

**ВНЕХРОСОМНЫЕ ФАКТОРЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ  
(ПЛАЗМИДЫ, ТРАНСПОЗОНЫ, IS-ФАКТОРЫ, УМЕРЕННЫЕ ФАГИ), ИХ  
ЗНАЧЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ**

**Мирвалиева Н.Р.**

Научный руководитель.

Ташкентский государственный медицинский университет

Кафедра: Микробиология, вирусология и иммунология.

Должность: ассистент.

**Атаназарова Шахноза**

**Солибоева Сарвиноз**

**Мирвалиева Нафиса**

Ташкентский государственный медицинский университет

Факультет: Фундаментальная медицина. Группа: 201-Б.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20152697>

***Аннотация.** Внехромосомные факторы бактериальной наследственности играют важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов и оказывают большое влияние на развитие современной медицины. К таким факторам относятся плазмиды, транспозоны, IS-элементы и умеренные бактериофаги. Они способны передавать генетическую информацию между бактериями, обеспечивая появление новых свойств, включая устойчивость к антибиотикам, повышение вирулентности и адаптацию к неблагоприятным условиям окружающей среды. Особое значение данные генетические элементы имеют в клинической микробиологии, так как именно они являются одной из основных причин распространения антибиотикорезистентности среди патогенных микроорганизмов.*

*Плазмиды представляют собой автономные молекулы ДНК, способные самостоятельно реплицироваться внутри бактериальной клетки. Многие плазмиды содержат гены устойчивости к антибиотикам и токсинам, что делает бактерии более опасными для организма человека. Транспозоны и IS-элементы обладают способностью перемещаться внутри генома бактерии, вызывая мутации и перестройки генетического материала. Умеренные бактериофаги способны встраиваться в геном бактерии и изменять её биологические свойства.*

*Изучение внехромосомных факторов наследственности имеет огромное значение для диагностики, профилактики и лечения инфекционных заболеваний. Современные методы молекулярной биологии позволяют исследовать механизмы передачи генетической информации между бактериями и разрабатывать новые подходы к борьбе с инфекциями.*

*В данной работе рассматриваются основные виды внехромосомных факторов бактериальной наследственности, их строение, механизмы действия и значение в медицине.*

***Ключевые слова:** бактерии, наследственность, плазмиды, транспозоны, IS-факторы, бактериофаги, антибиотикорезистентность, генетика, мутации, медицина, микробиология, вирулентность, ДНК, горизонтальный перенос генов, инфекционные заболевания.*

## **Введение**

Бактерии являются одними из наиболее древних и распространённых живых организмов на Земле. Они обладают высокой способностью к адаптации и могут существовать в самых разнообразных условиях окружающей среды. Одной из причин такой высокой приспособляемости является наличие у бактерий особых механизмов передачи наследственной информации. Помимо основной хромосомы, в бактериальной клетке существуют дополнительные генетические элементы, которые называются внехромосомными факторами наследственности.

Внехромосомные элементы представляют собой молекулы ДНК, способные существовать независимо от бактериальной хромосомы или временно интегрироваться в неё. Эти элементы играют важную роль в изменчивости бактерий, обеспечивая передачу генетической информации между клетками. Благодаря этому бактерии могут быстро приобретать новые свойства, такие как устойчивость к антибиотикам, способность синтезировать токсины или адаптироваться к неблагоприятным условиям среды.

Особое значение внехромосомные факторы имеют в медицинской микробиологии.

В последние десятилетия проблема устойчивости бактерий к антибиотикам стала одной из наиболее серьёзных угроз для здравоохранения во всём мире. Многие патогенные микроорганизмы приобретают устойчивость именно благодаря плазидам и транспозонам, содержащим соответствующие гены. Это значительно осложняет лечение инфекционных заболеваний и приводит к увеличению числа тяжёлых осложнений и смертности среди пациентов. Кроме того, некоторые бактериофаги способны переносить гены токсинов и других факторов патогенности, что делает бактерии более вирулентными. Например, токсигенные штаммы *Corynebacterium diphtheriae* и *Vibrio cholerae* приобретают способность вырабатывать опасные токсины именно благодаря умеренным фагам. Таким образом, внехромосомные элементы оказывают непосредственное влияние на патогенность микроорганизмов. Развитие молекулярной биологии и генетики позволило более подробно изучить строение и функции данных элементов. Учёные установили механизмы горизонтального переноса генов между бактериями, а также роль мобильных генетических элементов в эволюции микроорганизмов. Полученные знания активно используются в медицине, биотехнологии и фармацевтической промышленности.

