

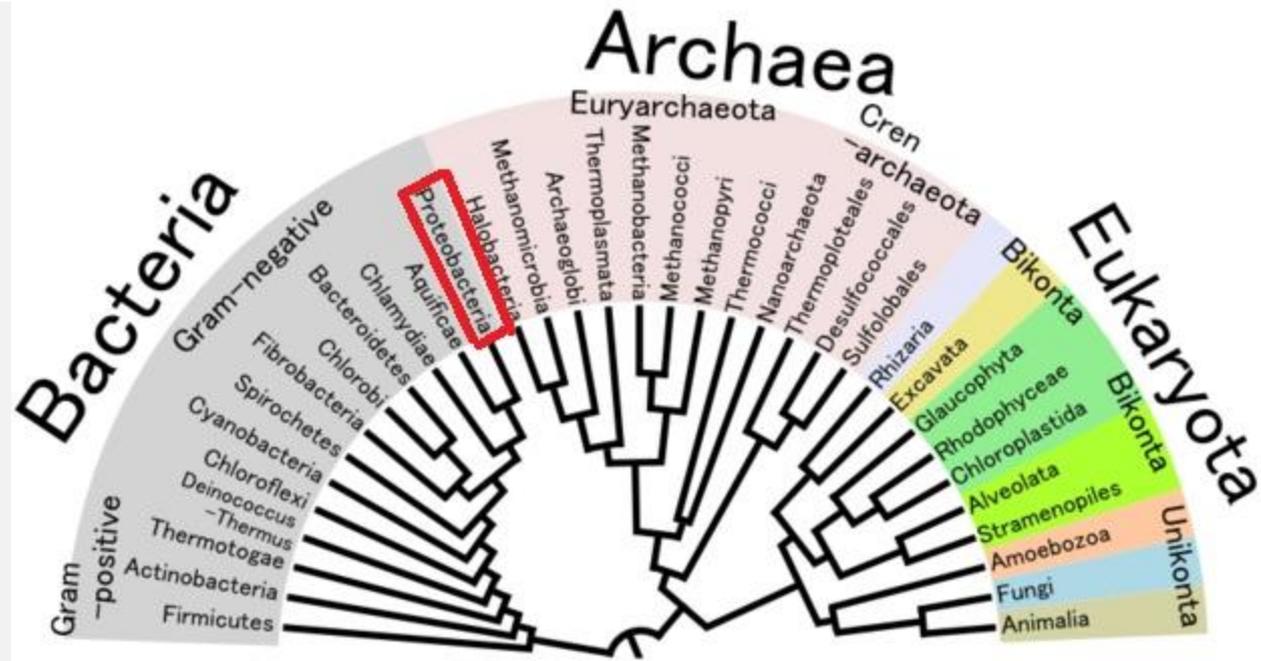
# МОРФОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ



1. КЛАССИФИКАЦИЯ
2. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ БАКТЕРИЙ



□ **Систематика** - это наука о разнообразии микроорганизмов и взаимоотношениях между ними; включает такие разделы, как **классификация, таксономия, номенклатура и идентификация.**



- **Классификация** определяет порядок распределения организмов в соответствии с их сходными фенотипическими и генотипическими признаками в определенные группы (**таксоны**).
- Различают два вида классификаций: филогенетические, или «естественные», и искусственные.
- Построение **естественной классификации** - конечная цель таксономии бактерий, которая состоит в том, чтобы объединить родственные формы, связанные общностью происхождения, и на этой основе создать филогенетическое древо бактерий. С этой целью все более эффективно используются молекулярно-генетические методы.

# ТАКСОНОМИЯ

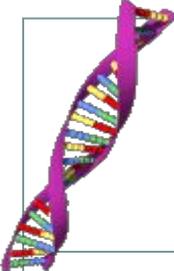
- **Таксономия** - наука о методах и принципах распределения (классификации) организмов в определенные группы (таксоны).
- Исторически для практической идентификации микроорганизмов использовались искусственные классификации на основе фенотипических признаков, таких как
  - форма,
  - тип клеточной стенки,
  - отношение к кислороду,
  - процентное соотношение АТ и GC пар в геноме.
- Типичным примером такой классификации являлось «Руководство по определению бактерий Берджи» (Bergey's Manual of Determinative Bacteriology).

