

Аурика Луковкина

**Полный курс за 3 дня.  
Микробиология**



# Аурика Луковкина

## Полный курс за 3 дня. Микробиология

*Текст предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=8953906](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=8953906)*

*Полный курс за 3 дня. Микробиология: Научная книга; 2009*

### **Аннотация**

Данный учебник предназначен для студентов медицинских ВУЗов, учащихся медицинских колледжей, а также абитуриентов. В нем содержатся сведения об ультраструктуре и физиологии бактерий, рассматриваются вопросы иммунологии и вирусологии, подробно описаны строение и морфология возбудителей различных инфекций, уделено внимание основам медицинской биотехнологии и генной инженерии.

# Содержание

Тема 1. Введение в микробиологию	4
1. Предмет и задачи микробиологии	4
2. Систематика и номенклатура микроорганизмов	11
3. Питательные среды и методы выделения чистых культур	17
Тема 2. Морфология и ультраструктура бактерий	22
1. Особенности строения бактериальной клетки. Основные органеллы и их функции	22
2. Строение клеточной стенки и цитоплазматической мембраны	27
3. Дополнительные органеллы бактерий	32
Тема 3. Физиология бактерий	38
1. Рост и размножение бактерий	38
2. Питание бактерий	42
3. Метаболизм бактериальной клетки	45
4. Виды пластического обмена	50
Тема 4. Генетика микроорганизмов.	54
Бактериофаги	
1. Организация наследственного материала бактерий	54
Конец ознакомительного фрагмента.	56

# Полный курс за 3 дня

## Микробиология

### Тема 1. Введение в микробиологию

#### 1. Предмет и задачи микробиологии

**Микроорганизмы** – наиболее древняя и самая распространенная форма организации жизни на Земле, что свидетельствует об их значительной роли в природе и жизни человека. Ученые подсчитали, что в биосфере обитает не менее  $10^{30}$  бактерий, а число вирусов и простейших вообще не поддается учету. Эти мельчайшие существа могут быть как растительного, так и животного происхождения. К ним относят бактерии, вирусы, грибы, простейшие и микроводоросли. Общей характерной особенностью этих микроорганизмов является их микроскопический размер. Но все они имеют особенное происхождение, определенное строение и формы жизнедеятельности, при этом они всегда находятся в биоценоотическом (от греч. *bios* – «жизнь» и *coinos* – «общий») отношении с другими живыми существами и неживой природой. При этом они состоят из структур, которые обеспечивают их жизненные процессы, направленные на выжи-

вание и размножение.

Микроорганизмы обуславливают круговорот веществ и энергии в природе, осуществляют расщепление органических веществ и синтез белка, обеспечивают плодородие почв и поддерживают газовый состав атмосферы и других природных процессов. Большое значение микроорганизмы играют в производственных процессах, связанных с получением необходимых для человека продуктов и материалов (например, хлебопечении, производстве органических кислот, ферментов, пищевых белков, гормонов, антибиотиков и других лекарственных веществ), а также в виноделии. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что микроорганизмы играют важную роль в природе и жизни человека.

Изучение свойств «маленьких зверьков», как назвал микроорганизмы А. Левенгук, позволило выделить среди них безвредные и даже полезные для организма человека и оказывающие неблагоприятное влияние на человеческий организм. Первые – непатогенные, или сапрофиты, питаются органическими веществами от умерших организмов. Они населяют кожу и слизистые оболочки, желудочно-кишечный и уrogenитальный тракты, таким образом составляя экологическое единство с организмом человека и поддерживая постоянство некоторых процессов его жизнедеятельности. Вторые – патогенные – живут и питаются за счет органических субстратов, вызывают у человека различные заболевания и патологические процессы. При снижении сопротивля-

емости организма сапрофиты могут вызывать болезни и в этом случае ведут себя как патогенные микроорганизмы, и их называют условно-патогенными.

Микроорганизмы изучает наука микробиология.

**Микробиология** – наука, предметом изучения которой являются микроскопические существа, невидимые вооруженным взглядом и называемые микроорганизмами, их биологические признаки, систематика, экология, взаимоотношения с другими организмами.

Как самостоятельная наука микробиология сформировалась только во второй половине XIX в., и этому поспособствовал ряд гениальных открытий великого французского ученого Луи Пастера (роль микробов в круговороте веществ в природе, в процессах гниения и брожения и т. д.), хотя микроорганизмы были открыты уже в конце XVII в. Наличие в природе невидимых существ предполагали уже очень давно. Так, еще в VI в. до н. э. Гиппократ высказывал предположение о том, что причиной любой заразной болезни является невидимый человеческому глазу организм. Но в то время свое предположение он не мог доказать по естественным причинам. Зато это смог подтвердить А. Левенгук, который, смастерив первый в мире простейший микроскоп, обнаружил мельчайшие организмы в дождевой воде, зубном налете и других материалах и описал их.

С того времени микробиология шагнула далеко вперед, так как для изучения микроорганизмов перед ней откры-

лись широкие возможности использования методов и технологий других наук, например физики и биологии, биоорганической химии, генетики, цитологии, иммунологии и молекулярной биологии. При этом перед микробиологией увеличилось и количество задач, которые не могут быть решены в пределах одной научной дисциплины и специалистами одного профиля. В связи с этим произошла дифференциация микробиологии на самостоятельные научные дисциплины. Теперь микробиология подразделяется на общую и частную. При этом общая микробиология изучает закономерности строения и жизнедеятельности микроорганизмов на молекулярном, клеточном и популяционном уровнях; генетику и взаимоотношения их с окружающей средой. Частная микробиология изучает отдельных представителей микромира в зависимости от их проявлений и влияний на окружающую среду. Частными разделами микробиологии являются медицинская, ветеринарная, сельскохозяйственная, техническая (раздел биотехнологии), морская и космическая микробиология.

Медицинская микробиология занимается изучением патогенных для человека микроорганизмов и в зависимости от их природы делится на бактериологию, вирусологию, микологию и протозоологию. При этом каждая дисциплина проводит микроскопические и другие виды исследований, а также изучает физиологические и генетические особенности патогенных микроорганизмов; роль микроорганизмов

в этиологии и патогенезе инфекционных болезней; основные клинические проявления и распространенность вызываемых ими заболеваний; специфическую диагностику, профилактику и лечение заболеваний, вызванных патогенными микроорганизмами; экологию патогенных микроорганизмов.

Медицинская микробиология подразделяется на санитарную, клиническую и фармацевтическую микробиологию.

Предметом изучения санитарной микробиологии являются санитарно-микробиологическое состояние объектов окружающей среды и пищевых продуктов, разработка санитарных нормативов.

Предметами изучения клинической микробиологии являются определение роли условно-патогенных микроорганизмов в возникновении заболеваний человека, а также диагностика и способы профилактики этих болезней.

Предметом изучения фармацевтической микробиологии являются инфекционные болезни лекарственных растений и их порча под действием микроорганизмов; обсеменение лекарственных средств в процессе их изготовления и уже готовых лекарственных форм; методы асептики, антисептики, дезинфекции при производстве лекарственных средств; технология получения микробиологических и иммунологических диагностических, профилактических и лечебных препаратов.