Изучение внехромосомных факторов наследственности важно не только для понимания процессов изменчивости бактерий, но и для разработки новых методов диагностики и лечения инфекционных заболеваний. Современные исследования направлены на создание препаратов, способных блокировать передачу генов устойчивости, а также на использование бактериофагов в качестве альтернативы антибиотикам.

Таким образом, внехромосомные факторы бактериальной наследственности представляют собой важнейший объект изучения современной микробиологии и медицины. Их исследование позволяет понять механизмы адаптации бактерий, причины распространения антибиотикорезистентности и пути повышения эффективности антимикробной терапии.

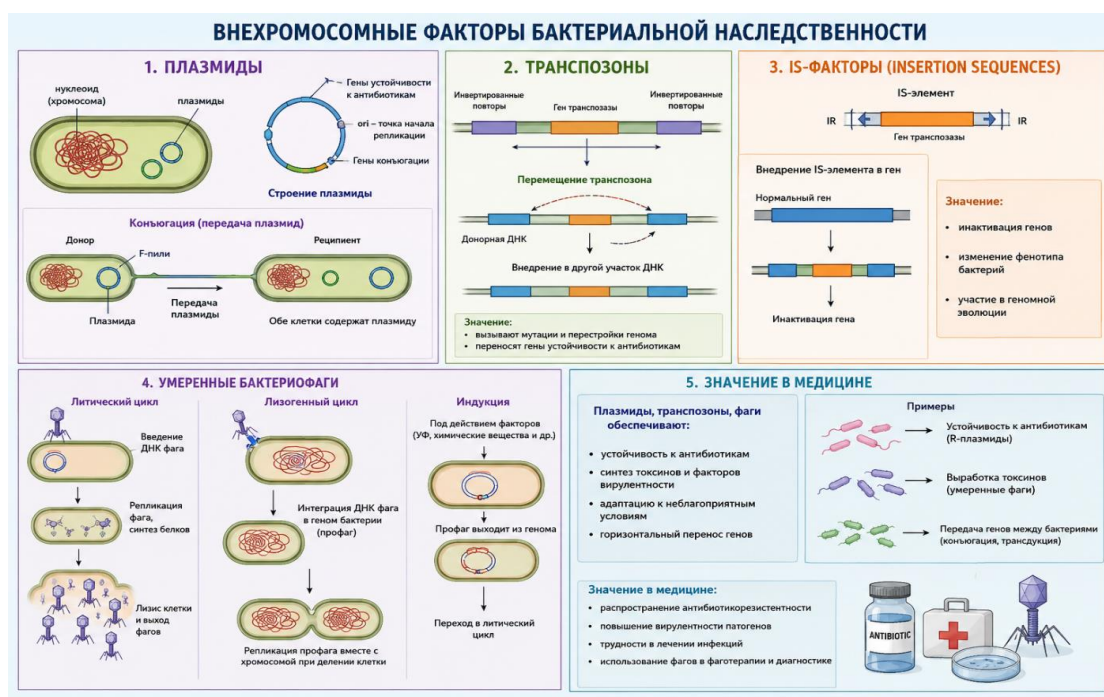
## **Основная часть**

### **Плазмиды и их значение в бактериальной наследственности**

Плазмиды представляют собой небольшие двуцепочечные молекулы ДНК, которые располагаются вне основной бактериальной хромосомы и способны самостоятельно реплицироваться внутри клетки. Они являются важнейшими внехромосомными элементами наследственности бактерий и играют огромную роль в их изменчивости, адаптации и эволюции. Размер плазмид может варьироваться от нескольких тысяч до сотен тысяч пар нуклеотидов. В одной бактериальной клетке может находиться как одна, так и несколько различных плазмид одновременно. Основной особенностью плазмид является их автономность. Они имеют собственную точку начала репликации и могут копироваться независимо от хромосомы бактерии. Благодаря этому плазмиды легко передаются дочерним клеткам при делении бактерий. Кроме вертикальной передачи, плазмиды способны распространяться горизонтальным путём — от одной бактерии к другой. Этот процесс имеет большое значение в распространении устойчивости к антибиотикам среди микроорганизмов. Наиболее известными являются R-плазмиды, или плазмиды резистентности. Они содержат гены, обеспечивающие устойчивость бактерий к различным антибиотикам. Такие плазмиды впервые были обнаружены у кишечных бактерий, а затем выявлены у многих других патогенных микроорганизмов. Наличие R-плазмид позволяет бактериям выживать даже при воздействии высоких концентраций антимикробных препаратов. Это создаёт серьёзные трудности в лечении инфекционных заболеваний.

Распространение плазмид происходит различными способами. Наиболее важным механизмом является конъюгация — процесс передачи генетического материала при непосредственном контакте между бактериальными клетками. Во время конъюгации бактерия-донор образует специальную структуру — половой пилий, через который плаزمида переходит в клетку-реципиент. После передачи обе бактерии могут содержать одинаковую плазмиду и становиться устойчивыми к антибиотикам.

Помимо R-плазмид существуют и другие типы плазмид.