# Классификация микроорганизмов.

- ❑ **Задача быстрой идентификации** прокариотных организмов наиболее полно решается с помощью издания «Определитель бактерий», периодически выпускаемого Обществом американских бактериологов с привлечением крупных специалистов в области изучения тех или иных групп бактерий. Первое издание определителя было выпущено в 1923 г. группой американских бактериологов под руководством Д. Х. Берги (1860 - 1937 гг.); девятое издание в 4 томах вышло в 1984 1989 гг.
- ❑ В девятом издании *«Определителя бактерий» Берги* все обнаруженные организмы, отнесенные в царство Procarvotaе, разделены на 33 группы на основе **сходства фенотипических признаков**
- ❑ Признаки, по которым осуществляется разделение на группы, как правило, относятся к категории легко определяемых и вынесены в названия групп, например: грамотрицательные аэробные палочки и кокки (группа 4), анаэробные грамотрицательные кокки (группа 8), грамположительные палочки и кокки, образующие эндоспоры (группа 13), скользящие бактерии, образующие плодовые тела (группа 24). Основная идея классификации по Берги легкость идентификации бактерий.
- ❑ Представленная в «Определителе бактерий» Берги система классификации является строго идентификационной и не решает задачи выявления эволюционных связей между прокариотами.

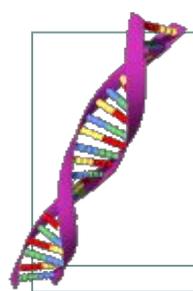


- Современная таксономия живых организмов строится на основе филогенетического родства, которое выявляется при сравнении генетических последовательностей, получаемых при секвенировании отдельных генов (в. т. ч. гена 16S рРНК) или полных геномов.
- Она представлена на специализированных обновляемых интернет-ресурсах, таких как NCBI Taxonomy.



# Классификация микроорганизмов. Генотипический подход

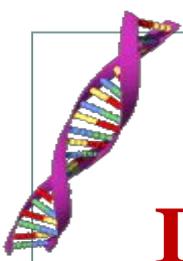
- Филогенетическая система прокариотов «парадоксальна»: близкородственные микроорганизмы могут сильно отличаться фенотипически и, наоборот, микроорганизмы, расположенные на эволюционном древе далеко друг от друга, могут проявлять высокое фенотипическое сходство.
- Молекулярно-генетические методы типирования бактерий можно разделить на связанные с секвенированием ДНК и не связанные.



# Классификация микроорганизмов. Генотипический подход

## *Методы анализа ДНК, не связанные с секвенированием:*

- ❑ Исторически первоначальным методом послужило сравнение молярного содержания суммы гуанина и цитозина (ГЦ) в процентах от общего количества оснований ДНК у разных объектов, но ГЦ-показатель дает возможность только для грубого сравнения геномов.
- ❑ Более тонкий метод оценки генетического сходства организмов - сравнение нуклеотидных последовательностей ДНК из разных источников методом ДНК-ДНК-гибридизации. Метод наиболее полезен для классификации на уровне вида, т.е. в случае высокой степени гомологии, и мало информативен для классификации объектов на уровне высоких таксонов
- ❑ Методы анализа длин рестрикционных фрагментов: бактериальную ДНК обрабатывают рестриктазами (ферменты рестриктазы распознают специфические нуклеотидные последовательности и «разрезают» молекулу ДНК в строго определенном месте – сайты рестрикции); после электрофореза в геле анализируют степень генетического родства по количеству и расположению рестрикционных фрагментов (полос на электрофорезе)