Ветеринарная микробиология изучает возбудителей забо-

леваний животных, разрабатывает методы их биологической диагностики, специфической профилактики и этиотропного лечения, направленного на уничтожение микробов-возбудителей в организме больного животного.

Сельскохозяйственная микробиология занимается изучением микроорганизмов, которые участвуют в круговороте веществ, используются для приготовления удобрений, вызывают заболевания растений и др.

Основной задачей технической микробиологии является разработка биотехнологии синтеза микроорганизмами биологически активных веществ: белков, ферментов, витаминов, спиртов, органических веществ, антибиотиков и др.

Морская микробиология изучает микрофлору морей и водоемов.

Космическая микробиология изучает микрофлору космического пространства и других планет; влияние космических условий на свойства микроорганизмов и микрофлору организма человека. Эта дисциплина также разрабатывает методы предупреждения заноса микробов с поверхности Земли в космос и ряд других проблем.

Многочисленные открытия в микробиологии, изучение свойств и взаимоотношений между макро- и микроорганизмами способствовали развитию иммунологии. Эта наука доказала, что иммунная система организма служит для его защиты не только от микробных агентов, но и от любых генетически чужеродных ему веществ с целью сохранения посто-

яинства внутренней среды в нем. Поэтому на основе достижений в иммунологии стали разрабатываться лабораторные методы диагностики, профилактики и лечения инфекционных и неинфекционных заболеваний, а также иммунологические препараты, к которым относятся вакцины, иммуноглобулины, аллергены, диагностические препараты и др.

Таким образом, современная микробиология играет важную роль в диагностике, профилактике и лечении инфекционных и неинфекционных болезней.

## 2. Систематика и номенклатура микроорганизмов

В процессе изучения микроорганизмы были систематизированы по сходству и различиям, а также по взаимоотношениям между собой. Наука, изучающая принципы классификации, называется таксономией, что в переводе с греческого означает «расположение, порядок». Таксоном называют группу организмов, объединенных по определенным однородным свойствам в рамках той или иной таксономической категории. Такими категориями являются: царство – самая крупная таксономическая категория; далее следуют: подцарство, отдел, класс, порядок, семейство, род, вид, подвид и другие более мелкие категории.

Таксономия микроорганизмов основана на их морфологических, физиологических, биохимических и молекулярно-биологических свойствах.

Согласно современной систематике все микроорганизмы относятся к трем царствам: *Vira* – вирусы; *Eucaryotae* – простейшие и грибы; *Procaryotae* – преимущественно одноклеточные микроорганизмы.

Прокариоты отличаются от эукариотов тем, что не имеют морфологически оформленного ядра, сетчатого аппарата Гольджи, эндоплазматической сети, митохондрий, их рибосомы имеют константу седиментации 70S.

Для названия микроорганизмов в микробиологии была принята бинарная номенклатура, включающая родовое и видовое название. Название рода основывается на морфологическом признаке соответствующего микроорганизма или является производной от фамилии открывшего или изучившего данный микроорганизм. Видовое название связано с наименованием основного вызываемого этим микроорганизмом заболевания или основным местом обитания. При этом если видовую принадлежность микроорганизма установить не удастся (чаще при идентификации микроорганизмов с нетрадиционными условиями существования и пищевыми потребностями), но определена принадлежность к роду, то употребляется термин «species».

Царство прокариотов состоит из двух отделов: цианобактерии (*Cyanobacteria*) – непатогенные микроорганизмы, обитающие во внешней среде (их медицинская микробиология не изучает); бактерии (*Bacteria*) – различные микробы, обитающие во внешней среде, а также в организме человека и животных, при этом медицинская микробиология изучает среди них патогенные микробы.

В свою очередь отделы подразделяются на порядки: собственно бактерии; актиномицеты; спирохеты; риккетсии; хламидии; микоплазмы.

Поскольку бактерии, являясь преимущественно одноклеточными микроорганизмами, способны образовывать ассоциации, или группы, сходных клеток, характеризующиеся

клеточными, но не организменными свойствами, то порядки подразделяют на группы. Всего их 19, причем первые четыре из них являются непатогенными для организма человека:

- 1) фототрофные бактерии;
- 2) скользящие бактерии;
- 3) бактерии, образующие слизистую оболочку;
- 4) почкующиеся и (или) стебельковые бактерии;
- 5) спирохеты;
- 6) спиралевидные и изогнутые бактерии;
- 7) грамотрицательные аэробные палочки и кокки;
- 8) грамотрицательные факультативно-анаэробные палочки;
- 9) грамотрицательные анаэробные бактерии;
- 10) грамотрицательные кокки и коккобациллы;
- 11) грамотрицательные анаэробные кокки;
- 12) грамотрицательные хемолитотрофные бактерии;
- 13) метанобразующие бактерии;
- 14) грамположительные кокки;
- 15) палочки и кокки, образующие эндоспоры;
- 16) грамположительные аспорогенные палочковидные бактерии;
- 17) актиномицеты и родственные организмы;
- 18) риккетсии;
- 19) микоплазмы.

Чтобы отнести выделенный штамм бактерий к какой-либо группе, следует определить морфологию микробных клеток;

отношение к окраске по Грамму; тип биологического окисления; способность к спорообразованию.

На основании изучения биохимических свойств бактерий происходит дальнейшая дифференциация групп на семейства, роды и виды.

Основной таксономической единицей систематики бактерий является вид.

**Вид** – это эволюционно сложившаяся совокупность особей, имеющая единый генотип, который в стандартных условиях проявляется сходными морфологическими, физиологическими, биохимическими и другими признаками.

Таким образом, для видовой идентификации бактерий необходимо знать следующие их свойства:

- 1) морфологические (форму и структуру бактериальной клетки);
- 2) тинкториальные (способность окрашиваться различными красителями);
- 3) культуральные (характер роста на питательной среде);
- 4) биохимические (способность утилизировать различные субстраты);
- 5) антигенные.

Вид не является конечной единицей систематики. Внутри вида выделяют варианты микроорганизмов, отличающиеся отдельными признаками. Так, выделенная из определенного источника и имеющая отличные от других представителей данного вида признаки чистая культура микроорганиз-

мов называется штаммом. Это понятие является более узким, чем вид или подви́д, а близким к нему является понятие клона, который представляет собой совокупность потомков, выращенных из единственной микробной клетки.

В зависимости от характера наследственных свойств среди микроорганизмов различают:

- 1) серовары (по антигенной структуре);
- 2) хемовары (по чувствительности к химическим веществам);
- 3) фаговары (по чувствительности к фагам);
- 4) ферментовары;
- 5) бактериоциновары;
- 6) бактериоциногеновары.

**Бактериоцины** – вещества, продуцируемые бактериями и губительно действующие на другие бактерии. По типу продуцируемого бактериоцина различают бактериоциновары, а по чувствительности – бактериоциногеновары.

