, эукариот и капсидов вирусов, является их быстрая минерализация, которая должна происходить до начала деградации тел микроорганизмов. Лучше всего микроорганизмы без минерального скелета, сохраняются в процессах окремнения как около современных термальных источников, так и в древних гейзеритах. Экспериментальные исследования условий окремнения цианобактерий показали, что в нагретых, насыщенных кремнекислотой водах эти процессы происходят в интервале нескольких часов, практически при жизни микроорганизмов (Розанов и др, 2002). При этом микрофоссилии полностью сохраняют свой объем и не подвержены дальнейшим диагенетическим изменениям (Крылов, Тихомирова, 1988; Renaux, Jones, 1998; Сергеев, 2003; Benning, et al. 2002, 2004; Розанов, Ушатинская, 2011).

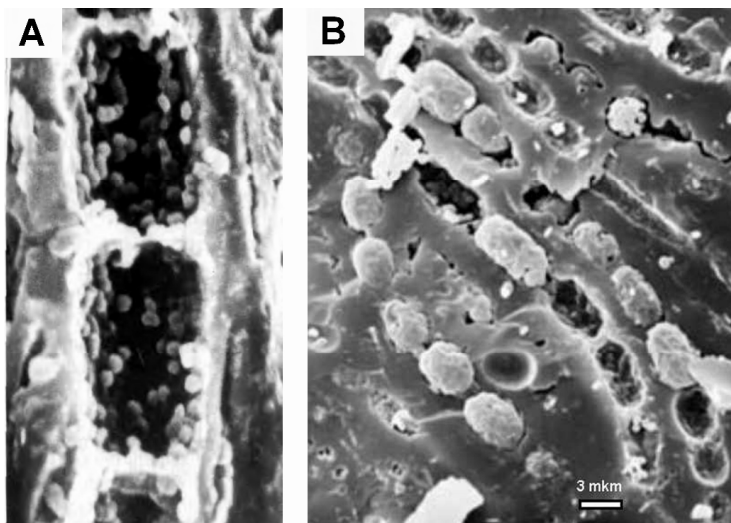


Рис. 2. Фото окремненных цианобактерий в термальных источниках кальдеры Узон, Камчатка (Розанов и др., 2002; Жегалло и др., 2007): А – выпадения опала из кремнеземсодержащих растворов в виде островков и сферических гранул на стенках и перегородках клеток цианобактерий; Б – полное замещение нитей цианобактерий кремнеземом.

Вполне вероятно, что, при быстром окремнении микроорганизмов, центрами для коагуляции кремнезема и образования глобул, служили вирусы, находившиеся внутри и снаружи клеток цианобактерий.

Окремненные глобулы вирусоподобных частиц внутри бактериальной клетки были обнаружены в отложениях горячего источника в Китае (Tucker, 2020).

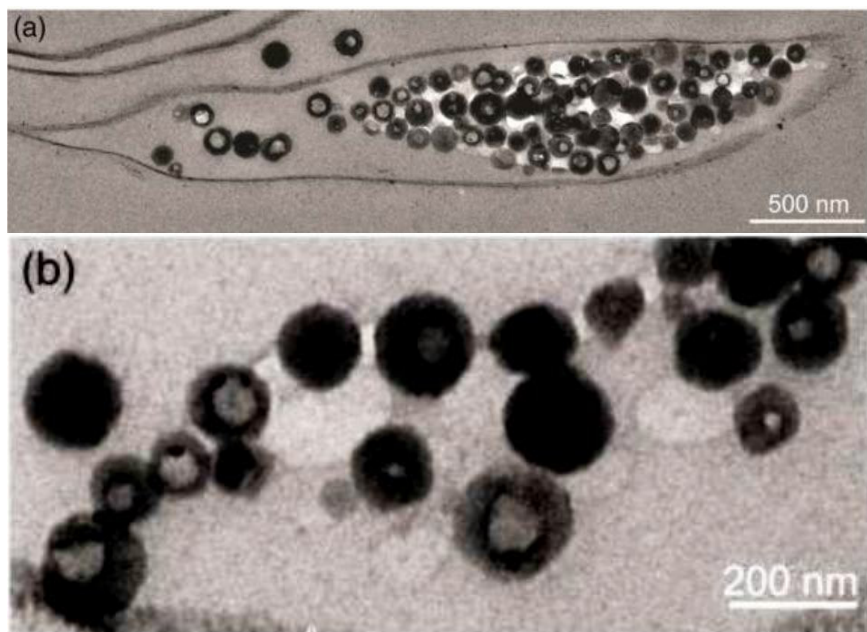


Рис. 3. ПЭМ-изображения вирусоподобных частиц: (а). Наночастицы диоксида кремния с ядрами вирусоподобных частиц внутри бактериальной клетки; (а). Крупный план. Фото

Сяотун Пэн, Китайская академия наук, Санья, Китай, из работы: Tucker M., Fossil viruses, 2020.