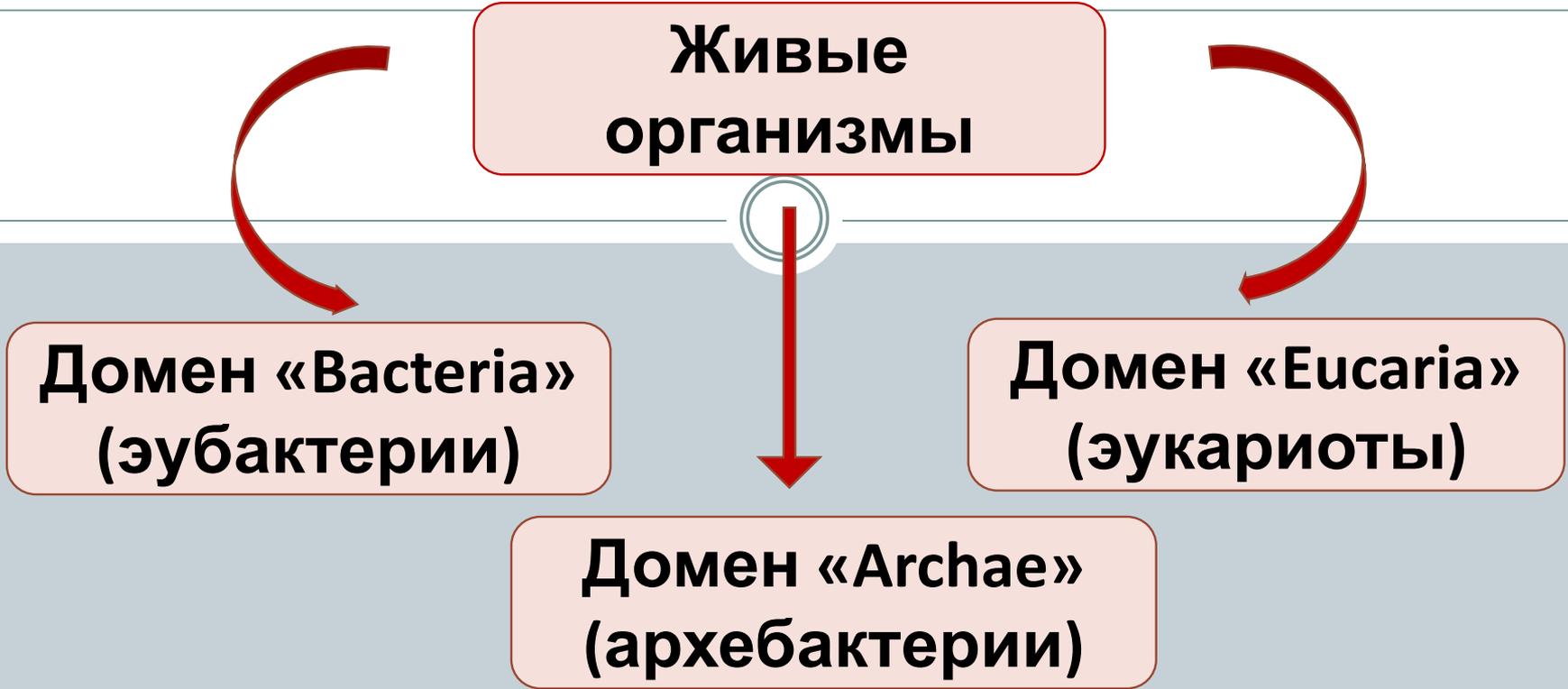


# Классификация микроорганизмов. Генотипический подход (продолжение)

## Методы анализа ДНК, основанные на секвенировании:

- ❑ Секвенирование (**sequencing**) – это общее название методов, которые позволяют установить последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК (сиквенс от англ. sequence).
- ❑ В современной биологии эволюционную дистанцию оценивают по гомологии рДНК (участок ДНК, кодирующий рибосомальную или рРНК)
- ❑ Выбор рРНК для решения проблем эволюционной систематики прокариот оказался удачным по ряду причин:
  - эти молекулы обнаружены у всех клеточных форм жизни, что указывает на их древнейшее происхождение;
  - их функции всегда одинаковы;
  - первичная структура в целом характеризуется высокой консервативностью;
  - особенностью рРНК является нахождение вне сферы действия отбора, поэтому данные молекулы эволюционируют в результате спонтанных мутаций, происходящих с постоянной скоростью, и накопление таких мутаций зависит только от времени.
  - Таким образом, *мерой эволюционного расстояния между организмами служит количество нуклеотидных замен в молекулах сравниваемых рРНК.*