В настоящее время для систематики микроорганизмов используется ряд таксономических систем.

1. *Нумерическая таксономия*. Признает равноценность всех признаков. Для ее применения необходимо иметь информацию о многих десятках признаков. Видовая принадлежность устанавливается по числу совпадающих признаков.

2. *Серотаксономия*. Изучает антигены бактерий с помощью реакций с иммунными сыворотками. Наиболее часто

применяется в медицинской бактериологии. Недостаток – бактерии не всегда содержат видоспецифический антиген.

3. *Хемотаксономия*. Применяются физико-химические методы, с помощью которых исследуется липидный, аминокислотный состав микробной клетки и ее определенных компонентов.

4. *Генная систематика*. Основана на способности бактерий с гомологичными ДНК к трансформации, трансдукции и конъюгации, на анализе внехромосомных факторов наследственности – плазмид, транспозонов, фагов.

Совокупность основных биологических свойств бактерий можно определить только у чистой культуры – это бактерии одного вида, выращенные на питательной среде.

### 3. Питательные среды и методы выделения чистых культур

Для культивирования бактерий используют питательные среды, к которым предъявляется ряд требований.

1. *Питательность*. Среда должна быть легкоусвояемой и обязательно содержать углерод, азот, кислород и водород в виде минеральных или органических соединений, неорганические соединения различных солей и факторы роста.

2. *Изотоничность*. Для поддержания осмотического давления среда должна содержать определенную концентрацию хлорида натрия.

3. *Оптимальный рН (кислотность) среды*. Кислотность среды обеспечивает функционирование ферментов бактерий; для большинства бактерий составляет 7,2–7,6.

4. *Оптимальный электронный потенциал*, свидетельствующий о содержании в среде растворенного кислорода. Он должен быть высоким для аэробов и низким для анаэробов.

5. *Прозрачность* (чтобы был виден рост бактерий, особенно для жидких сред).

6. *Стерильность* (чтобы не было других бактерий).

Поскольку бактерии обладают различными свойствами, то для их выращивания и изучения требуется достаточно

большое количество питательных сред, которые бы имели различное происхождение, состав, консистенцию и назначение. Поэтому была введена классификация питательных сред.

## **Классификация питательных сред**

### **I. По происхождению:**

- 1) естественные (молоко, желатин, картофель и др.);
- 2) искусственные – среды, приготовленные из специально подготовленных природных компонентов (пептона, аминокислоты, дрожжевого экстракта и т. п.);
- 3) синтетические – среды известного состава, приготовленные из химически чистых неорганических и органических соединений (солей, аминокислот, углеводов и т. д.).

### **II. По составу:**

- 1) простые – мясопептонный агар, мясопептонный бульон, агар и бульон Хоттингера и др.;
- 2) сложные – это простые с добавлением дополнительного питательного компонента (кровяного, шоколадного агара): сахарный бульон, желчный бульон, сывороточные агар и бульон, желточно-солевой агар, среда Китта-Тароцци, среда Вильсона-Блера и др.

### **III. По консистенции:**

- 1) твердые (содержат 3–5 % агар-агара);
- 2) полужидкие (0,15–0,7 % агар-агара);

3) жидкие (не содержат агар-агара).

#### **IV. По назначению:**

1) общего назначения – универсальные – предназначены для культивирования большинства бактерий, так как содержат питательные вещества, в присутствии которых растут многие виды патогенных и непатогенных бактерий (мясопептонный агар, мясопептонный бульон, кровяной агар). Тем не менее из-за большого разнообразия бактерий и их питательных потребностей создать такую универсальную питательную среду, чтобы она была пригодна для культивирования любых бактерий, практически невозможно;

2) специального назначения применяются для выращивания бактерий, не способных размножаться на универсальных средах:

а) элективные – среды, на которых растут бактерии только одного вида (рода), а род других подавляется. Например, в щелочной пептонной воде и щелочном мясопептонном бульоне интенсивнее по сравнению с другими сопутствующими бактериями растет холерный вибрион. Показателен и пример избирательности питательных сред, содержащих определенные концентрации антибиотиков: на них развиваются только штаммы, обладающие устойчивостью к ним, антибиотикочувствительные культуры в этих средах погибают;

б) дифференциально-диагностические – среды, на которых рост одних видов бактерий отличается от

роста других видов по тем или иным свойствам, чаще биохимическим (среды Эндо, Левина, Плоскирева и др.). Кроме того, к дифференциально-диагностическим средам относят и специальные среды, позволяющие определить способность бактерий утилизировать тот или иной субстрат (среды Гиса с углеводами и мясопептонный желатин служат для определения протеолитической активности микроорганизмов; среда Симмонса – для определения способности бактерий разлагать цитрат; среда Хью-Лейфсона используется для дифференцирования аэробных бактерий от факультативно-анаэробных и др.);

в) среды обогащения – среды, в которых происходит размножение и накопление бактерий-возбудителей какого-либо рода или вида, т. е. обогащение ими исследуемого материала (селенитовый бульон).

Для получения чистой культуры необходимо владеть методами выделения чистых культур.

## **Методы выделения чистых культур**

Выделяют следующие методы.

1. Механическое разобщение на поверхности плотной питательной среды (метод штриха обжигом петли, метод разведений в агаре, распределение по поверхности твердой питательной среды шпателем, метод Дригальского).
2. Использование элективных питательных сред.

3. Создание условий, благоприятных для развития одного вида (рода) бактерий (среды обогащения).

Чистую культуру получают в виде колоний – это видимое невооруженным глазом, изолированное скопление бактерий на твердой питательной среде, представляющее собой, как правило, потомство одной клетки. Разные виды бактерий образуют колонии, которые одна от другой отличаются по форме, величине, прозрачности, характеру поверхности, высоте, цвету, консистенции.

# **Тема 2. Морфология и ультраструктура бактерий**

## **1. Особенности строения бактериальной клетки. Основные органеллы и их функции**

### **Отличия бактерий от других клеток**

Выделяют следующие отличия:

- 1) бактерии относятся к прокариотам, т. е. не имеют обособленного ядра;
- 2) в клеточной стенке бактерий содержится особый пептидогликан – муреин;
- 3) в бактериальной клетке отсутствуют аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, митохондрии;
- 4) роль митохондрий выполняют мезосомы – инвагинации цитоплазматической мембраны;
- 5) в бактериальной клетке много рибосом;
- 6) у бактерий могут быть специальные органеллы движения – жгутики;

7) размеры бактерий колеблются от 0,3–0,5 до 5–10 мкм. По форме клеток бактерии подразделяются на:

1) шаровидные (кокковые) формы. Кокки имеют правильную сферическую форму или форму неправильного шара в виде почки или напоминают пламя свечи. В среднем кокки в диаметре составляют 0,5–1,5 мкм. В зависимости от взаиморасположения клеток относительно друг друга кокки делятся на микрококки с отдельным изолированным расположением; диплококки – сцепленные попарно; тетракокки – сцепленные по четыре; стрептококки – сцепленные в цепочку; сарцины – сцепленные по 8, 12, 16 и т. д.; стафилококки – сцепленные беспорядочно, внешним видом напоминая виноградную гроздь;