Фоссилизация современных вирусов может также происходить в особенных средах, называемых микробными матами, которые встречаются в приливных отмелях вдоль береговых линий, и в мелководных сублиторальных лагунах. Вещество микробных матов содержит огромное количество вирусов – около 30 миллиардов (3×10^{10}) на грамм. При этом, было установлено, что вирусы минерализуются внутри мата вследствие биохимических процессов, фотосинтеза и восстановления сульфата. Минерализованные вирусы в микробном мате имеют форму близкую к сфероидальной, но с икосаэдрической симметрией и образуют слитые кластеры. Tucker M., Fossil viruses, 2020.

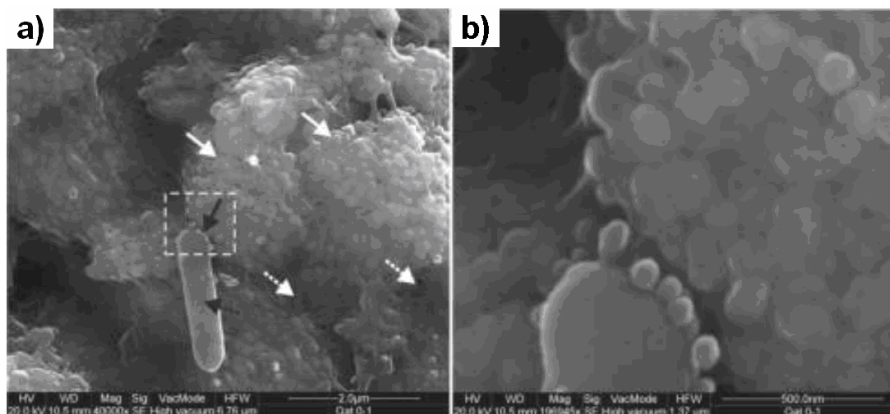


Рис. 4. Изображения вирусов и палочковидной бактерии в микробном мате из Катара (сканирующий электронный микроскоп в режиме вторичных электронов), бактерия показана пунктирной черной стрелкой, а) с вирусами, прикрепленными к верхнему концу (черная стрелка). б) Крупный план (Tucker, 2020).

В лабораторных экспериментах были также получены окремненные вирусы, замещенные железосодержащими минералами, гидроксилсульфатом железа (жрозитом) и оксидами (ферригидрит и гетит). Такие случаи были зарегистрированы в

Рио-Тинто (Испания) в дренажной системе кислых шахт (Tucker, 2020).

Таким образом, исследования процессов окремнения около современных термальных источников, лабораторные эксперименты, исследования современных микробных матов и участков кислого дренажа показывают, что вирусы могут быть минерализованы (фоссилизированны), заменены кальцитом, кремнеземом и минералами железа. Так как в геологической летописи известны литифицированные микробные маты, древние гейзериты, то в них могут быть обнаружены древние вирусы.

Литература

1. Бактериальная палеонтология под ред. А.Ю. Розанова, Москва, 2002, 188 с. ISBN 5-201-15405-0 Bacterial paleontology
2. Жегалло Е.А., и др., Цианобактерии в гейзеритовых постройках Камчатки // Альгология. Т. 17. № 1. 2007. С. 88–92.
3. Benning L.G., et al., Molecular characterization of cyanobacteria silicification using synchrotron infrared micro-spectroscopy // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2004. V. 68. № 4. P. 729–741.
4. Laidler, J. R., & Stedman, K. M. Virus silicification under simulated hot spring conditions. *Astrobiology*, 2010; (6), pp. 569-576.
5. Tucker M., Fossil viruses, 2020 // *Geology Today*. DOI: 10.1111/gto.12321
6. Orange, F. et al., Experimental fossilisation of viruses from extremophilic Archaea, *Journal: Biogeosciences*, 2011 DOI: [10.5194/bg-8-1465-2011](https://doi.org/10.5194/bg-8-1465-2011)