

УДК 578.3

Чикуров Н.Р., обучающийся, 11 «Е» класс  
Научный руководитель: Яковлева Н.В., учитель биологии  
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Гимназия города Юрги»  
г. Юрга

Chikurov N.R., student, 11th grade  
Scientific supervisor: Yakovleva N.V., biology teacher  
Municipal autonomous educational institution  
"Gymnasium of the city of Yurga"  
Yurga

## БАКТЕРИОФАГИ НА ЗАЩИТЕ ЗДОРОВЬЯ BACTERIOPHAGES IN HEALTH PROTECTION

Современные достижения науки открывают новые горизонты в использовании вирусов на благо человечества. Эти микроскопические организмы, некогда считавшиеся исключительно патогенными агентами, сегодня становятся важными инструментами в медицине, биотехнологии и экологии. Вирусы обладают уникальной способностью проникать в клетки и манипулировать их функциями, что делает их перспективными кандидатами для разработки новых методов лечения заболеваний, генной терапии и создания вакцин. Исследования в этой области позволяют не только лучше понимать механизмы вирусной инфекции, но и находить инновационные способы борьбы с различными патологиями, тем самым делая возможность использования вирусов в практической деятельности человека как никогда актуальной.

**Бактериофаги** (греч. phagos - пожирающий, лат. bacteriophaga - разрушающий бактерии) - это вирусы бактерий, обладающие способностью специфически проникать в бактериальные клетки, репродуцироваться в них и при выходе потомства вызывать в большинстве случаев разрушение (лизис) бактерий.

Впервые о явлении бактериофагии сообщил в 1896 г. британский бактериолог Эрнест Ханкин. Он отметил, что вода рек Индии обладает бактерицидными свойствами в отношении холерных вибрионов. При исследовании воды он выявил наличие в ней факторов, проникающих через бактериальный фильтр и вызывающих лизис возбудителя холеры. В 1898 г. явление бактериофагии наблюдал русский ученый Н.Ф. Гамалея на примере спонтанного лизиса сибиреязвенных бактерий. Н.Ф. Гамалея обнаружил, что мутный раствор клеток возбудителя сибирской язвы иногда может просветляться, а образующаяся прозрачная жидкость в течение 6-12 часов способна вызывать разрушение свежих культур микроба. Эти вещества, способные разрушать бактерии, автор назвал «бактериолизинами». В 1915 г.

английский бактериолог Ф. Туорт описал феномен “стекловидного перерождения” колоний стафилококков. Он отметил, что некоторые штаммы стафилококка образовывали колонии, которые со временем изменяли свою типичную форму и становились прозрачными. Клетки из измененных колоний теряли способность к пересевам, а внесение их в свежие культуры стафилококков приводило к лизису (разрушению) бактерий. При микроскопическом исследовании прозрачных колоний стафилококков обнаруживались разрушенные бактериальные клетки. Ф. Туорт объяснял это явление существованием бактериолитического фактора, вырабатываемого самими бактериями. В 1917 г. канадский микробиолог Ф. д'Эрелль при изучении возбудителя дизентерии наблюдал лизис бактериальной культуры при внесении в нее фильтрата испражнений больных людей. Добавление даже одной капли фильтрата испражнений к мутной бульонной культуре дизентерийных бактерий приводило к полному просветлению жидкости. Лизирующее действие агента не только сохранялось, но и значительно усиливалось после многократного посева на культуре дизентерийных бактерий. Подобный эффект Ф. д'Эрелль наблюдал на плотных питательных средах, засеянных смесью вируса и дизентерийных бактерий. При этом на фоне сплошного бактериального роста появлялись участки округлой формы, на которых рост культуры отсутствовал – так называемые стерильные пятна, участки лизиса бактерий, позже названными вирусными бляшками. На основании своих опытов Ф. д'Эрелль сделал заключение о том, что объект изучения является паразитом бактерий, проходящим через фильтры. Этот объект Ф. д'Эрелль назвал бактериофагом (“пожирателем” бактерий), а разрушающее действие бактериофага - бактериофагией. В последующем это явление было названо феноменом Туорта-д'Эрелля (разрушение бактерий в результате инфицирования их бактериальными вирусами).