2) палочковидные (или цилиндрические) формы бактерий. Длина палочки составляет 1–8 мкм, а размер в поперечнике – 0,5–2 мкм. Бактерии различаются по форме и бывают правильной и неправильной, изогнутой, цилиндрической формы; по размерам – мелкие, средние и крупные, причем длина может значительно превышать диаметр поперечника; по форме концов – обрубленные, закругленные, заостренные, утолщенные. Так же как и шаровидные бактерии, палочковидные делятся и по характеру взаиморасположения и бывают расположенными поодиночке, диплобактерии и диплобациллы, сцепленные попарно, а также стрептобактерии и стрептобациллы, сцепленные в цепочку;

3) извитые формы бактерий различаются по характеру и

количеству завитков. Среди них различают вибрионы в виде изогнутых палочек или неполных завитков; спираиллы с одним или несколькими завитками; спирохеты, которые делятся на лептоспиры – завитки с загнутыми крючкообразными концами (S-образная форма), боррелии – 4–12 неправильных завитков, трепонемы – 14–17 равномерных мелких завитков.

Стоит отметить, что размеры бактерий, так же как и их форма (хотя и реже), могут изменяться, и это происходит под влиянием окружающей среды, в том числе питательной среды, ее рН, температуры, лекарственного препарата и т. п., а также в зависимости от возраста культуры. При этом подобные изменения не наследуются и являются лишь модификациями.

Ультраструктура бактерий изучается с помощью электронно-микроскопических исследований, дифференциального ультрацентрифугирования и цитохимических методов.

В бактериальной клетке различают:

1) обязательные органеллы:

а) нуклеоид – ядерное вещество, распыленное в цитоплазме клетки. Не имеет ядерной мембраны, ядрышек. В нем локализуется ДНК, представленная двухцепочечной спиралью. Обычно замкнута в кольцо и прикреплена к цитоплазматической мембране. Содержит около 60 млн пар оснований. Это чистая ДНК, она не содержит белков гистонов. Их защитную функцию выполняют метилированные

азотистые основания. В нуклеоиде закодирована основная генетическая информация, т. е. геном клетки. Наряду с нуклеоидом в цитоплазме могут находиться автономные кольцевые молекулы ДНК с меньшей молекулярной массой – **плазмиды**. В них также закодирована наследственная информация, но она не является жизненно необходимой для бактериальной клетки;

б) цитоплазму, которая представляет собой сложную коллоидную систему, состоящую из воды (75 %), минеральных соединений, белков, РНК и ДНК, которые входят в состав оргanelл нуклеоида, рибосом, мезосом, включений;

в) рибосомы, которые представляют собой рибонуклеопротеиновые частицы размером 20 нм, состоящие из двух субъединиц – 30 S и 50 S. Рибосомы отвечают за синтез белка. Перед началом синтеза белка происходит объединение этих субъединиц в одну – 70 S. В отличие от клеток эукариотов рибосомы бактерий не объединены в эндоплазматическую сеть;

г) цитоплазматическую мембрану, которая представляет собой сложный липидобелковый комплекс, располагающийся непосредственно под клеточной стенкой и ограничивающий протопласт клетки. Этот комплекс состоит из липидов (15–30 %), белков (50–70 %), углеводов (2–5 %) и РНК. В цитоплазматической мембране локализируются пермеазы и ферменты окислительного фосфорилирования и регулируется транспорт метаболитов и ионов;

происходит выделение ферментов и токсинов; мембрана принимает участие в репликации ДНК нуклеотида и его делении; участвует в синтезе компонентов клеточной стенки, а у некоторых бактерий – и в спорообразовании.

Производными цитоплазматической мембраны клетки являются мезосомы, образующиеся путем ее инвагинации в цитоплазму. Они могут быть в виде концентрических мембран, пузырьков, трубочек, в форме петли. Мезосомы связаны с нуклеоидом и участвуют в делении клетки и спорообразовании;

д) клеточную стенку, которая представляет собой биогетерополимер – плотную структуру, окружающую протопласт клетки и придающую ей постоянную форму;

## 2) необязательные органеллы:

- а) споры;
- б) капсулы;
- в) ворсинки (реснички, фимбрии);
- г) жгутики.

Включения являются продуктами метаболизма микроорганизмов, которые располагаются в их цитоплазме и используются в качестве запасных питательных веществ. К ним относятся включения гликогена, крахмала, серы, полифосфата (волютина) и др.

## 2. Строение клеточной стенки и цитоплазматической мембраны

**Клеточная стенка** – прочное, упругое ригидное образование толщиной 150–200 ангстрем, окружающее протопласт клетки и являющееся одним из основных структурных элементов бактериальной клетки.

Выполняет следующие функции:

- 1) защитную, осуществление фагоцитоза;
- 2) регуляцию осмотического давления;
- 3) рецепторную;
- 4) принимает участие в процессах питания, деления клетки;
- 5) антигенную (определяется продукцией эндотоксина – основного соматического антигена бактерий);
- 6) стабилизирует форму и размер бактерий;
- 7) обеспечивает систему коммуникаций с внешней средой;
- 8) косвенно участвует в регуляции роста и деления клетки.

Клеточная стенка при обычных способах окраски не видна, но если клетку поместить в гипертонический раствор (при опыте плазмолиза), то она становится видимой.

Клеточная стенка вплотную примыкает к цитоплазматической мембране у грамположительных бактерий, у грамотри-

рицательных бактерий клеточная стенка отделена от цитоплазматической мембраны периплазматическим пространством.

Клеточная стенка имеет два слоя:

- 1) наружный – пластичный;
- 2) внутренний – ригидный, состоящий из муреина.

В зависимости от содержания муреина в клеточной стенке различают грамположительные и грамотрицательные бактерии (по отношению к окраске по Грамму).

У **грамположительных бактерий** муреиновый слой составляет 80 % от массы клеточной стенки. По Грамму они окрашиваются в синий цвет. У грамотрицательных бактерий муреиновый слой составляет 20 % от массы клеточной стенки, по Грамму они окрашиваются в красный цвет.

У грамположительных бактерий наружный слой клеточной стенки содержит липопротеиды, гликопротеиды, тейхоевые кислоты, у них отсутствует липополисахаридный слой. Клеточная стенка выглядит аморфной, она не структурирована. Поэтому при разрушении муреинового каркаса бактерии полностью теряют клеточную стенку (становятся протопластами), не способны к размножению.

У **грамотрицательных бактерий** наружный пластический слой четко выражен, содержит липопротеиды, липополисахаридный слой, состоящий из липида А (эндотоксина) и полисахарида (О-антигена). При разрушении грамотрицательных бактерий образуются сферопласты – бактерии с ча-

стично сохраненной клеточной стенкой, не способные к размножению.

