



Минобрнауки России
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ОГУ)

Химико-биологический факультет
Кафедра биохимии и микробиологии

Тема: Систематика бактерий. Критерии систематики. Структурно- функциональные подсистемы клетки

Лекция для бакалавров направления
06.03.01 Биология
Лектор: Дроздова Е.А., к.б.н., доцент

План лекции

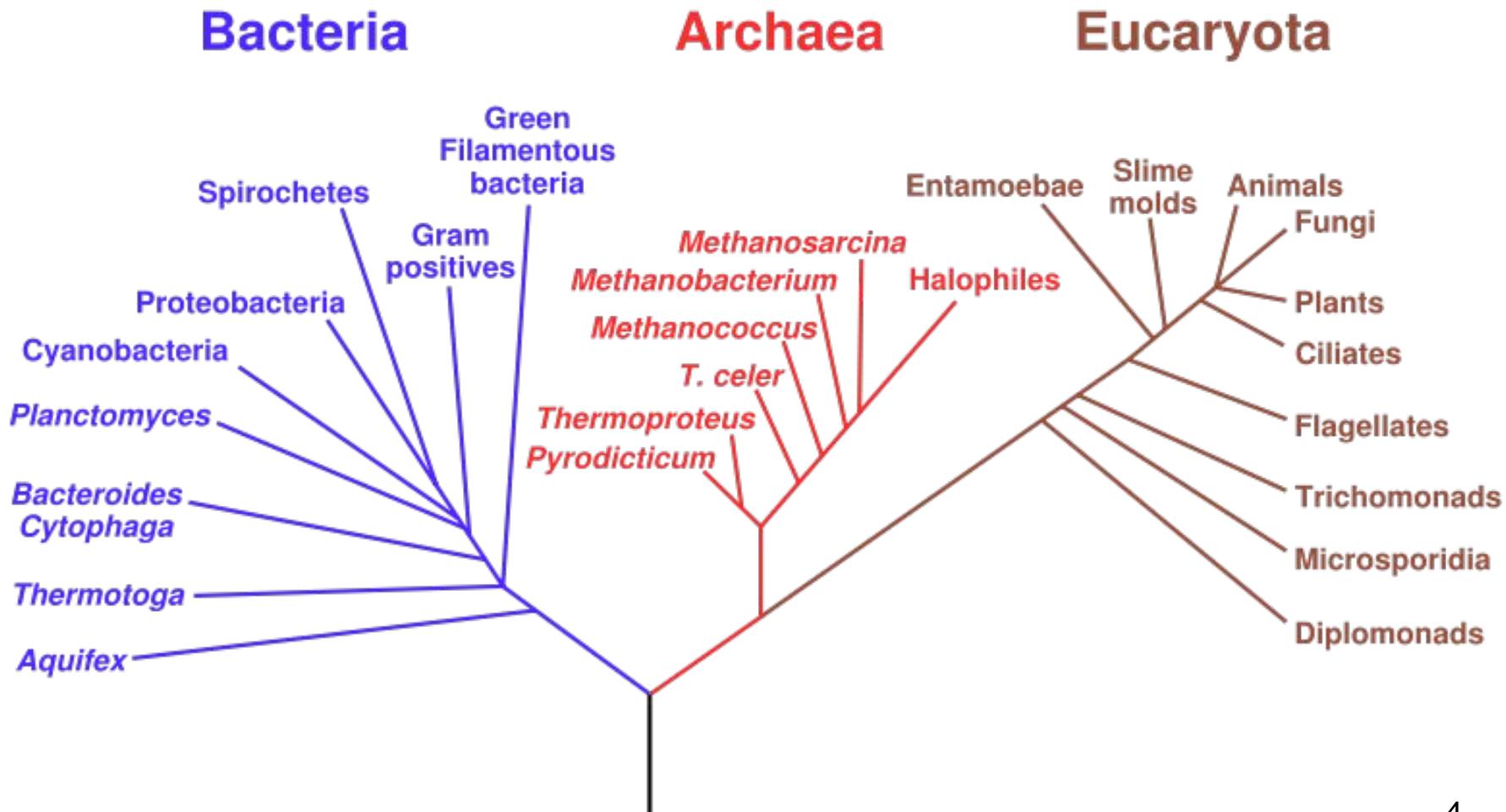
1. Систематика и ее критерии
2. Общие структуры про- и эукариотических клеток.
3. Основные отличия прокариотических клеток от эукариотических.
4. Структура прокариотической клетки.
5. Функции клеточной стенки.
6. Строение пептидогликана клеточной стенки.
7. Строение клеточной стенки грамположительных бактерий.
8. Строение клеточной стенки грамотрицательных бактерий.
9. Образование и свойство L-форм.

