

Изучив пробы, содержащие сероокисляющие бактерии SUP05, ученые обнаружили в составе их геномов вирусные ДНК. Удивительно, что из 18 типов вирусных ДНК в 15-ти содержались ферменты, участвующие в окислении серы. Как выяснилось, этот элемент генома вирусы приобрели давно, сохранили его в своем генетическом хозяйстве и используют, чтобы заставить бактерий активно тратить свои энергетические запасы на тиражирование вирусных ДНК. Сумма данных по вирусным геномам свидетельствует о масштабности подобного явления: вирусы заимствуют у бактерий гены, регулирующие энергетический обмен, и используют их в эгоистических целях. Эволюцию этих генов и их трансдукцию приходится рассматривать с учетом этого широко распространенного явления.



Гидротермальные поля в базальной зоне бассейна Лос-Ламби курильщиков: глубина 1800 м, температура 100°C

Американские ученые из Мичиганского и Миннесотского университетов изучали бактериальные сообщества глубоководных гидротерм (их еще называют «черными курильщиками»). С середины XX века, когда был открыт этот обособленный мир, бактериальное население «черных курильщиков» — главный энергогенератор этой биосистемы — стал традиционным предметом пристального внимания ученых. Ведь именно бактерии, окисляющие разные типы серных соединений (а также метана, железа и др.), составляют большую часть первичной продукции «черных курильщиков». Однако, несмотря на постоянные активные исследования, мир «черных курильщиков» исправно поставляет удивительные открытия.

В данном исследовании ученых занимали бактерии SUP05, родственные гамма-протеобактериям (*Gamma*proteobacteria), которые специализируются на окислении серы. SUP05 являются наиболее массовым элементом микробиоты «черных курильщиков». В целом серобактерии «черных курильщиков» поставляют в глубоководные экосистемы количество органики, сопоставимое с продукцией фотической зоны, поэтому интерес к SUP05 вполне оправдан.

Ученые сравнивали геномы SUP05 из шести точек глубоководных рифтовых зон: 5 проб — из бассейна Лай (Lau Basin), где известно активное гидротермальное поле, шестая — из гидротермов Гуаймас (Guaymas Basin) в Калифорнийском заливе.

В геномах SUP05 из всех шести проб обнаружилось вирусные ДНК — всего 18 различных вирусов. Само по себе это в порядке вещей: наиболее массовый организм обычно бывает заражен паразитами, в данном случае бактериофагами. В случае с SUP05 ученых удивило другое. У 15-ти из 18 типов бактериофагов нашлись гены особого фермента, участвующего в окислении элементарной серы. Получается, что большинство этих глубоководных паразитов запаслись молекулярными инструментами для окисления серы. Зачем они вирусам? Окислением серы вирусы не занимаются. Задача вируса — скопировать свою ДНК и белки своего вирусного капсида, затем внедриться в следующего хозяина.

Сравнение генетических последовательностей показало, что гены вирусных ферментов не похожи на гены аналогичного фермента у бактерий-хозяев. Это значит, что они не были получены в результате недавней рекомбинации или заимствования. Вирусы их приобрели сравнительно давно и удерживали так или иначе в своем геноме: по всей видимости, этот дополнительный генетический груз способствовал их размножению. Так как данный фермент участвует в процессе, за счет которого клетка SUP05 получает энергию, то выгода от этого «довеска» для вируса очевидна. Вирус, внедрившись в клетку, заставляет бактерию начать активно использовать свои запасы серы, вырабатывать дополнительную энергию и тратить ее на транскрипцию ДНК, в том числе и вирусной ДНК. Иными словами, бактерия оказывается вынуждена тиражировать вирусную ДНК.

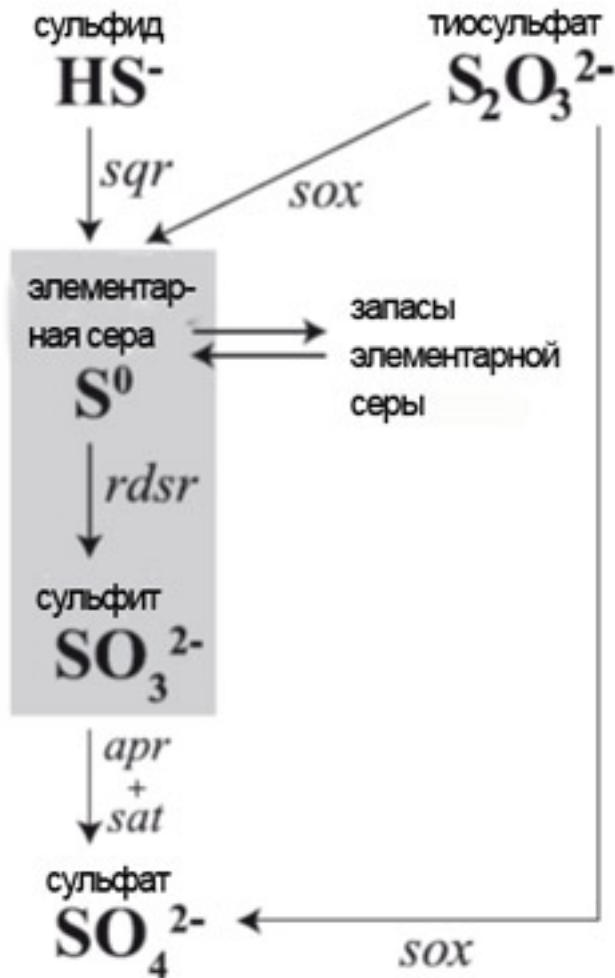


Схема окисления серы (Берлейштейн В. И. 2015). Она показывает участие в ферментативной работе вируса

Подобный вирусный диктат был зарегистрирован и для цианобактерий, обитающих в фотической зоне. Их бактериофаги завладели ферментами, контролирующими фотосинтез (*psbA* и *psbD*). В результате вирусы могут заставить умирающую клетку поставлять энергию, даже если фотосинтетическая система уже повреждена. Как выяснилось при исследовании вирусов поверхностных слоев океана, большинство вирусов имеют ферменты, участвующие в фотосинтезе. Так, около 60% генов *psbA*, выявляемых при метагеномном анализе поверхностных вод, принадлежат вирусам.

Сложенные вместе данные по вирусам поверхностных вод и глубоководных курильщиков указывают на огромную вероятность трансдукции и специфической эволюции генов, участвующих в энергетическом метаболизме. Эти гены не просто случайно прицепляются к вирусной ДНК и переправляются новым хозяевам. Напротив, они

с большой вероятностью присутствуют у вирусов, нарочно сохраняются ими и видоизменяются в угоду надобностям вирусов, а не бактериальных пользователей энергетических систем. С этих позиций эволюция многих бактериальных генов и темпы горизонтального переноса выглядят совсем по-другому.