В зависимости от строения клеточной стенки все бактерии делятся на 4 отдела:

1) грациликуты – бактерии с тонкой клеточной стенкой, грамотрицательные (различные извитые, палочковидные, кокковые формы бактерий, а также риккетсии и хламидии);

2) фирмикуты – бактерии с толстой клеточной стенкой, грамположительные (палочковидные, кокковые формы бактерий, а также коринебактерии и микобактерии, актиномицеты);

3) тенерикуты – бактерии без ригидной клеточной стенки (микоплазмы);

4) мендозикуты – археобактерии с дефектной клеточной стенкой и особенным строением рибосом, мембран и рибосомальных РНК.

К клеточной стенке прилегает цитоплазматическая мембрана толщиной 5–7,5 нм. Она обладает избирательной проницаемостью, принимает участие в транспорте питательных веществ, выведении экзотоксинов, энергетическом обмене клетки, является осмотическим барьером, участвует в регуляции роста и деления, репликации ДНК, является стабилизатором рибосом.

Цитоплазматическая мембрана имеет трехслойную структуру и состоит из двух слоев липидов (25–40 %) со встроен-

ными поверхностными и интегральными белками, пронизывающими структуру мембраны. В ее состав входят фосфолипиды, липопротеин, белки, небольшое количество углеводов и другие соединения. Стоит отметить, что липидный состав мембран непостоянен. Он может меняться в зависимости от условий культивирования и возраста культуры. Разные виды бактерий отличаются друг от друга по липидному составу своих мембран.

Цитоплазматическая мембрана по сути является разделительной перегородкой, через которую с помощью ферментов постоянно осуществляется активный транспорт различных веществ и ионов, являющихся жизненно необходимыми для клетки.

В клеточной мембране содержатся и высокочувствительные рецепторы, дающие возможность клетке идентифицировать сигналы, поступающие из окружающей среды, а также питательные вещества и различные антибактериальные соединения. Кроме того, на поверхности цитоплазматической мембраны находятся активные ферментные системы, которые принимают участие в синтезе белка, токсинов, ферментов, нуклеиновых кислот и других веществ, а также в окислительном фосфорилировании.

В случае избыточного роста относительно роста клеточной стенки цитоплазматическая мембрана образует инвагинаты, или выпячивания, представляющие собой либо сложно закрученные структуры – мезосомы, либо менее сложно

закрученные структуры – внутрицитоплазматические мембраны. Хотя роль тех и других в жизнедеятельности клетки до конца не изучена, достоверно известно, что они играют немаловажную роль в образовании клеточных стенок и делении клетки, так как обеспечивают энергией синтез клеточной стенки, а также участвуют в секреции веществ и в спорообразовании, на которые затрачивается большое количество энергии.

### 3. Дополнительные органеллы бактерий

Дополнительными органеллами бактерий являются жгутики, ворсинки, капсулы и споры.

**Жгутики** – органеллы движения. Есть у подвижных грамположительных и грамотрицательных бактерий. Это особые белковые выросты, напоминающие собой тонкие спирально закрученные нити, исходящие от цитоплазматической мембраны и прикрепленные к клеточной стенке с помощью базального тела, которое состоит из целой системы дисков, соединяющих цитоплазматическую мембрану и клеточную стенку. Жгутики располагаются на поверхности бактериальной клетки. Длина жгутиков составляет 3–12 мкм, а толщина – 12–20 нм. Количество и расположение жгутиков у разных бактерий неодинаковы. Например, монотрихи имеют лишь один жгутик, а лофотрихи – целый пучок, который располагается на одном полюсе клетки, амфитрихи имеют по одному жгутику на каждом конце, у перитрихов жгутики располагаются по всей поверхности.

Химический состав жгутиков определяется одним веществом – флагеллином – белком, обладающим антигенной специфичностью. Кроме того, жгутики бактерий нередко и сами имеют белковый чехол.

При окраске по Грамму жгутики не видны, поэтому о

подвижности бактерий можно судить, рассматривая живые микроорганизмы, приготовленные в виде препаратов «ви-сячая» или «раздавленная» капля, с помощью метода фазово-контрастной микроскопии, либо косвенно – по характеру роста в среде Пешкова (полужидком агаре). При этом неподвижные бактерии растут строго по уколу, а подвижные дают диффузный рост. Бактерии находятся в движении за счет вращательных движений жгутиков. Скорость движения бактерии зависит от особенностей расположения жгутиков и физико-химических свойств среды, при этом большое значение имеют ее вязкость, осмотическое давление и другие показатели. Таким образом, будет совершенно естественным, что бактерии, имеющие жгутики, расположенные термально, будут передвигаться гораздо быстрее, чем бактерии со жгутиками, расположенными по всей поверхности.

Что касается направления передвижения бактерии, то они передвигаются либо беспорядочно, либо путем направленного перемещения большинства клеток таксиса. Кроме ориентированного (таксиса) перемещения, различают хемотаксис, вызванный разницей в концентрации химических веществ в среде, а также аэротаксис, связанный с разницей в содержании кислорода, и фототаксис, при котором различие в освещенности является главным фактором направленного движения.

**Ворсинки** (пили, фимбрии) – более тонкие и короткие по сравнению со жгутиками полые нитевидные белковые выр-

сты, являющиеся поверхностными придатками бактериальной клетки. Известно более 60 типов ворсинок, хотя наиболее изученными являются только два. В зависимости от типа ворсинок определяется их функция:

1) ворсинки первого типа (комон-пили) покрывают всю поверхность бактерии, которая с их помощью способна прикрепляться к клеткам макроорганизмов. Они характерны для грамположительных бактерий;

2) ворсинки второго типа (половые ворсинки, или секс-пили) участвуют в передаче генетического материала от одной клетки к другой при конъюгации бактерий, обеспечивая контакт между мужскими и женскими бактериальными клетками в процессе конъюгации. Через них идет обмен генетической информацией от донора к реципиенту. Донор – мужская клетка – обладает секс-пилями. Женская клетка – реципиент – не имеет секс-пилей. Белок секс-пили колируется генами F-плазмиды. Также эти ворсинки участвуют и в передаче и распространении лекарственной устойчивости бактерий.

Есть и еще один вид ворсинок, которые несут ответственность за питание и водно-солевой обмен в клетке.

**Капсулы** – поверхностные структуры большинства бактериальных клеток и представляют собой слизистое образование, которое в зависимости от толщины и строения образует микро– или макрокапсулу, прочно связанную с клеточной стенкой и имеющую четко очерченные внешние грани-

цы. Образование капсулы зависит от среды, в которой находится бактерия, она может быть утрачена клеткой с сохранением жизнеспособности. При этом капсулообразование является защитной функцией патогенной бактерии и предохраняет ее от фагоцитоза и других защитных механизмов макроорганизма.

Макрокапсулу можно выявить, используя специальные методы окраски, сочетая позитивные и негативные методы окраски. Как правило, капсула состоит из полисахаридов, реже полипептидов. Поскольку она обладает гидрофильностью, то препятствует фагоцитозу бактерии.