Основные структурно-функциональные подсистемы

- 1. Все клетки окружены плоскими двухслойными мембранами
- 2. Наследственная информация во всех клетках хранится в виде двуспиральной линейной молекулы ДНК
- 3. Во всех клетках имеется принципиально одинаково устроенный аппарат биосинтеза белков (трансляции), центральную роль в котором играют РНК
- 4. Для всех клеток характерно существование еще одной подсистемы - ограниченной мембраной цитоплазмы с локализованными в ней ферментами

Три домена жизни

родство групп установлено по сходству нуклеотидных последовательностей рРНК



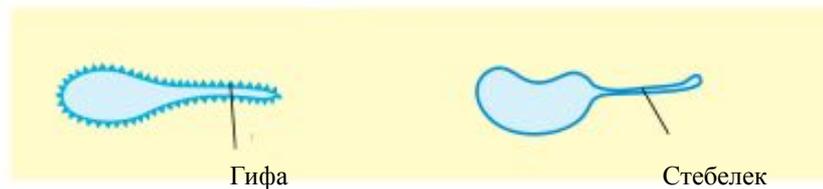
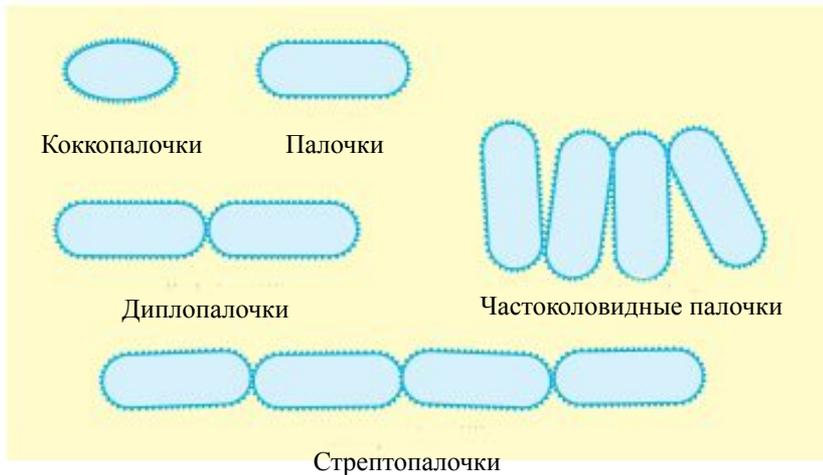
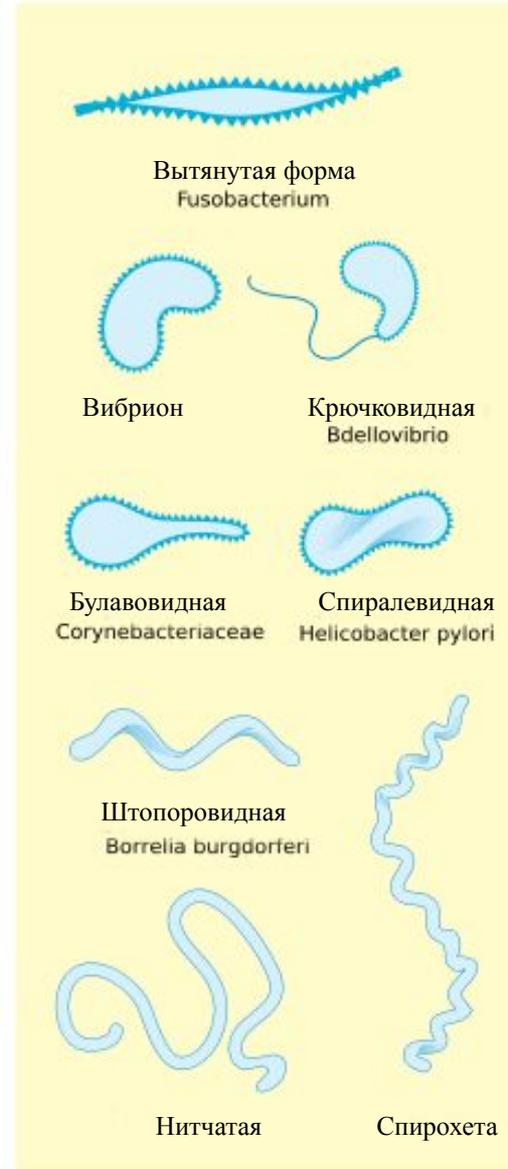
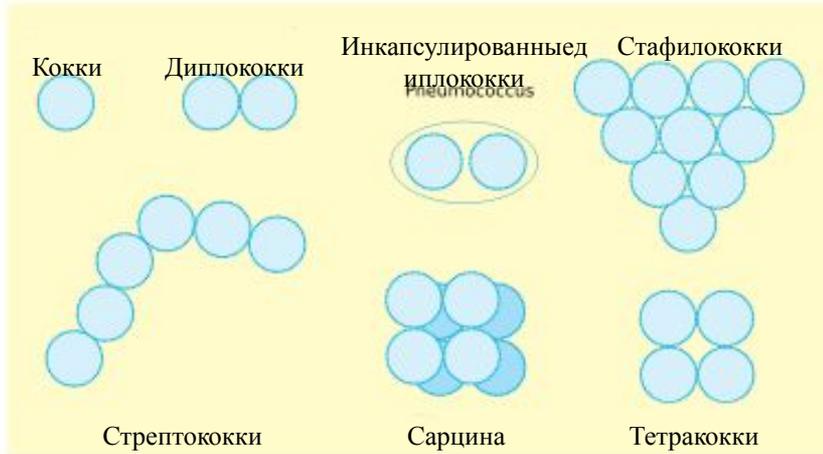
Мир микробов