Сам бактериофаг состоит из белковой головки (капсида), шейки и хвостового отростка, который в свою очередь состоит из хвостовой трубочки, по которой происходит внедрение НК в клетку, базальной пластинки, состоящей из белков, способных растворять клеточную стенку бактерий, и хвостовых нитей, которые обеспечивают крепление фага на поверхности. Также у фага могут быть дополнительные белковые структуры, выполняющие дополнительные функции. В капсиде бактериофагов находится нуклеиновая кислота – ДНК(дезоксирибонуклеиновая кислота) или РНК(рибонуклеиновая кислота), благодаря которым фаг “размножается” (рис.1).

Как и остальные вирусы, фаги не могут сами увеличивать свою численность, и размножаются только в хозяине (в бактерии). По характеру взаимодействия бактериофага с бактериальной клеткой различают *вирулентные* и *умеренные* фаги. Вирулентные фаги могут увеличиваться в количестве только посредством литического цикла (рис.2).

\***Литический цикл** - тип жизненного цикла бактериофагов, при котором вскоре после заражения бактериальной клетки вирус воспроизводит себя и далее убивает клетку-хозяина.

*Литический цикл* происходит условно в пять этапов:

1. Прикрепление фага к клеточной стенке бактерии и впрыскивание НК в цитоплазму клетки
2. Встраивание НК вируса в НК бактерии
3. Начало синтеза НК фага и его белков
4. Синтез компонентов фага (капсида и хвоста) и сборка новых фагов
5. Выход нового поколения фагов и гибель клетки-хозяина

Умеренные бактериофаги чередуют литический цикл с лизогенным, в котором фаг находится в состоянии профага.

**Лизогенный цикл** - тип жизненного цикла бактериофагов, при котором фаг встраивает свой геном в геном бактерии и удваивается при каждом делении клетки (состояние *профага*), то есть не убивает клетку-хозяина сразу, в отличие от литического цикла. Многие фаги могут переходить от литического цикла к лизогенному и обратно.

**Профаг** - геном фага, интегрированный в хромосомную НК бактериальных клеток. Это форма взаимодействия фага и бактериальной клетки, при которой не происходит лизис бактерий. При наличии повреждения клетки-хозяина начинается *профаговая индукция*, что ведет к старту литического цикла.

**Профаговая индукция** - явление, при котором профаг «активируется» и переходит в литический жизненный цикл.

Теперь, зная жизненные циклы бактериофагов, можно понять, что фаг можно “заставить” приносить пользу. Ведь в процессе литического цикла, фаг буквально убивает бактерию, которая, в свою очередь, может быть опасной для человека. Лечение фаготерапией действительно существует и практикуется с **1919 года**, когда уже знакомый нам Феликс Д’Эрелль, использовал фаговый препарат для борьбы с куриной холерой. Но почему человечество все равно предпочитает использование антибиотиков? На это влияют сразу несколько факторов:

- **Широкий спектр действия:** Антибиотики часто эффективны против широкого спектра бактерий. Это особенно важно в ситуациях, когда точный возбудитель инфекции неизвестен.
- **Доступность и простота использования:** Антибиотики широко распространены и легко доступны во многих странах мира. Они производятся в больших объемах и относительно недороги.
- **Клинический опыт:** Врачи и ученые накопили огромный опыт работы с антибиотиками. Их эффективность и побочные эффекты хорошо изучены, что позволяет врачам уверенно назначать лечение.

- **Регулирование и стандарты:** Системы здравоохранения и фармацевтические компании уже имеют устоявшиеся процедуры производства, тестирования и регулирования антибиотиков.

Однако, у антибиотиков есть также серьезные недостатки. Например, действие антибиотиков направлено на патогенные бактерии, однако могут пострадать и ПОЛЕЗНЫЕ для человека бактерии, например, бактерии микрофлоры кишечника, и на мой взгляд это один из самых главных недостатков антибиотиков. А если принять тот факт, что бактерии не стоят на месте, и могут развить иммунитет к часто используемому антибиотику, тем самым сделав оружие человека фактически бесполезным, то почему бы не использовать полностью безопасные бактериофаги? Ведь каждый бактериофаг направлены только на конкретный вид бактерий, и поэтому не будет атаковать полезные бактерии и клетки человека. Я нахожу использование фагов в лечении бактериальных болезней безопасный и естественный путь борьбы с микробами, ведь что лучше всего может бороться с существом, чем его естественный враг, созданный природой.

Подводя итог, на следующем листе будет представлена таблица сравнения бактериофагов с антибиотиками, с помощью которой можно наглядно увидеть некоторые преимущества использования бактериофагов для лечения бактериальных инфекций.