**Живые  
организмы**



**Домен «Bacteria»  
(эубактерии)**

**Домен «Eucaria»  
(эукариоты)**

**Домен «Archae»  
(архебактерии)**

**Клеточные формы жизни в зависимости  
от:**

- организации генома
- организации белоксинтезирующих систем
- наличию и составу клеточной стенки

подразделяются на **Домены**:

## **Бактерии (*Bacteria*)**

- характеризуются отсутствием ядра и других внутренних мембранных структур, простым цитоскелетом, не позволяющим осуществлять эндоцитоз и экзоцитоз, размножением путём бинарного деления.
- только в пределах домена *Bacteria* встречается пептидогликан в составе клеточной стенки.

## **Археи (*Archaea*)**

- схожи с бактериями по типу организации клетки, однако устройство большинства молекулярных систем роднит их с эукариотами.
- Важным отличием архей от других доменов является альтернативный химический состав мембран: они построены на основе простых эфиров фосфоглицерила и терпеновых спиртов.

- **Эукариоты (*Eukaryota*)** – отличаются наличием ядра, множества внутренних мембранных структур, сложным цитоскелетом, наличием процессов митоза и мейоза.
- По современным представлениям эукариоты имеют химерное происхождение – большая часть молекулярных систем происходит от древних архейных предков, в то время как митохондрии являются потомками симбиотических бактерий.

# Сравнительная характеристика строения прокариот и эукариот

Признак	Эукариоты	Бактерии	Археи
Типичное устройство генетического аппарата	Ядро, окруженное мембраной и содержащее множество линейных хромосом	Одна кольцевая хромосома, находящаяся в цитоплазме. Широко распространены дополнительные внехромосомные генетические элементы – плазмиды.	
Органеллы, окруженные мембранами	Наличие митохондрий, эндоплазматического ретикулума, комплекса Гольджи	Как правило, отсутствуют	
Типичный состав мембран	Бислой из сложноэфирных фосфолипидов, сфинголипидов, стеролов	Бислой из сложноэфирных фосфолипидов, отсутствуют стеролы. У Грам- бактерий во внешней мембране присутствует липополисахарид,	Бислой или монослой из простоэфирных липидов
Тип рибосом	80S*, архейный тип набора рибосомальных белков	70S, бактериальный тип набора рибосомальных белков	70S, архейный тип набора рибосомальных белков
Пептидогликан в клеточной стенке	Отсутствует	Как правило, присутствует	Отсутствует

# ТАКСОНОМИЯ

## Классификация на примере возбудителя столбняка

Домен включает:

- Тип
- Класс
- Порядок
- Семейство
- Род
- Вид

Domain	Домен	<i>Bacteria</i>
Phylum	Тип	<i>Firmicutes</i>
Class	Класс	<i>Clostridia</i>
Order	Порядок	<i>Clostridiales</i>
Family	Семейство	<i>Clostridiaceae</i>
Genus	Род	<i>Clostridium</i>
Species	Вид	<i>Clostridium tetani</i>

В один вид объединяют бактерий, схожих по нуклеотидным последовательностям гомологичных участков на 95%.