Неклеточные формы	Клеточные формы			
	Домен «Bacteria»	Домен «Archaea»	Домен «Eukarya»	
	Прокариоты		Эукариоты	
Прионы	<ul style="list-style-type: none"> • Бактерии с тонкой клеточной стенкой, грамотрицательные (протеобактерии и др.) 	Архебактерии	Простейшие (царство <i>Animalia</i> , подцарство <i>Protozoa</i>): тип <i>Sarcomastigophora</i> тип <i>Apicomplexa</i> тип <i>Ciliophora</i> тип <i>Microspora</i>	Грибы (царство <i>Fungi</i>): тип <i>Zygomycota</i> тип <i>Ascomycota</i> тип <i>Basidiomycota</i> тип <i>Deuteromycota</i> , или митоспоровые грибы
Вироиды				
Вирусы	<ul style="list-style-type: none"> ° Бактерии без клеточной стенки – микоплазмы 			

Основные признаки отличающие прокариотические клетки от эукариотических

1. Клетки прокариот очень малы; Всем бактериям присущи определенная форма и размеры, которые выражаются в микрометрах (мкм).
2. Компарментализация клетки значительно менее выражена, чем у эукариотических клеток;
3. ДНК не окружена ядерной мембраной, а органеллы типа митохондрий и хлоропластов отсутствуют;
4. С плазматической мембраной связаны процессы дыхания или фотосинтеза, доставляющие клетке энергию, т.е. функции, за которые в эукариотических клетках отвечают мембраны митохондрий и хлоропластов;
5. Рибосомы прокариот меньше, чем цитоплазматические рибосомы эукариот; они относятся к типу 70 S;
6. Вся генетическая информация прокариот содержится в одной - единственной нити ДНК - «бактериальной хромосоме», которая имеет вид кольцевой нити;
7. Бактерии размножаются путем деления надвое (бинарное деление). Делению клетки предшествует удвоение бактериальной хромосомы, диплоидная фаза в клеточном цикле ограничена короткой стадией, поэтому прокариоты - гаплоидные организмы;
8. Различают следующие основные формы бактерий: шаровидные, или кокковидные; палочковидные (цилиндрические); извитые (спиралевидные); нитевидные. Кроме того, существуют бактерии, имеющие треугольную, звездообразную, тарелкообразную форму. Обнаружены так называемые квадратные бактерии, которые образуют скопления: из 8 или 16 клеток в виде пласта.