F-плазмиды обеспечивают способность бактерий к конъюгации. Col-плазмиды содержат гены синтеза бактериоцинов — веществ, способных уничтожить другие бактерии.

Некоторые плазмиды несут гены вирулентности, повышающие патогенные свойства микроорганизмов. Например, у бактерий рода *Shigella* плазмиды определяют способность проникать в клетки кишечного эпителия и вызывать тяжёлые формы дизентерии.

Плазмиды имеют большое значение не только в медицине, но и в биотехнологии. В современной генной инженерии они используются как векторы для переноса генетического материала. С помощью плазмид учёные могут вводить в клетки необходимые гены, получать белки, гормоны и вакцины. Например, инсулин для лечения сахарного диабета производится с использованием генно-инженерных бактерий, содержащих специальные плазмиды.

### **Транспозоны и IS-факторы**

Транспозоны являются мобильными генетическими элементами, способными перемещаться внутри генома бактерии. Их часто называют «прыгающими генами». Они могут находиться как в составе бактериальной хромосомы, так и внутри плазмид. Основной особенностью транспозонов является способность изменять своё положение в ДНК, что приводит к различным мутациям и генетическим перестройкам.

Строение транспозонов достаточно сложное. Обычно они содержат гены, кодирующие фермент транспозазу, необходимый для перемещения элемента, а также дополнительные гены, например гены устойчивости к антибиотикам. На концах транспозонов располагаются инвертированные повторяющиеся последовательности нуклеотидов, которые участвуют в процессе перемещения.

Перемещение транспозонов может происходить двумя основными способами.

Первый механизм называется консервативной транспозицией, при которой элемент вырезается из одного участка ДНК и переносится в другой. Второй механизм — репликативная транспозиция, когда копия транспозона внедряется в новое место, а исходный элемент остаётся на прежнем участке. Оба механизма способствуют изменчивости бактерий и повышают скорость их эволюции.

Особое значение транспозоны имеют в распространении антибиотикорезистентности. Многие транспозоны содержат сразу несколько генов устойчивости к различным антибиотикам. При перемещении между плазмидами и хромосомой они способствуют быстрому распространению множественной лекарственной устойчивости среди бактерий. Именно поэтому в клинической практике всё чаще встречаются микроорганизмы, устойчивые одновременно к нескольким группам антибиотиков.

IS-факторы, или insertion sequences, являются наиболее простыми мобильными генетическими элементами. Они состоят только из генов, необходимых для перемещения, и не содержат дополнительных генов устойчивости или вирулентности. Несмотря на простое строение, IS-элементы играют важную роль в генетической изменчивости бактерий.

