

Возможные останки окаменевших вирусов в древних горных породах

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 вирусов до сих пор однозначно не установлены в древних горных породах. Считается, что древние вирусы, так же как и современные, были чрезвычайно мелкими, и поэтому их фоссилии невозможно обнаружить, или отличить от минеральных образований. Однако, вполне вероятно, что при микропалеонтологических исследованиях останки древних вирусов все-таки были найдены, но были отнесены к группе акритархов – одноклеточных организмов неясного происхождения.

Ключевые слова: вирусы, акритархи, микрофоссилии, минеральные псевдоморфозы, бактерии.

Possible remains of fossilized viruses in ancient rocks

The fossilized remains of viruses have not yet been definitely established in ancient rocks. It is believed that ancient viruses, as well as modern ones, were extremely small, and therefore their fossils cannot be detected or distinguished from mineral formations. However, it is likely that during micropaleontological studies, the remains

of ancient viruses were still found, but were attributed to the group of akritarchs - unicellular organisms of unclear origin.

Key words: viruses, akritarchs, microfossils, silification of, mineral pseudomorphs, bacterial cell.

Несмотря на многообразие и разнообразие вирусов и той роли, которую они играют в биосфере, их окаменевшие останки до сих пор не были обнаружены в древних горных породах. Это связано с тем, что по существу, вирусы (как и все бесскелетные одноклеточные организмы) представляют собой крошечные капельки протоплазмы в белковой оболочке, которые после гибели испытывают постмортальные преобразования – лизис (растворение) или коллапс, а при погребении и нагревании разлагаются на воду, углекислый газ, оксид азота и фосфат-ион. Кроме того, большинство палеонтологов придерживается догмы (не обоснованной фактическим материалом), что древние вирусы, так же как и современные, были чрезвычайно мелкими, и поэтому их невозможно обнаружить в горных породах, или отличить от минеральных образований. Весьма вероятно, что при микропалеонтологических исследованиях останки древних вирусов все-таки были обнаружены, но не были определены как представители живого мира, или отнесены к группе акритархов – одноклеточных организмов неясного происхождения.

Акритархи — микроскопические организмы в виде капсул шарообразной, эллиптической или

дисковидной формы. В микропалеонтологии описаны сотни видов окаменевших микроскопических останков (микрофоссилий) акритархов. Они характеризуются лишь двумя параметрами – наличием органической оболочки и центральной полости, размером от 8-500 мкм до 1 мм. Некоторые разновидности акритархов имеют многочисленные и разнообразное шипы, которые, как предполагается, служили защитой от крупных хищников. Некоторые акритархи, предположительно, являются цистами ископаемых динофлагеллят, или одноклеточных водорослей. Из-за размеров акритархи никогда не сопоставляли с вирусами. Вместе с тем, некоторые микрофоссилии, найденные в осадочных породах докембрия и раннего палеозоя, и отнесенные к акритархам, по морфологии подобны современным РНК вирусам гриппа, ротавирусам и коронавирусам (Рис. 1.1-1.3).

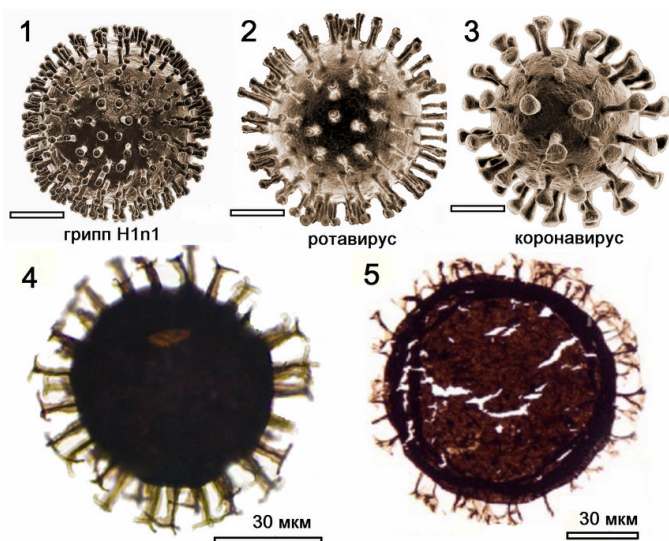


Рис. 1. Модели современных вирусов (зарисовки из открытых источников Интернета), и микрофоссилии акритархов. **1.1.** Вирус гриппа H1n1; **1.2.** Ротавирус; **1.3.** Коронавирус; Масштабные линейки – 30 нм. **1.4.** Акритарх *Peteinosphaeridium armatum* (Tongiorgi, et. al., 1995); **1.5.** Акритарх *Shuiyousphaeridium macroreticulatum* возрастом 1700 – 1400 миллионов лет (Agić, 2016).

Акритархи *Peteinosphaeridium armatum* из отложений Ордовика Китая с возрастом более 400 миллионов лет (Рис. 1.4. Tongiorgi et al., 1995), и акритархи *Shuiyousphaeridium macroreticulatum* с возрастом 1700 – 1400 миллионов лет (Рис. 1.5; Agić, 2016), имеют похожие на РНК вирусы внешние сферические оболочки и многочисленные ворсинки. На их концах, возможно, располагались белковые молекулы для прикрепления древних вирусов к оболочкам клеток и проникновения внутрь них вирусной РНК или ДНК, как и у современных вирусов.