Формы бактериальных клеток



Принципы систематики

Систематика (таксономия) бактерий является одним из наиболее важных и сложных, но менее разработанных разделов микробиологии. Задачами систематики являются классификация, номенклатура и идентификация организмов.

Классификация – распределение множества организмов по группам (таксонам).

Номенклатура – присвоение названий отдельным группам и видам микроорганизмов. В систематике бактерий, так же как и в ботанике, зоологии, принята бинарная номенклатура, согласно которой бактериям присваивается название, состоящее из двух слов: первое определяет их принадлежность к конкретному роду, второе – к виду. Например, *Clostridium botulinum* и *Clostridium tetani* – два различных вида бактерий, относящихся к одному роду. Названия бактериям присваивают в соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры бактерий.

Основной таксономической категорией является вид

Виды объединяются в роды, роды – в семейства, семейства – в порядки, далее следуют классы, отделы, царства. В микробиологии существуют также более мелкие таксономические единицы, чем вид: подвид (*subspecies*), разновидность.

Подвиды могут различаться по физиологическим (*biovar*), морфологическим (*morphovar*) или по антигенным (*serovar*) свойствам.

Большое значение в микробиологии имеют такие понятия, как **клон** – чистая культура, полученная из одной клетки, и **штамм** – культуры бактерий одного вида, выделенные из различных источников либо из одного источника в разное время или полученные в ходе генетических манипуляций. Разные штаммы одного и того же вида бактерий могут отличаться друг от друга по целому ряду свойств, например по чувствительности к антибиотикам, способности к синтезу токсинов, ферментов и др.

Идентификация микроорганизмов

- **Идентификация** устанавливает принадлежность микроорганизмов к определенному таксону на основании наличия конкретных признаков.
- В большинстве случаев идентификация заключается в определении родовой и видовой принадлежности микроорганизмов.
- Определение бактерий до вида важно не только с позиции чисто познавательной, общебиологической, но и связано с решением ряда прикладных и научных задач. Особенно это важно для медицинской, ветеринарной и промышленной микробиологии, где действующими объектами являются микроорганизмы, и мельчайшие неточности в определении вида могут привести к нежелательным последствиям.

Два различных подхода к систематике

- В настоящее время в микробиологии приняты два различных подхода к систематике, обуславливающих существование двух систем классификации:
- филогенетической (естественной) и
- фенотипической (искусственной).

В основу **филогенетической** классификации положена идея создания системы прокариот, объективно отражающей родственные отношения между разными группами бактерий и историю их эволюционного развития.

Фенотипическая классификация преследует, в первую очередь, практические цели, заключающиеся в том, чтобы быстрее установить принадлежность микроорганизма к определенному таксону. Наиболее четко последняя получила свое выражение в Определителе бактерий Берджи.

Определитель бактерий Берджи

- В Определителе бактерий Берджи (Bergey's Manual of Determinative Bacteriology), периодически издаваемом Обществом американских бактериологов с привлечением к его написанию крупных специалистов из других стран, изучающих те или иные группы бактерий.
- Первое издание Определителя было выпущено в 1923 г. группой американских бактериологов под руководством Д. Берджи;
- Девятое издание в русском переводе вышло в 1997 г.

Критерии систематики

- При классификации бактерий учитывается большое количество различных свойств и признаков. Свойства и признаки, характерные для всех бактерий данной группы и нехарактерные для микроорганизмов других групп, называют **критериями систематики**.
- Чем больше общих признаков имеют сравниваемые организмы, тем больше и оснований для включения их в одну таксономическую группу.
- В связи с тем что количество признаков, используемых для классификации микроорганизмов, значительно возросло, в конце 50-х годов XX в. возникла **нумерическая (численная) таксономия**, основанная на принципах классификации французского ботаника М. Адансона (1757). В основе нумерической таксономии лежит принцип сопоставления организмов по возможно большему количеству учитываемых признаков при допущении, что все они для систематики равноценны. Однако **допущение о равнозначности всех признаков является и основным недостатком нумерической таксономии**.