При внедрении IS-факторов в определённые участки генома может происходить инактивация генов.

Это приводит к изменению свойств бактерии, появлению мутаций и нарушению синтеза различных белков. Иногда такие изменения могут быть полезны для микроорганизма и способствовать его адаптации к новым условиям среды.

Транспозоны и IS-факторы активно участвуют в процессах рекомбинации и эволюции бактерий. Они способны вызывать делеции, инверсии и другие структурные изменения ДНК. Благодаря мобильным элементам бактерии быстро приспосабливаются к воздействию антибиотиков, антисептиков и факторов иммунной защиты организма человека.

В современной медицине изучение транспозонов имеет большое практическое значение. Определение мобильных генетических элементов помогает прогнозировать распространение устойчивости к антибиотикам и разрабатывать новые методы борьбы с инфекциями. Учёные исследуют возможность создания препаратов, блокирующих активность транспозаз и препятствующих передаче генов резистентности между бактериями.

#### **Умеренные бактериофаги и их роль в наследственности бактерий**

Бактериофаги представляют собой вирусы, способные поражать бактериальные клетки. Они широко распространены в природе и играют важную роль в регуляции численности бактерий, а также в процессах передачи генетической информации. Среди бактериофагов особое значение имеют умеренные фаги, которые способны существовать в клетке бактерии длительное время, не вызывая её немедленного разрушения.

После проникновения в бактериальную клетку умеренный фаг может развиваться двумя путями. Первый путь называется литическим циклом. В этом случае происходит активное размножение вируса, синтез его компонентов и разрушение бактерии с выходом новых фаговых частиц. Второй путь — лизогенный цикл. При этом генетический материал фага встраивается в хромосому бактерии и превращается в профаг. В таком состоянии фаг может сохраняться в клетке длительное время и передаваться дочерним клеткам при делении бактерии.

Профаг оказывает значительное влияние на свойства микроорганизма. Иногда присутствие фаговой ДНК приводит к изменению морфологических, биохимических и патогенных свойств бактерий. Этот процесс называется фаговой конверсией. Благодаря фаговой конверсии некоторые непатогенные бактерии приобретают способность вызывать тяжёлые заболевания у человека.

Классическим примером является *Corynebacterium diphtheriae* — возбудитель дифтерии. Только те штаммы бактерий, которые содержат определённый профаг, способны вырабатывать дифтерийный токсин. Аналогичная ситуация наблюдается у *Vibrio cholerae*, где токсигенные свойства также связаны с присутствием умеренного фага. Таким образом, бактериофаги непосредственно участвуют в формировании вирулентности микроорганизмов.

Умеренные фаги способны переносить гены между бактериями. Этот процесс называется трансдукцией. Различают общую и специфическую трансдукцию. При общей трансдукции фаг случайно захватывает фрагменты бактериальной ДНК и переносит их в другую клетку.

При специфической трансдукции передаются только определённые участки генома, расположенные рядом с профагом. Трансдукция играет важную роль в горизонтальном переносе генов и способствует генетическому разнообразию бактерий.

В медицинской практике бактериофаги имеют большое значение. С одной стороны, они могут повышать патогенность микроорганизмов, а с другой — использоваться для лечения инфекционных заболеваний. В последние годы интерес к фаготерапии значительно возрос в связи с распространением антибиотикорезистентных бактерий. Бактериофаги способны избирательно уничтожать патогенные микроорганизмы, не повреждая нормальную микрофлору организма человека.

Фаготерапия активно изучается во многих странах мира. Учёные разрабатывают препараты на основе бактериофагов для лечения кишечных инфекций, гнойно-воспалительных заболеваний и инфекций дыхательных путей. Преимуществом бактериофагов является высокая специфичность действия и минимальное количество побочных эффектов.

Кроме медицины, бактериофаги широко применяются в молекулярной биологии и генной инженерии. Они используются в качестве векторов для переноса генетического материала, а также при создании рекомбинантных вакцин и диагностических систем.