Конечно, не приходится ожидать полного морфологического сходства между современными РНК вирусами и древними вирусоподобными структурами, существовавшими сотни миллионов лет тому назад, и к тому же видоизмененными при фоссилизации. Они имеют всего лишь некоторые близкие морфологические черты – сферическую форму, и ворсинки, которые, предположительно, имели сходные с вирусами функции. Однако, микрофоссилии вирусоподобных структур с размерами 60 - 90 микрометров в поперечнике (в 1 миллиметре — 1000 микрометров) в 400 – 1000 раз превосходят РНК вирусы по линейным размерам. На первый взгляд при

такой разнице в размерах не может быть и речи об их родстве или общей природе. Но палеонтологическая летопись показывает, что размер не является главным фактором при определении родства организмов. Так, вымершие гигантские динозавры являлись, по крайней мере, дальними родственниками современным птицам и рептилиям. А еще до появления динозавров на суше и в море царствовали гигантские насекомые — морские скорпионы и сухопутные многоножки-артроплевру, достигавшие двух с половиной метров длины. Поэтому не исключена вероятность того, что древние предки вирусов могли быть полноценными клетками — факультативными паразитами, которые в процессе эволюции уменьшились в размерах и потеряли способность к самостоятельному размножению, превратившись в облигатных паразитов — современные вирусы.

В двадцатом веке науке были известны вирусы с размерами от 20 до 300 нанометров. Однако в двадцать первом веке, были неожиданно открыты гигантские вирусные структуры, превосходящие традиционные вирусы по линейным размерам в сотни раз и более (Arslan, 2011; Jônatas Abrahão et al., 2018; Львов и др. 2018). В 2013 году были открыты сразу два вируса *Pandoravirus salinus* и *Pandoravirus dulcis*. Они имеют овальную форму, с толстыми стенками и отверстием на конце (Рис. 2.1). Из-за своих размеров ($1 \times 0,6$ мкм) первоначально эти вирусы принимали за бактерии. Они имеют соответственно 1,9 и 2,5 миллионов пар оснований, тогда как большинство вирусов содержат от трёх до нескольких сотен генов.

При этом более чем на 93% геном этих гигантов не имеет аналогов среди живых организмов. Первооткрыватели вирусов Пандоры предполагают, что они произошли от полноценных клеток. (Abergel, 2015).

Очень похожие на пандоравирусы микрофоссилии были обнаружены в Карелии в архейских туфогенно-осадочных породах с возрастом более 2600 миллионов лет (Астафьева, 2006). Структуры с «уплощенно-овальными формами» по размерам больше пандоравирусов всего лишь в шесть раз (Рис 2.2).

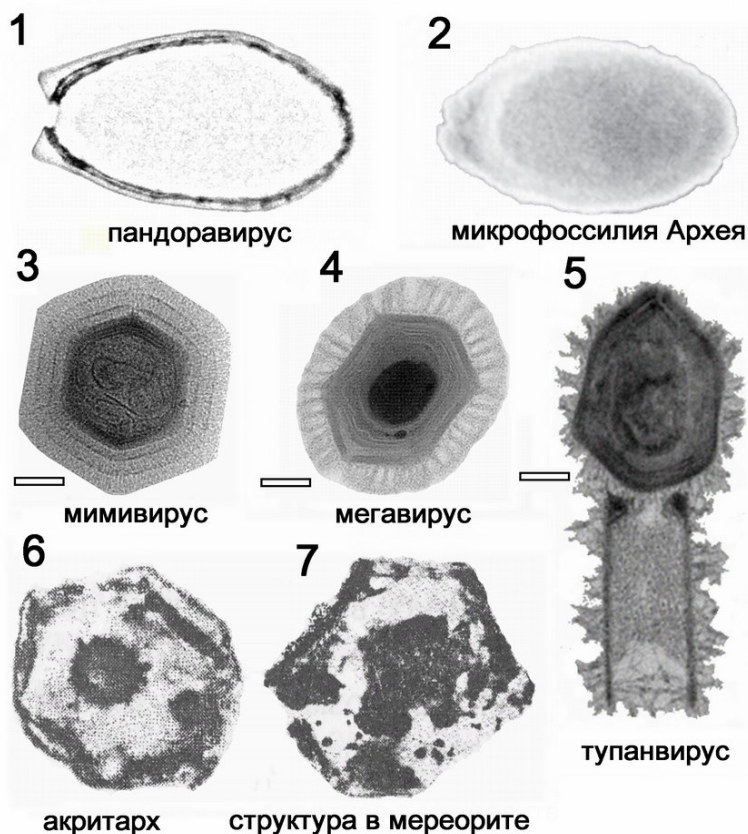


Рис. 2. Гигантские вирусы и древние микрофоссилии и Акритархи. **2.1.** *Pandoravirus* 1х0.5 мкм (Abergel, 2015); **2.2.** Микрофоссилия (6х3 мкм) из пород верхнего Архея Карелии (Астафьева, 2006); **2.3-2.5** Шестигранные сечения икосаэдрических капсидов гигантских вирусов семейства *Mimiviridae*: **2.3.** Мимивируса (Ghigo E., et. al. 2008); **2.4.** Мегавируса (Arslan, 2011); **2.5.** Тупанвируса (Jônatas Abrahão et al., 2018). Масштабная линейка – 100 нм; **2.6.** Акритарх из раннепалеозойских отложений Восточной Сибири (Рудавская, 1972); **2.7.** Похожая на акритарх микроструктура из метеорита Оргей (Рудавская, 1972).