Генетические критерии систематики

Наиболее объективными и дающими представление о филогенетических связях между микроорганизмами являются **генетические (молекулярно-биологические) критерии.**

К ним относятся:

- определение относительного содержания ГЦ-пар в ДНК,
- гибридизация нуклеиновых кислот,
- определение нуклеотидных последовательностей в молекулах ДНК или РНК,
- применение генетических зондов (ДНК-зондов),
- рестрикционный анализ ДНК,
- методы генетического анализа (изучение переноса генов, генетических скрещиваний, картирование хромосом бактерий и др.).

Фенотипические критерии систематики

В классификации бактерий используют набор фенотипических признаков:

- морфологических,
- культуральных,
- физиологических,
- биохимических.

Морфологические признаки

- Описание **морфологических признаков** включает определение формы, размеров клеток и их взаимного расположения, типа жгутикования, наличия капсулы, способности образовывать споры, особенностей внутреннего строения.
- К категории морфологических признаков относится и окраска по методу Грама, связанная со строением клеточной стенки.
- Однако, только морфологических признаков для идентификации бактерий недостаточно. Если, например, выделены подвижные грамотрицательные палочки, не образующие эндоспоры и имеющие длину 6 мкм, то определить их видовую принадлежность только на основании этого невозможно, ибо указанными признаками обладают бактерии многих видов.

Культуральные признаки

- При характеристике *культуральных признаков*, т. е. таких, которые проявляются при выращивании бактерий в различных условиях, отмечают
- особенности роста бактерий на плотной питательной среде (размер, окраска, форма, характер колоний)
- в жидких питательных средах (образование осадка, пленки, взвеси, хлопьев и т. д.).
- Однако и этих признаков недостаточно, так как у культур различных видов они могут проявляться сходным образом.

Физиологические и биохимические признаки

- К числу **физиологических признаков** относятся возможность использовать те или иные источники углерода и азота, потребность в факторах роста, тип энергетических процессов (аэробное и анаэробное дыхание, брожение), отношение к температуре, влажности, кислотности среды и другим факторам внешней среды.
- Разнообразными являются **биохимические признаки** бактерий, которые обусловлены наличием тех или иных ферментов, образованием определенных продуктов метаболизма (кислоты, спирты, газы и др.), типом запасных веществ, химическим составом клеток и т. д.

Серологические критерии систематики

- Серологические (от лат. *serum* – сыворотка) критерии систематики основаны на специфических реакциях взаимодействия антигенов (компоненты клеточных стенок, жгутиков, капсул, ДНК и токсинов) идентифицируемых микроорганизмов с антителами, содержащимися в сыворотках. Между антигенами и соответствующими им антителами происходит связывание, что положено в основу методов серологической диагностики.
- Такие серологические реакции, как
- агглютинация,
- преципитация,
- связывание комплемента,
- иммунофлуоресценция,
- иммуноферментный и радиоиммунный анализ, позволяют легко и быстро проводить предварительную идентификацию микроорганизмов.

Серологические критерии систематики

- Для постановки серологических реакций необходима сыворотка, которую получают из крови лабораторного животного, иммунизированного коллекционным (известной видовой и штаммовой принадлежности) микроорганизмом. Она содержит антитела, специфичные к данному штамму. Полученную сыворотку используют в серологических реакциях для выявления родственных микроорганизмов, обладающих такими же антигенными детерминантами, как и коллекционный штамм.
- Серологические методы являются важным инструментом в диагностике и лечении инфекционных заболеваний человека и животных, поскольку с их помощью можно не только идентифицировать возбудителя заболевания, но и обнаружить в крови больных и переболевших специфические антитела к соответствующим возбудителям. Серологические методы, пожалуй, остаются единственными методами диагностики при невозможности или трудностях выделения возбудителя, сравнительно редко дают ложноположительные или ложноотрицательные результаты.