**Таблица 1.** Сравнение бактериофагов с антибиотиками.

Категория сравнения	Бактериофаги	Антибиотики
Специфичность действия	Каждый фаг направлен только на определенный штамм бактерий, поэтому не будет затрагивать полезные для человека микроорганизмы	Спектр применения антибиотиков гораздо больше, чем у фагов, из-за чего может возникнуть риск поражения полезных микроорганизмов
Токсичность	Фаги являются естественным компонентом биосферы и не вызывают серьезных аллергических реакций	Многие антибиотики могут иметь отрицательные побочные эффекты, поэтому могут быть ограничены в применении
Стабильность действия	Развить устойчивость к бактериофагам у бактерий фактически невозможно из-за особенностей фага, поэтому действие фага по	В отличие от фагов, развить иммунитет к антибиотикам бактериям гораздо проще, поэтому постоянно

	отношению к бактерии всегда будет стабильным	нужно улучшать анти- биотики, на что может уходить много времени и ресурсов
Метод применения	Фаги могут применяться местно — в виде мазей, капель, растворов для по- лоскания. Такое использо- вание снижает нагрузку на организм, уменьшает риск распространения инфек- ции и увеличивает ско- рость действия	Большинство антибио- тиков применяются наружно, то есть чтобы антибиотик подейство- вал, ему нужно попасть в организм и добраться до нужной области, на что может понадобится время
<i>Доступность</i>	Производство бакте- риофагов является про- стым и недорогим дей- ствием, что позволяет им быть более доступными лекарствами	Современные антибио- тики широкого спектра создать гораздо труд- нее, из-за чего стои- мость лечения может быть выше

Таким образом, бактериофаги представляют собой перспективное направление развития антимикробной терапии, позволяющее преодолеть недостатки традиционных антибактериальных препаратов.