# Классификация на примере кишечной палочки



Domain	Домен	<i>Bacteria</i>
Phylum	Тип	<i>Proteobacteria</i>
Class	Класс	<i>Gamma proteobacteria</i>
Order	Порядок	<i>Enterobacteriales</i>
Family	Семейство	<i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	Род	<i>Escherichia</i>
Species	Вид	<i>Escherichia coli</i>

# Таксономия некоторых представителей патогенных и условно-патогенных бактерий

Тип (Phylum)	Представители
<i>Proteobacteria</i> (грамотрицательн)	<i>Escherichia coli, Salmonella enterica, Yersinia pestis, Vibrio cholerae, Helicobacter pylori, Brucella melitensis, Pseudomonas aeruginosa, Campylobacter jejuni, Neisseria gonorrhoeae, Rickettsia prowazekii,</i>
<i>Firmicutes</i> (грамположительн)	<i>Staphylococcus aureus, Streptococcus pneumoniae, Bacillus anthracis, Clostridium perfringens, Listeria monocytogenes</i>
<i>Actinobacteria</i> (грамполож с высоким Г-Ц)	<i>Corynebacterium diphtheriae, Mycobacterium tuberculosis, Actinomyces israelii, Nocardia asteroides</i>
<i>Spirochaetes</i>	<i>Treponema pallidum, Borrelia recurrentis, Leptospira interrogans</i>
<i>Bacteroidetes</i> (грам- палочки, облиг анаэробы)	<i>Bacteroides fragilis, Porphyromonas gingivalis, Prevotella melaninogenica</i>
<i>Fusobacteria</i>	<i>Fusobacterium necrophorum, Streptobacillus moniliformis</i>
<i>Chlamydiae</i>	<i>Chlamydia trachomatis, Chlamydia pneumonia</i>
<i>Tenericutes</i>	<i>Mycoplasma pneumoniae, Mycoplasma genitalium</i>

# Hierarchy

- domain – Bacteria
- kingdom – none assign for bacteria
- phylum – Proteobacteria
- class – Gamma-proteobacteria
- order – Enterobacteriales
- family – Enterobacteriaceae
- genus – Escherichia
- Species – E.coli



start

# Taxonomy classification

**Kingdom:** Bacteria

**Phylum:** Actinobacteria

**Order:** Actinomycetales

**Suborder:** Corynebacterineae

**Family:** Mycobacteriaceae

**Genus:** Mycobacterium

**Species:** Mycobacterium tuberculosis

# ТАКСОНОМИЯ



- ❑ Помимо таксонов (классы, отделы, порядки, семейства, роды и виды), положенных в основу классификации, в современной микробиологии широко используются специфические таксономические единицы:
- ❖ **Чистая культура** - совокупность однородных микроорганизмов, выделенных на питательной среде, сходных по основным свойствам;
- ❖ **Штамм** - чистая культура микроорганизмов, выделенных из определенного источника;
- ❖ **Клон** - совокупность потомков одной микробной клетки.

# Номенклатура



- **Номенклатура** – это свод международных правил присвоения названий таксонам и список этих названий, выполняет функции «информационного языка».
- В микробиологии, как и в биологии, принята бинарная номенклатура.
- Согласно бинарной номенклатуре название рода пишется латинскими буквами с прописной, название вида – со строчной буквы. Например, возбудитель сибирской язвы пишется как *Bacillus anthracis*.
- **Идентификация** – установление таксономического положения исследуемого штамма, что является наиболее важным аспектом микробиологической диагностики инфекционных заболеваний.
- Идентификация осуществляется на основе изучения фено- и генотипических характеристик изучаемого инфекционного агента и сравнения их с характеристиками известных видов.