Современная классификация бактерий

- В современной систематике бактерий сложилась ситуация, характерная и для классификации других организмов: достигнуты успехи в создании филогенетической системы классификации, отражающей основные направления эволюционного развития и родство представителей определенных таксонов, но сохраняют свое значение искусственные фенотипические классификации, более удобные для идентификации микроорганизмов.
- Особенности прокариот в области морфологической, физиолого-биохимической, генетической организации говорят о неприменимости к ним хорошо разработанных принципов, используемых при построении системы высших организмов.
- Наиболее приемлемой филогенетической системой классификации прокариот является система, основанная на сопоставлении последовательности нуклеотидов в 16S-рРНК.

Система, основанная на сопоставлении последовательности нуклеотидов в 16S-рРНК

- Согласно Руководству по систематике бактерий Берджи (первый том вышел в свет в 2001г). все прокариоты разделены на 26 филогенетических «ветвей» (групп) на основании строения их 16S-рРНК; 23 «ветви» представлены **эубактериями**, а три – **архебактериями**.
- Из 23 групп **эубактерий**:
- **две** филогенетические группы представлены **грамположительными** бактериями, **остальные** группы – **грамотрицательными**.
- Грамотрицательные бактерии состоят из крупной группы Протеобактерий (*Proteobacteria*) и 20 групп остальных бактерий, имеющих данный тип клеточной стенки.

Краткая характеристика Протеобактерий, к которым по составу 16S-рРНК наиболее близки митохондрии и хлоропласты большинства эукариот

Грамотрицательные бактерии филогенетической группы *Proteobacteria* (Протеобактерии)

Основные фенотипические группы	Наиболее распространенные роды
Ферментирующие палочки и вибрионы	Энтеробактерии, <i>Vibrio</i> , <i>Photobacterium</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Zymomonas</i>
Палочки и кокки, обладающие аэробным дыханием	<i>Pseudomonas</i> , <i>Zoogloea</i> , <i>Azotobacter</i> , <i>Beijerinckia</i> , <i>Azomonas</i> , <i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Agrobacterium</i> , <i>Acetobacter</i> , <i>Gluconobacter</i> , <i>Legionella</i> , <i>Neisseria</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Rickettsia</i>
Бактерии, образующие чехлы	<i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptothrix</i> , <i>Crenothrix</i>
Бактерии, образующие простеки	<i>Caulobacter</i> , <i>Hyphomicrobium</i>
Паразиты бактерий	<i>Bdellovibrio</i>
Спириллы и магнитоспириллы	<i>Spirillum</i> , <i>Aquaspirillum</i> , <i>Magnetospirillum</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Helicobacter</i>

Краткая характеристика Протеобактерий, к которым по составу 16S-рРНК наиболее близки митохондрии и хлоропласты большинства эукариот

Миксобактерии	<i>Polyangium, Myxococcus</i>
Бактерии, восстанавливающие сульфаты и серу	<i>Desulfovibrio, Desulfococcus, Desulfosarcina, Desulfuromonas</i>
Нитрификаторы	<i>Nitrosomonas, Nitrosospira, Nitrosococcus, Nitrobacter, Nitrococcus</i>
Бактерии, окисляющие серу и железо	<i>Thiobacillus, Thiomicrospira, Thermothrix, Beggiatoa, Thiothrix, Gallionella</i>
Бактерии, окисляющие водород	<i>Alcaligenes, Ancylobacter, Paracoccus, Rhizobium, Pseudomonas, Spirillum</i>
Метилотрофные бактерии	<i>Methylomonas, Methylocystis, Methylobacter, Methylococcus</i>
Фотосинтезирующие пурпурные бактерии	Серные: <i>Chromatium, Thiospirillum, Thiocapsa</i> ; несерные: <i>Rhodobacter, Rhodopseudomonas, Rhodospirillum, Rhodocyclus</i>