#### **Значение внехромосомных факторов наследственности в медицине**

Внехромосомные факторы наследственности играют огромную роль в современной медицине. Их изучение позволяет понять механизмы возникновения и распространения инфекционных заболеваний, а также причины появления устойчивости микроорганизмов к лекарственным препаратам.

Одной из наиболее серьёзных проблем здравоохранения является антибиотикорезистентность. Многие бактерии приобретают устойчивость благодаря плазмидам, транспозонам и другим мобильным генетическим элементам. Особенно опасно распространение множественной лекарственной устойчивости, при которой бактерии становятся невосприимчивыми сразу к нескольким антибиотикам. Это значительно осложняет лечение пациентов и повышает риск летального исхода.

Наиболее часто устойчивость развивается у таких микроорганизмов, как *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Mycobacterium tuberculosis*. Передача генов резистентности между бактериями происходит очень быстро, особенно в условиях стационаров, где широко используются антибактериальные препараты.

Внехромосомные элементы также участвуют в распространении факторов вирулентности. Некоторые плазмиды и бактериофаги содержат гены токсинов, ферментов агрессии и других патогенных факторов. Благодаря этому бактерии становятся более опасными и способны вызывать тяжёлые формы заболеваний.

Современные методы молекулярной диагностики позволяют выявлять плазмиды, транспозоны и профаги у патогенных микроорганизмов. Это помогает врачам правильно подбирать лечение и прогнозировать течение инфекции. Использование полимеразной цепной реакции и методов секвенирования ДНК значительно повысило эффективность диагностики инфекционных заболеваний.

В биотехнологии внехромосомные элементы применяются для создания лекарственных препаратов, вакцин и диагностических тестов. Плазмиды используются как переносчики генов при получении белков, гормонов и ферментов. С помощью методов генной инженерии были созданы рекомбинантные вакцины против гепатита В и других инфекций.

Большое внимание уделяется разработке новых методов борьбы с антибиотикорезистентностью. Учёные исследуют препараты, способные подавлять передачу плазмид между бактериями или блокировать активность мобильных генетических элементов. Перспективным направлением считается использование бактериофагов и фаговых ферментов для уничтожения устойчивых микроорганизмов.

### **Заключение**

Внехромосомные факторы бактериальной наследственности являются важнейшими элементами генетической системы микроорганизмов. К ним относятся плазмиды, транспозоны, IS-факторы и умеренные бактериофаги. Эти структуры обеспечивают передачу генетической информации, способствуют изменчивости бактерий и играют ключевую роль в их адаптации к окружающей среде. Плазмиды обеспечивают бактериям устойчивость к антибиотикам, способность синтезировать токсины и другие факторы патогенности. Транспозоны и IS-элементы вызывают перестройки генетического материала и способствуют распространению генов резистентности. Умеренные бактериофаги участвуют в процессах трансдукции и фаговой конверсии, изменяя свойства бактерий и повышая их вирулентность. В медицине данные генетические элементы имеют огромное значение, так как именно они являются одной из основных причин появления антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов. Изучение внехромосомных факторов наследственности позволяет разрабатывать новые методы диагностики, профилактики и лечения инфекционных заболеваний. Современные достижения молекулярной биологии и генетики открывают широкие возможности для использования плазмид и бактериофагов в биотехнологии, фармацевтике и генной инженерии. Несмотря на серьёзную опасность распространения устойчивости к антибиотикам, дальнейшие исследования в этой области помогут создать эффективные способы борьбы с инфекциями и улучшить качество медицинской помощи.

### **Использованная литература**

1. Зверев В.В. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология.
2. Покровский В.И. Медицинская микробиология.
3. Воробьев А.А. Основы микробиологии и иммунологии.
4. Нетрусов А.И. Общая микробиология.
5. Prescott L. Microbiology.
6. Madigan M. Brock Biology of Microorganisms.
7. Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology.
8. Тухтаев Б.Э. Медицинская биология и генетика.
9. Zufarov O. Mikrobiologiya asoslari.
10. Murray P. Medical Microbiology.