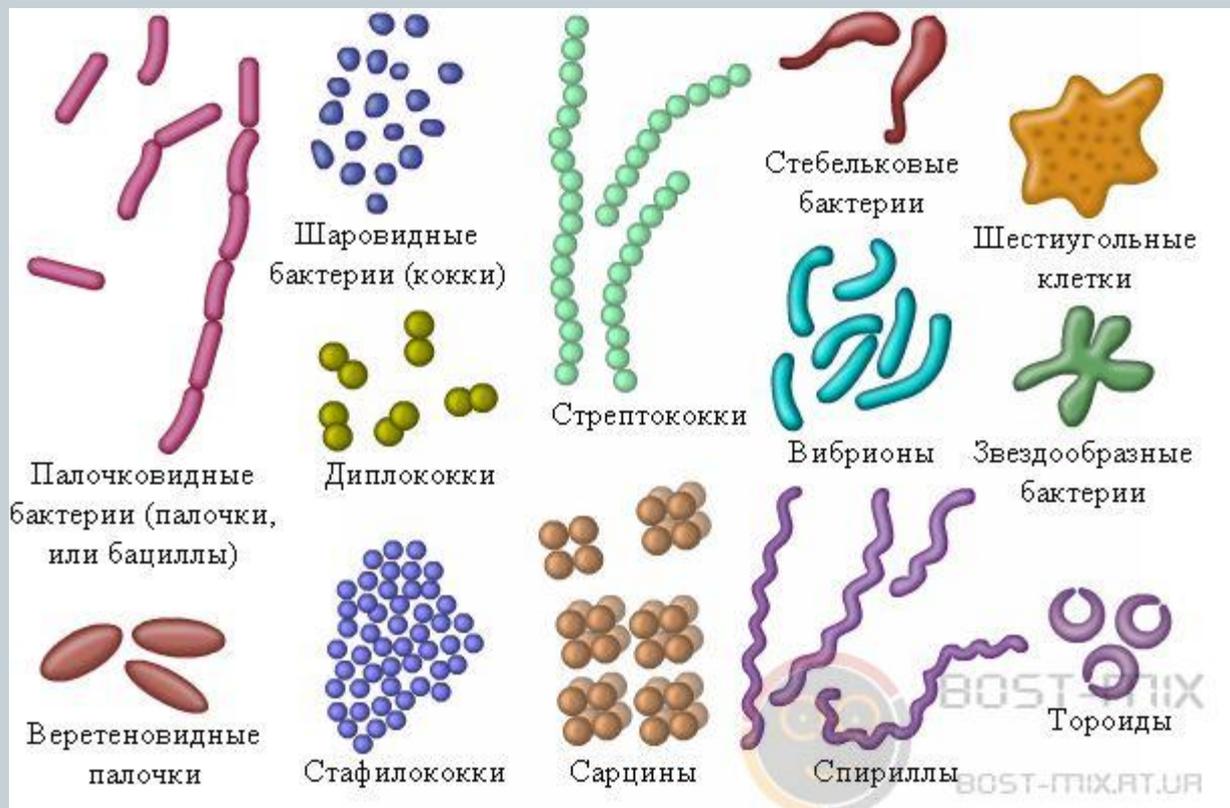
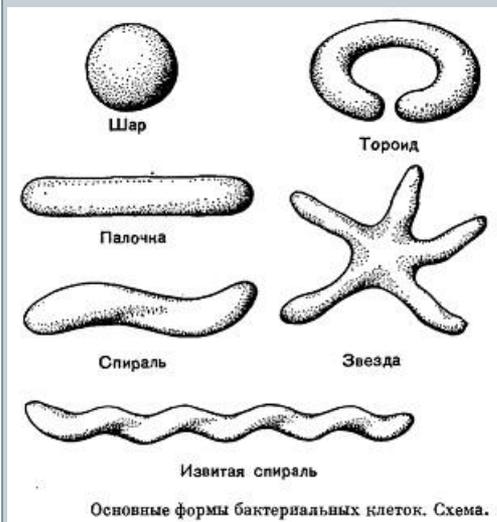
ПРИЗНАКИ	ПРОКАРИОТЫ	ЭУКАРИОТЫ
Ядро Организация ДНК	Нет ядерной мембраны и митоза Отдельные молекулы, не связанные с гистонами	Ядро, ядерная мембрана, митоз В хромосомах, обычно связаны с гистонами
Состав мембран Дыхательная система	Не содержат стеролов Дыхательная система является частью мембран или мезосом. Митохондрий нет	Содержат стеролы В мембранных органеллах; митохондрии имеются
Размер рибосом Движение цитоплазмы Клеточная стенка	70S Движение цитоплазмы отсутствует В химическом комплексе присутствуют пептидогликаны	80S Движение цитоплазмы часто обнаруживается Если имеется стенка, то она образована из простого органического или неорганического материала
Жгутики	Субмикроскопические размеры, состоят из одной или нескольких фибрилл	Микроскопические размеры, каждый жгутик состоит из 20 фибрилл, собранных в группы $2 \times 9 + 2$
Вакуоли Сухой остаток клетки	Редко встречаются $10^{-15} - 10^{-11}$ г	Часто встречаются $10^{-11} - 10^{-7}$ г
Влияние антибиотиков Верхний предел температуры Устойчивость к $\gamma$ -облучению Анаэробноз	Чувствительны к пенициллину 75 — 90 °C Очень высокая Факультативный и облигатный	Нечувствительны к пенициллину 40 — 60 °C Низкая Факультативный
Процесс фотосинтеза	Пигмент бактериохлорофилл Восстановители: $H_2S$ , другие соединения S, органические вещества	Хлорофилл <i>a</i> , часто <i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> или <i>e</i> . Выделяется кислород. Восстановитель — $H_2O$
Половой процесс	Фрагментарный процесс, нет мейоза, обычно передается лишь часть наследственной информации	Систематический процесс, мейоз, передается весь набор хромосом
Число хромосом Состав хромосом Набор хромосом	Одна хромосома ДНК Гаплоидный	Больше, чем одна ДНК и белок Гаплоидный или диплоидный
Цитоплазматическая ДНК	Плазмиды и эписомы (не окружены мембраной)	Митохондрии, хлоропласты, центриоли, кинетосомы (базальные тела), аппарат Гольджи
Гаметы	Сам организм	Сам организм или специальный продукт мейоза
Концентрация ДНК в граммах на гаплоидное ядро	$4,3 \cdot 10^{-15}$	$1,5 \cdot 10^{-12}$