Протеобактерии

- Протеобактерии – очень гетерогенная в морфологическом, физиологическом и биохимическом плане группа грамотрицательных бактерий.
- Для представителей этой группы характерны все типы энергетического метаболизма и питания.
- Клетки большинства видов Протеобактерий имеют палочковидную, сферическую или вибриоидную форму, **размножаются** в основном **бинарным делением**, но для некоторых видов характерно почкование и образование плодовых тел в сложном клеточном цикле.
- В этой группе имеются как подвижные за счет жгутиков, так и неподвижные бактерии.
- По отношению к молекулярному кислороду Протеобактерии бывают облигатными аэробами, облигатными и факультативными анаэробами.
- Группа Протеобактерий на основании различий в 16S-rРНК разделена на пять подгрупп: альфа, бета, гамма, дельта и эпсилон.

Кроме Протеобактерий, к грамотрицательным относятся следующие основные группы эубактерий:

- водородные термофилы,
- зеленые нитчатые бактерии,
- зеленые серные бактерии,
- цианобактерии,
- спирохеты,
- цитофаги,
- бактериоиды,
- хламидии,
- планктомицеты,
- дейнококки,
- хлорофлексусы,
- фузобактерии,
- фибробактерии,
- термодесульфобактерии
- И др.

Филогенетические группы грамположительных бактерий

- Филогенетические группы грамположительных бактерий – *Actinobacteria* и *Firmicutes*.
- **Группа *Actinobacteria*** («актиномицетная ветвь») представлена следующими родами бактерий, имеющими в ДНК **высокое содержание ГЦ-пар**: *Geodermatophilus*, *Frankia*, *Streptomyces*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Actinomyces*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Actinoplanes*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*.
- **Группа *Firmicutes*** («кlostридиальная ветвь» – главным образом грамположительные бактерии **с низким содержанием ГЦ-пар в ДНК**) состоит из следующих родов: *Clostridium*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Listeria*, *Caryophanon*, *Staphylococcus*, *Sarcina*, *Sporosarcina*, *Bacillus*, *Desulfotomaculum*, *Heliobacterium*, *Mycoplasma*, *Ureaplasma* и др.

Состав археобактерий

- В составе археобактерий выделяют **три филогенетические группы:** *Crenarchaeota*, *Euryarchaeota* и *Korarchaeota*.
- **Группа *Crenarchaeota*** состоит из экстремально термофильных бактерий, большинство представителей которых осуществляют метаболизм серы, некоторые восстанавливают ионы железа и молибдена.
- **В группу *Euryarchaeota*** входят облигатно анаэробные метаногенные археобактерии, а также экстремальные термофилы и галофилы.
- **Группа *Korarchaeota*** образована археобактериями, обитающими в горячих серных источниках. До настоящего времени ни один из представителей этой группы (обладающих сходной 16S-рРНК) не выделен в виде чистой культуры, поэтому их фенотипические признаки изучены недостаточно.

Основные категории прокариотических организмов

- **Представители категории I – Gracilicutes** (от лат. «gracilis» - тонкий) получили свое название в силу наличия у них относительно тонкой клеточной стенки, состоящей из двух элементарных мембран – внутренней (цитоплазматической) и наружной, между которыми находится одинарный слой пептидогликана.
- **В категорию II - Firmicutes** (от лат. «firmus» - крепкий, прочный) входят бактерии, поверх цитоплазматической мембраны которых находится толстая клеточная стенка, состоящая из множества слоев пептидогликана, стабилизированного тейхоевыми и липотейхоевыми кислотами.
- Особенности прокариот, входящих в **катеорию III – Tenericutes** (от лат. «tener» - мягкий, нежный) является отсутствие клеточной стенки или каких-либо иных поверхностных структур. Барьерные структуры таких микроорганизмов представлены только одинарной наружной цитоплазматической мембраной, в результате чего сами подобные клетки оказываются достаточно плеоморфными и варьируют по размерам от крупных бесформенных везикул до очень мелких фильтрующихся элементов.
- **Категория IV - Mendosicutes** (от лат. «mendosus» - ошибочный) включает уже известных нам архебактерий, особенностью строения клеточных стенок которых является отсутствие типичного для эубактерий пептидогликана, но наличие особым образом организованных белковых макромолекул или гетерополисахаридов.

Спасибо за внимание!!!