**Микрокапсула** обнаруживается только при электронной микроскопии и представляет собой утолщение верхних слоев клеточной стенки в виде слизистого образования.

Микрокапсулы характерны для вирулентных бактерий.

Среди бактерий различают:

- 1) истиннокапсульные бактерии (род *Klebsiella*) – сохраняют капсулообразование и при росте на питательных средах, а не только в макроорганизме;
- 2) ложнокапсульные – образуют капсулу только при попадании в макроорганизм.

Капсулы могут быть полисахаридными и белковыми. Они играют роль антигена, могут быть фактором вирулентности.

Внимательно изучая строение клетки, следует отличать слизь, покрывающую клетку, от капсулы. Слизь в отличие от макрокапсулы, как правило, не имеет четких внешних

границ и представляет собой мукоидные экзополисахариды, которые участвуют в адгезии, или прилипанию к субстратам. Известно, что экзополисахариды синтезируются самими бактериями путем секреции их компонентов или синтезируются при действии внеклеточных ферментов на дисахариды.

Совместными усилиями капсула и слизь играют защитную роль, предохраняя бактерию от повреждений, высыхания (этому способствуют их гидрофильные свойства) и препятствуя действию защитных факторов бактериофагов и макроорганизма.

**Споры** образуются внутри бактериальной клетки и представляют собой тельца округлой или овальной формы. Факторами образования спор являются обеднение питательной среды, изменение ее влажности и (или) кислотности, а также старение культуры, попадание вегетативных клеток в почву и иное, т. е. возникновение неблагоприятных условий существования для бактерий. Особенности строения и химический состав спор (низкое содержание воды, повышенное количество кальция и др.) обеспечивают им высокую устойчивость к действию физических и химических факторов, что затрудняет борьбу со спороносными патогенными бактериями, способными сохраняться во внешней среде длительное время. Спорообразование присуще грамположительным бактериям. В отличие от вегетативных форм споры более устойчивы к действию химических, термических факторов.

Чаще всего споры образуют бактерии рода *Bacillus* и *Clostridium*.

Процесс спорообразования заключается в утолщении всех оболочек клетки. Они пропитываются солями дигидрата кальция, становятся плотными, клетка теряет воду, замедляются все ее пластические процессы. При попадании споры в благоприятные условия она прорастает в вегетативную форму.

У грамотрицательных бактерий также обнаружена способность сохраняться в неблагоприятных условиях в виде некультивируемых форм. При этом нет типичного спорообразования, но в таких клетках замедлены метаболические процессы, невозможно сразу получить рост на питательной среде. Но при попадании в макроорганизм они превращаются в исходные формы.

# Тема 3. Физиология бактерий

## 1. Рост и размножение бактерий

Жизнедеятельность бактерий в основном характеризуется их ростом и размножением.

**Рост бактерий** – увеличение бактериальной клетки в размерах без увеличения числа особей в популяции. Рост всегда предшествует размножению.

**Размножение бактерий** – процесс, обеспечивающий увеличение числа особей в популяции. Бактерии характеризуются высокой скоростью размножения, при этом она во многом зависит от видовой принадлежности бактерий и условий выращивания, которые включают в себя характер питательной среды, рН, температуру, аэрацию и др. Бактерии размножаются поперечным бинарным делением, при котором из одной материнской клетки образуются две одинаковые дочерние.

Процесс деления бактериальной клетки начинается с репликации хромосомной ДНК. В точке прикрепления хромосомы к цитоплазматической мембране (точке-репликаторе) действует белок-инициатор, который вызывает разрыв кольца хромосомы, и далее идет деспирализация ее нитей. Нити раскручиваются, и вторая нить прикрепляется к цито-

плазматической мембране в точке-прорепликаторе, которая диаметрально противоположна точке-репликатору. За счет ДНК-полимераза по матрице каждой нити достраивается точная ее копия. Удвоение генетического материала – сигнал для удвоения числа органелл. В септальных мезосомах идет построение перегородки, делящей клетку пополам.

Двунитевая ДНК спирализуется, скручивается в кольцо в точке прикрепления к цитоплазматической мембране. Это является сигналом для расхождения клеток по септе. Образуются две дочерние особи.

На плотных питательных средах бактерии образуют скопления клеток – колонии, видимые невооруженным глазом, различные по размерам, форме, поверхности, окраске, зависящей от пигмента бактерий, консистенции и т. д. Наиболее распространенными пигментами среди микроорганизмов являются меланины, каротины, ксантофиллы и другие, многие из которых обладают защитным, антимикробным, антибиотикоподобным эффектом. Вид, форма, цвет, консистенция и другие характерные особенности колоний учитываются при идентификации бактерий и отборе колоний для получения чистой культуры. При этом также следует учитывать, что внешний вид колоний характерен для определенных бактерий, но порой в большей степени зависит от условий культивирования.

На жидких средах рост бактерий характеризуется образованием пленки на поверхности питательной среды, равно-

мерного помутнения или осадка.

Размножение бактерий определяется временем генерации. Это период, в течение которого осуществляется деление клетки. Продолжительность генерации зависит от вида бактерий, возраста, состава питательной среды, температуры и др.

Фазы размножения бактериальной клетки на жидкой питательной среде:

1) начальная стационарная фаза; то количество бактерий, которое попало в питательную среду и в ней находится;

2) лаг-фаза (фаза покоя); продолжительность – 3–4 ч, происходит адаптация бактерий к питательной среде, начинается активный рост клеток, но активного размножения еще нет; в это время увеличивается количество белка, РНК;

3) фаза логарифмического размножения; активно идут процессы размножения клеток в популяции, размножение преобладает над гибелью;

4) максимальная стационарная фаза; бактерии достигают максимальной концентрации, т. е. максимального количества жизнеспособных особей в популяции; количество погибших бактерий равно количеству образующихся; дальнейшего увеличения числа особей не происходит;

5) фаза ускоренной гибели; процессы гибели преобладают над процессом размножения, так как истощаются питательные субстраты в среде. Накапливаются токсические продукты, продукты метаболизма. Этой фазы можно избежать, ес-

ли использовать метод проточного культивирования: из питательной среды постоянно удаляются продукты метаболизма и восполняются питательные вещества.

Кроме размножения и роста, нормальная жизнедеятельность бактерий характеризуется и возрастной изменчивостью, т. е. способностью к изменению особей в разных стадиях роста, созревания и старения.

## 2. Питание бактерий

Под **питанием** понимают процессы поступления и выведения питательных веществ в клетку и из клетки. Питание в первую очередь обеспечивает размножение и метаболизм клетки. Стоит отметить, что бактериальные клетки не имеют специальных органов питания, поэтому являются голофитными.

Среди необходимых питательных веществ выделяют органогены – это девять химических элементов, концентрация которых в бактериальной клетке превосходит  $10^{-4}$  моль. К ним относят углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера.

Кроме органогенов, необходимы микроэлементы. Они обеспечивают активность ферментов. Это цинк, марганец, молибден, кобальт, медь, никель, вольфрам, натрий, хлор.