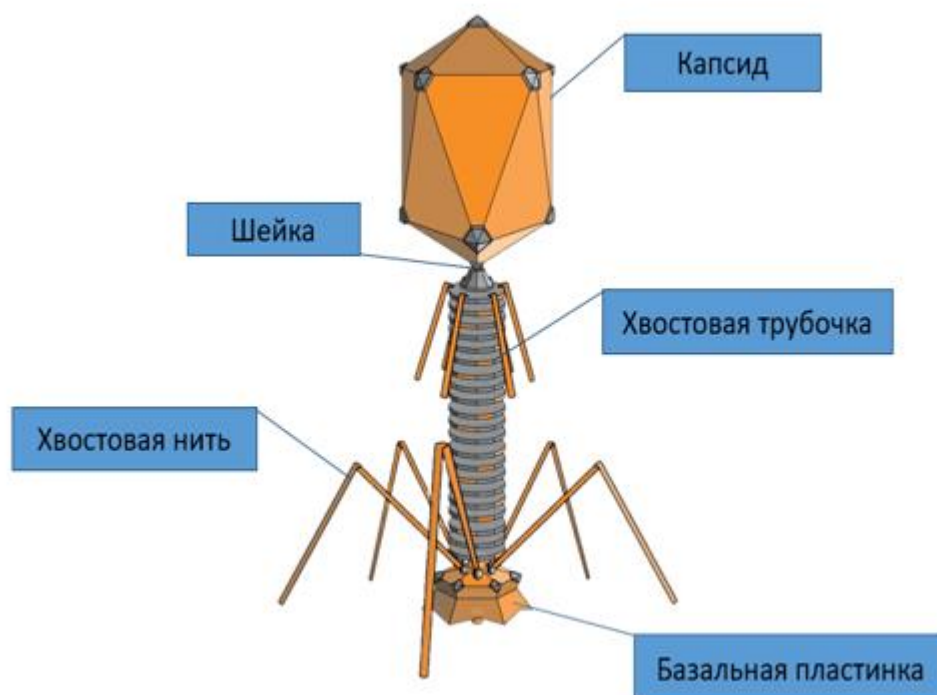


Рис.1 Строение бактериофага

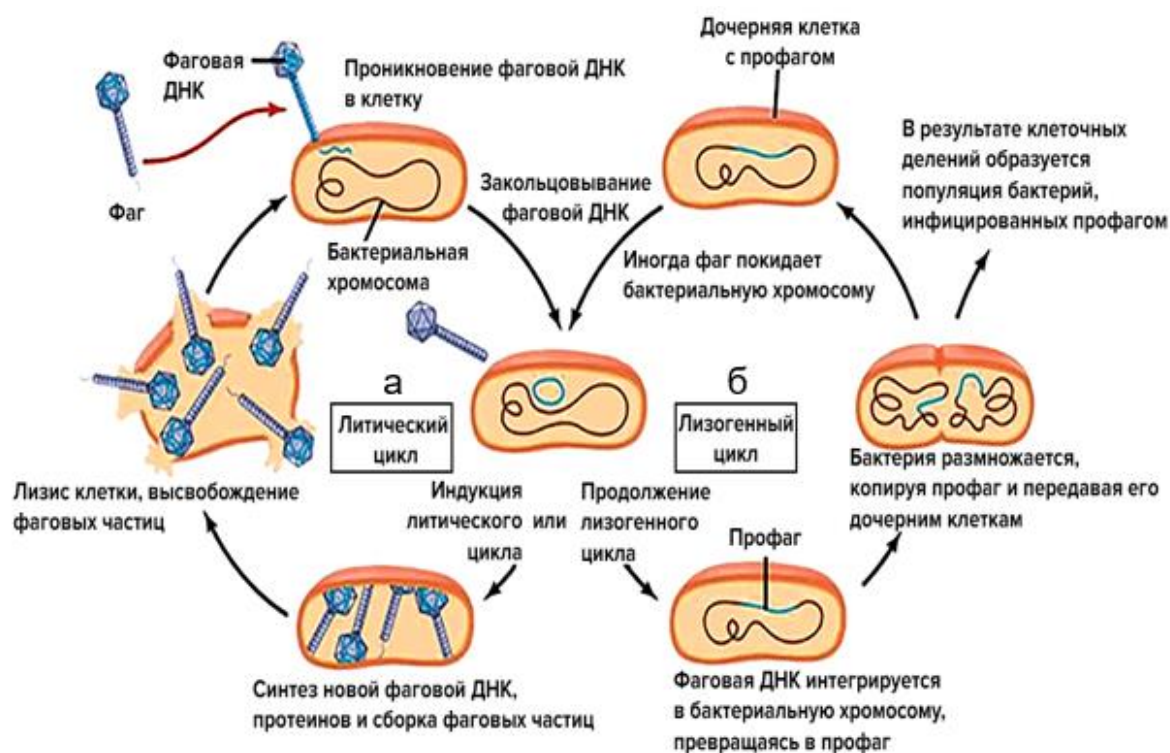


Рис.2 Схема жизненных циклов бактериофага (а – литический, б – лизогенный)

### Список литературы:

1. Основы микробиологии, вирусологии и иммунологии – Н. В. Викторова, Л. А. Рубашкина, 108 с.
2. Общая информация о бактериофагах - <https://ru.wikipedia.org/wiki>, (дата обращения: 04.08.2025).
3. Общая информация о бактериофагах - <https://biomolecula.ru/articles/ogromnyi-i-zagadochnyi-mir-bakteriofagov>, (дата обращения: 04.08.2025).
4. Общая информация о бактериофагах - <https://old.bigenc.ru/biology/text/1846617>, (дата обращения: 04.08.2025).
5. Основы микробиологии, вирусологии и иммунологии – Н. В. Викторова, Л. А. Рубашкина, 109 с.
6. Учебник по биологии, углубление 10 класс – В. К. Шумной, Г. М. Дымшиц, Л. В. Высоцкая, Л. Н. Кузнецова, 145 с.
7. Основы микробиологии, вирусологии и иммунологии – Н. В. Викторова, Л. А. Рубашкина, 111 с.

### References:

1. Fundamentals of Microbiology, Virology, and Immunology – N.V. Viktorovna, L.A. Rubashkina, 108 p.
2. General information about bacteriophages - <https://ru.wikipedia.org/wiki>, (accessed: 04.08.2025).
3. General information about bacteriophages - <https://biomolecula.ru/articles/ogromnyi-i-zagadochnyi-mir-bakteriofagov>, (accessed: 04.08.2025).
4. General information about bacteriophages - <https://old.bigenc.ru/biology/text/1846617>, (accessed: 04.08.2025).
5. Fundamentals of Microbiology, Virology, and Immunology – N. V. Viktorovna, L. A. Rubashkina, 109 p.
6. Biology Textbook, Advanced, 10th Grade – V. K. Shumnoy, G. M. Dymshits, L. V. Vysotskaya, L. N. Kuznetsova, 145 p.
7. Fundamentals of Microbiology, Virology, and Immunology – N. V. Viktorovna, L. A. Rubashkina, 111 p.