В последние десятилетия были найдены несколько видов гигантских вирусов семейства *Mimiviridae*, паразитирующих на амебах. (Arslan, 2011; Jônatas Abrahão et al., 2018; Львов и др. 2018). Эти вирусы превосходят традиционные по линейным размерам в сотни раз и более, и имеют капсиды в форме икосаэдра. В сечениях они наблюдаются как шестигранные или пятигранные зональные структуры (Рис. 2.3-2.5.). Капсиды гигантских вирусов покрыты многочисленными белковыми нитями (Рис 2.3; 2.4.), а у Тупанвируса еще имеется длинный «хвост» (Рис 2.5.) (Jônatas Abrahão et al., 2018). Геномы мегавирусов включают как ДНК, так и РНК и от одного до полутора миллионов пар оснований.

Структуры, подобные по морфологии современным гигантским вирусам – представителям семейства *Mimiviridae*, были описаны как акритархи из раннепалеозойских отложений Восточной Сибири (15

мкм в поперечнике) и микроструктура из метеорита Оргей (Рис. 2.6.-2.7.; Рудавская, 1972).

В принципе, предки некоторых современных гигантских вирусов, могли иметь клеточное строение, и способность к самостоятельному размножению. Так, первооткрыватели гигантских тупанвирусов и пандоравирусов допускают, что они произошли от более сложных одноклеточных организмов, которые в процессе перехода к паразитическому образу жизни упростились, и потеряли часть генов (Abergel, 2015; Jônatas Abrahão et al., 2018).

Однако для определения вирусной природы микрофоссилий внешнего морфологического сходства с некоторыми современными вирусами недостаточно. Даже гигантские вирусы долгое время ошибочно принимали за бактерии. А для акритархов, похожих на вирусы, не хватает информации о деталях их внутреннего строения и, главное, их взаимоотношений с другими микроорганизмами.

Литература

1. Астафьева М.М. Архей Карелии и бактериальная палеонтология // Эволюция биосферы и биоразнообразия. М., МК, 2006, с. 120-128.

2. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах (под ред. А.Ю. Розанова и Г.Т. Ушатинской). М.: ПИН РАН, 2011. 171 с.

3. Львов Д.К., Сизикова Т.Е., Лебедев В.Н. и др. Гигантские вирусы: происхождение, распространение,

таксономические, структурно-морфологические и молекулярно-биологические характеристики // Вопросы вирусологии. 2018. Т. 63. № 1. С. 5-10.

4. Рудавская В. А. (1972) О сходстве микроструктур метеорита Оргей (Orgueil) и микрообразований из раннепалеозойских отложений Восточной Сибири. Докл. АН СССР, 202, с. 675—676.

5. Agić, H. Fossil Focus: Acritarchs. Paleontology Online, 2016. Volume 6, pp. 1-13.

6. Abergel C., Legendre M., Claverie J.M. The rapidly expanding universe of giant viruses: Mimivirus, Pandoravirus, Pithovirus and Mollivirus. FEMS Microbiol. Rev. 2015; 39(6): pp. 779-96.

7. Arslan, D.; Legendre, M.; Seltzer, V.; Abergel, C.; Claverie, J.-M. (2011). Distant Mimivirus relative with a larger genome highlights the fundamental features of Megaviridae. Sciences. 2011. Vol. 108. No. 42, pp. 17486–17491. [doi:10.1073/pnas.1110889108](https://doi.org/10.1073/pnas.1110889108).

8. Jônatas Abrahão et al., Tailed giant Tupanvirus possesses the most complete translational apparatus of the known virosphere/ Nature Communications 2018, volume 9, Article number: 749, [doi:10.1038/s41467-018-03168-1](https://doi.org/10.1038/s41467-018-03168-1).

9. Legendre M., Arslan D., Abergel C., et al. Genomics of Megavirus and the elusive fourth domain of Life // Commun Integr Biol. 2012. B. 1. T. 5. pp. 102—106.

10. La Scola B., Desnues C., Pagnier I., The virophage as a unique parasite of the giant mimivirus // Nature. — 2008. — B. 7209. — T. 455. — pp. 100-104. — [DOI:10.1038/nature07218](https://doi.org/10.1038/nature07218) — [PMID 18690211](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18690211/).

11. Tongiorgi, M., Yin, L.-m. & Di Milia, A. Arenigian acritarchs from the Daping section (Yangtze Gorges area, Hubei Province, Southern China) and their palaeogeographic significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1995, 86, pp. 13–48.