Для бактерий характерно многообразие источников получения питательных веществ.

В зависимости от источника получения углерода бактерии делят на:

- 1) аутоотрофы (используют неорганические вещества –  $\text{CO}_2$  и не нуждаются в сложных органических соединениях);
- 2) гетеротрофы (используют в качестве источника углерода разнообразные органические углеродосодержащие соединения, которыми являются углеводы, углеводороды, аминок-

кислоты и органические кислоты);

3) метатрофы (используют органические вещества неживой природы);

4) паратрофы (используют органические вещества живой природы).

Процессы питания должны обеспечивать энергетические потребности бактериальной клетки.

По источникам энергии микроорганизмы делят на:

1) фототрофы (способны использовать солнечную энергию);

2) хемотрофы (получают энергию за счет окислительно-восстановительных реакций);

3) хемолитотрофы (используют неорганические соединения);

4) хемоорганотрофы (используют органические вещества). Факторами роста бактерий являются витамины, аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, присутствие которых ускоряет рост.

Среди бактерий выделяют:

1) прототрофы (способны сами синтезировать необходимые вещества из низкоорганизованных);

2) ауксотрофы (являются мутантами прототрофов, потерявшими гены; ответственны за синтез некоторых веществ – витаминов, аминокислот, поэтому нуждаются в этих веществах в готовом виде).

Микроорганизмы ассимилируют питательные вещества в

виде небольших молекул, поэтому белки, полисахариды и другие биополимеры могут служить источниками питания только после расщепления их экзоферментами до более простых соединений.

Метаболиты и ионы поступают в микробную клетку различными путями.

Пути поступления метаболитов и ионов в микробную клетку:

1) пассивный транспорт (без энергетических затрат):

а) простая диффузия;

б) облегченная диффузия (по градиенту концентрации, с помощью белков-переносчиков);

2) активный транспорт (с затратой энергии, против градиента концентрации; при этом происходит взаимодействие субстрата с белком-переносчиком на поверхности цитоплазматической мембраны).

Встречаются модифицированные варианты активного транспорта – перенос химических групп. В роли белков-переносчиков выступают фосфорилированные ферменты, поэтому субстрат переносится в фосфорилированной форме. Такой перенос химической группы называется транслокацией.

### **3. Метаболизм бактериальной клетки**

Обмен веществ (метаболизм) по сути является совокупностью двух взаимосвязанных противоположных процессов – катаболизма (диссимиляции), который представляет собой распад веществ в процессе ферментативных реакций и накопления выделяемой при этом энергии в молекулах АТФ, и анаболизма (ассимиляции), представляющего собой синтез веществ с затратой энергии.

Изучение обмена веществ у бактерий возможно с помощью применения физико-химических и биохимических методов исследования, которые проводятся в ходе культивирования бактерий в определенных условиях на специальных питательных средах, содержащих определенное соединение в качестве субстрата для трансформации.

Особенности метаболизма у бактерий:

- 1) многообразие используемых субстратов;
- 2) интенсивность процессов метаболизма;
- 3) направленность всех процессов метаболизма на обеспечение процессов размножения;
- 4) преобладание процессов распада над процессами синтеза;
- 5) наличие экзо- и эндоферментов метаболизма.

В процессе метаболизма выделяют два вида обмена:

- 1) пластический (конструктивный):

- а) анаболизм (с затратами энергии);
- б) катаболизм (с выделением энергии);

2) энергетический обмен (протекает в дыхательных мезосомах):

- а) дыхание;
- б) брожение.

В зависимости от акцептора протонов и электронов среди бактерий различают аэробы, факультативные анаэробы и облигатные анаэробы. Аэробы способны получать энергию только путем дыхания и постоянно нуждаются в молекулярном кислороде как конечном акцепторе электронов. Для них характерно окисление, при котором конечным акцептором электронов является кислород.

Облигатные анаэробы растут только в бескислородной среде или в среде с низким значением редокс-потенциала ( $E_h$ ). Как тип окислительно-восстановительных процессов для них характерна ферментация с переносом электронов от субстрата-донора к субстрату-акцептору. Из этого можно сделать вывод, что для облигатных анаэробов характерно только брожение, в кислородных условиях наступает гибель микроорганизма из-за образования перекисей, идет отравление клетки.

Факультативные анаэробы способны расти как в присутствии кислорода, так и в его отсутствие, используя при этом в качестве терминальных акцепторов электронов молеку-

лярный кислород или органические соединения. Кроме того, среди факультативных анаэробов встречаются бактерии, способные переключаться с окисления на ферментацию, а также такие бактерии, которые способны расти в присутствии атмосферного кислорода, при этом не используя его, а энергию получают исключительно с помощью брожения.

В микробной клетке ферменты являются биологически-ми катализаторами, отличающимися от других катализаторов исключительной эффективностью и высокой специфичностью как в отношении природы катализируемой реакции, так и в отношении структуры субстрата. Ферменты обеспечивают протекание реакций в физиологических условиях. Скорость этих реакций зависит от условий, в которых находится данный микроорганизм, в частности от температуры среды, ее pH и других факторов.

По строению среди ферментов выделяют:

- 1) простые ферменты (белки);
- 2) сложные; состоят из белковой (активного центра) и небелковой частей; необходимы для активизации ферментов.

Различают также:

- 1) конституитивные ферменты (синтезируются постоянно независимо от наличия субстрата);
- 2) индуцибельные ферменты (синтезируются только в присутствии субстрата).

Набор ферментов в клетке строго индивидуален для ви-

да. Способность микроорганизма утилизировать субстраты за счет своего набора ферментов определяет его биохимические свойства.

Ферменты, образуемые микроорганизмами, могут локализоваться в различных частях клетки или быть связанными с ее иными структурами, также могут выделяться в окружающую среду. Поэтому по месту действия ферментов среди них выделяют:

1) экзоферменты – действуют вне клетки; принимают участие в процессе распада крупных молекул, которые не могут проникнуть внутрь бактериальной клетки; характерны для грамположительных бактерий;

2) эндоферменты – действуют в самой клетке, обеспечивают синтез и распад различных веществ.

В зависимости от катализируемых химических реакций все ферменты делят на шесть классов:

1) оксидоредуктазы (катализируют окислительно-восстановительные реакции между двумя субстратами);

2) трансферазы (осуществляют межмолекулярный перенос химических групп);

3) гидролазы (осуществляют гидролитическое расщепление внутримолекулярных связей);

4) лиазы (присоединяют химические группы по двум связям, а также осуществляют обратные реакции);

5) изомеразы (осуществляют процессы изомеризации, обеспечивают внутреннюю конверсию с образованием раз-

личных изомеров);

б) лигазы, или синтетазы (соединяют две молекулы, вследствие чего происходит расщепление пиррофосфатных связей в молекуле АТФ).

Любой микроорганизм имеет свой ферментный состав, который определяется его геномом и является достаточно постоянным признаком. Поэтому определение ферментов имеет большое значение при дифференцировке и идентификации бактерий. При этом некоторые ферменты могут способствовать проявлению патогенных свойств различными возбудителями инфекционных болезней человека.