# Морфологические признаки



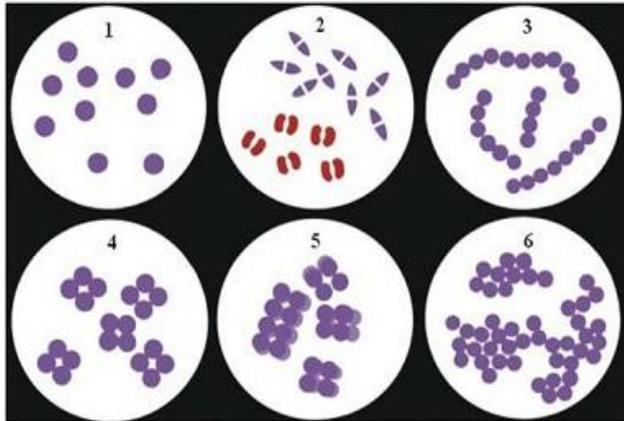
- Форма клетки (кокковидная, палочковидная, извитые)
- Размеры
- Взаимное расположение клеток
- Наличие особых структур (капсула, спора)
- **Тинкториальные свойства** – отношение к окраске
  
- **По форме** бактериальной клетке выделяют:
  - Кокковидные
  - Палочковидные
  - Извитые
  - нитевидные

# Морфологические формы бактерий

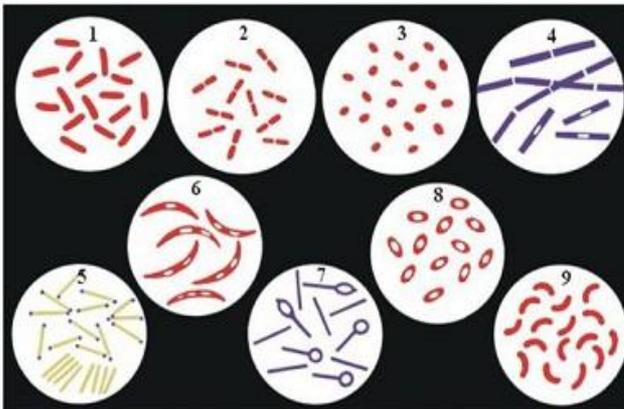


# Морфологические формы бактерий

Кокковидные и палочковидные формы бактерий



1. Микрококки 2. Диплококки 3. Стрептококки  
4. Тетракокки 5. Сарцина 6. Стафилококки