## 4. Виды пластического обмена

Основными видами пластического обмена являются:

- 1) белковый;
- 2) углеводный;
- 3) липидный;
- 4) нуклеиновый;
- 5) минеральный.

**Белковый обмен** характеризуется катаболизмом и анаболизмом. В процессе катаболизма бактерии разлагают белки под действием протеаз с образованием пептидов. Под действием пептидаз из пептидов образуются аминокислоты.

Распад белков в аэробных условиях называется тлением, в анаэробных – гниением.

В результате распада аминокислот клетка получает ионы аммония, необходимые для формирования собственных аминокислот. Бактериальные клетки способны синтезировать все 20 аминокислот. Ведущими из них являются аланин, глютамин, аспарагин. Они включаются в процессы переаминирования и трансаминирования. В белковом обмене процессы синтеза преобладают над распадом, при этом происходит потребление энергии.

В **углеводном обмене** у бактерий катаболизм преобладает над анаболизмом. Сложные углеводы внешней среды могут расщеплять только те бактерии, которые выделяют

ферменты – полисахаридазы. Полисахариды расщепляются до дисахаров, которые под действием олигосахаридаз распадаются до моносахаров, причем внутрь клетки может поступать только глюкоза. Часть ее идет на синтез собственных полисахаридов в клетке, другая часть подвергается дальнейшему расщеплению, которое может идти по двум путям: по пути анаэробного распада углеводов – брожению (гликолизу) и в аэробных условиях – по пути горения.

В зависимости от конечных продуктов выделяют следующие виды брожения:

- 1) спиртовое (характерно для грибов);
- 2) пропионионово-кислое (характерно для клостридий, пропиони-бактерий);
- 3) молочно-кислое (характерно для стрептококков);
- 4) масляно-кислое (характерно для сарцин);
- 5) бутилденгликолевое (характерно для бацилл).

Наряду с основным анаэробным распадом (гликолизом) могут быть вспомогательные пути расщепления углеводов (пентозофосфатный, кетодезоксифосфоглюконатный и др.) Они отличаются ключевыми продуктами и реакциями.

**Липидный обмен** осуществляется с помощью ферментов – липопроотеиназ, летициназ, липаз, фосфолипаз.

Липазы катализируют распад нейтральных жирных кислот, т. е. ответственны за отщепление этих кислот от глицерина. При распаде жирных кислот клетка запасает энергию. Конечным продуктом распада является ацетил-КоА.

Биосинтез липидов осуществляется за счет ацетилпереносящих белков. При этом ацетильный остаток переходит на глицерофосфат с образованием фосфатидных кислот, а они уже вступают в химические реакции с образованием сложных эфиров со спиртами. Эти превращения лежат в основе синтеза фосфолипидов.

Бактерии способны синтезировать как насыщенные, так и ненасыщенные жирные кислоты, но синтез последних более характерен для аэробов, так как требует кислорода.

**Нуклеиновый обмен** бактерий связан с генетическим обменом. Синтез нуклеиновых кислот имеет значение для процесса деления клетки. Синтез осуществляется с помощью ферментов: рестриктазы, ДНК-полимеразы, лигазы, ДНК-зависимые-РНК-полимеразы.

Рестриктазы вырезают участки ДНК, убирая нежелательные вставки, а лигазы обеспечивают сшивку фрагментов нуклеиновой кислоты. ДНК-полимеразы ответственны за репликацию дочерней ДНК по материнской. ДНК-зависимые-РНК-полимеразы отвечают за транскрипцию, осуществляют построение РНК на матрице ДНК.

**Минеральный обмен** важен для синтеза тела бактерий. Для него необходимы не только азот и углерод, но и зольные элементы – сера, фосфор, калий и кальций, а также микроэлементы – бор, молибден, цинк, марганец, кобальт, никель, йод, бром, медь и др. В состав цитоплазмы бактерий входит сера, которая участвует в синтетических реакциях в

виде R-SH. Данная сера восстановленной формы обладает высокой реактивностью и легко поддается дегидрированию с последующим превращением в сложные соединения, которые при гидрировании восстанавливаются, благодаря чему регулируется окислительно-восстановительный потенциал в цитоплазме бактерии.

В нуклеиновых кислотах, многих ферментах, различных фосфолипидах и других органических соединениях содержится фосфор, который не вступает в непосредственное соединение с углеродом, но образует связи через атомы кислорода. В процессе окислительных реакций высвобождается энергия, аккумулированная в цитоплазме клеток. При этом большую роль в энергетическом обмене в клетке играют АТФ- и АДФ-кислоты. Кроме того, фосфор входит в состав нуклеопротеидов, фосфолипидов, простетических групп большинства двухкомпонентных ферментов, являющихся важнейшими соединениями цитоплазмы.

Для нормального развития микроорганизмов необходимы катионы и анионы многих металлов, в том числе магния, кальция, железа. Микроэлементы участвуют в синтезе ферментов и активизируют их.

# **Тема 4. Генетика микроорганизмов. Бактериофаги**

## **1. Организация наследственного материала бактерий**

ДНК является материальной основой наследственности, которая определяет генетические свойства всех организмов, за исключением РНК-содержащих вирусов, у которых вся генетическая информация записана в РНК.

Геном – фрагмент молекулы ДНК, контролирующей синтез одного белка или пептида. Генетическая информация относительно всех признаков, присущих клетке или вириону, записана в генах. Гены, несущие информацию о синтезируемых микроорганизмами ферментах или структурных белках, называются структурными генами, их транскрипции регулируются регуляторными генами.

Наследственный аппарат бактерий представлен одной хромосомой, которая представляет собой молекулу ДНК, она спирализована и свернута в кольцо. Это кольцо в одной точке прикреплено к цитоплазматической мембране. На бактериальной хромосоме располагаются отдельные гены.

Функциональными единицами генома бактерий, кроме

хромосомных генов, являются:

- 1) IS-последовательности;
- 2) транспозоны;
- 3) плазмиды.

**IS-последовательности** – это короткие фрагменты ДНК. Они не несут структурных (кодирующих белок) генов, а содержат только гены, ответственные за транспозицию (способность перемещаться по хромосоме и встраиваться в различные ее участки).

**Транспозоны** – это более крупные молекулы ДНК. Помимо генов, ответственных за транспозицию, они содержат и структурный ген. Транспозоны способны перемещаться по хромосоме. Их положение сказывается на экспрессии генов. Транспозоны могут существовать и вне хромосомы (автономно), но неспособны к автономной репликации.

**Плазмиды** – дополнительный внехромосомный генетический материал. Представляет собой кольцевую, двунитевую молекулу ДНК, гены которой кодируют дополнительные свойства, придавая селективные преимущества клеткам. Плазмиды способны к автономной репликации, т. е. независимо от хромосомы или под слабым ее контролем. За счет автономной репликации плазмиды могут давать явление амплификации: одна и та же плазида может находиться в нескольких копиях, тем самым усиливая проявление данного признака.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.