1. Эшерихии 2. Клебсиеллы 3. Бруцеллы 4. Бациллы  
5. Дифтерийная палочка 6. Фузобактерии 7. Клостридии  
8. Иерсинии 9. Вибрионы

ТОНКОСТЕННЫЕ, ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ		ТОЛСТОСТЕННЫЕ, ГРАМОПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ	
Менингококки		Пневмококки	
Гонококки		Стрептококки	
Вейлонеллы		Стафилококки	
Палочки		Палочки	
Вибрионы		Бациллы*	
Кампилобактерии, Хеликобактерии		Клостридии*	
Спириллы		Коринебактерии	
Спирохеты		Микобактерии	
Риккетсии		Бифидобактерии	
Хламидии		Актиномицеты	

\*Расположение спор: 1 - центральное, 2 - субтерминальное, 3 - терминальное.

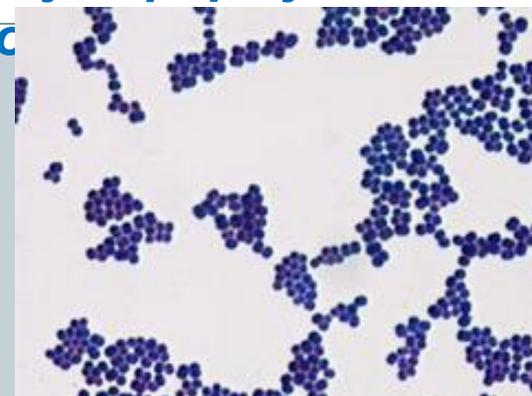
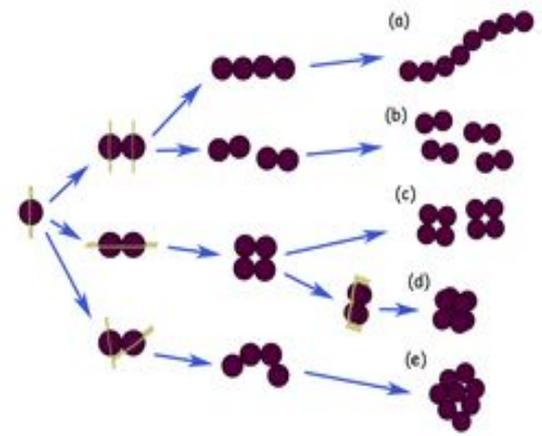
Основные формы бактерий

# Кокки классифицируются по взаимному расположению в чистой культуре

Могут иметь как правильную шаровидную форму, так и

вытянутую

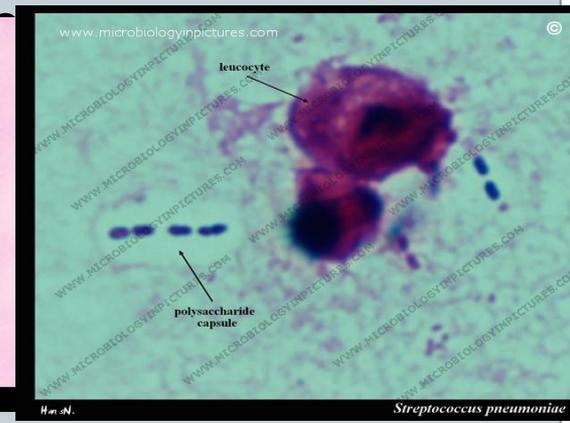
однос



**Стрептококки** - это кокки, расположенные цепочками, т.к. деление клеток идет в одной плоскости и клетки после деления не

**Стафилококки** - это кокки, расположенные неправильными скоплениями, т.к. деление клеток идет в нескольких

- (a) стрептококки,
- (b) диплококки,
- (c) тетракокки,
- (d) сарцины,
- (e) стафилококки

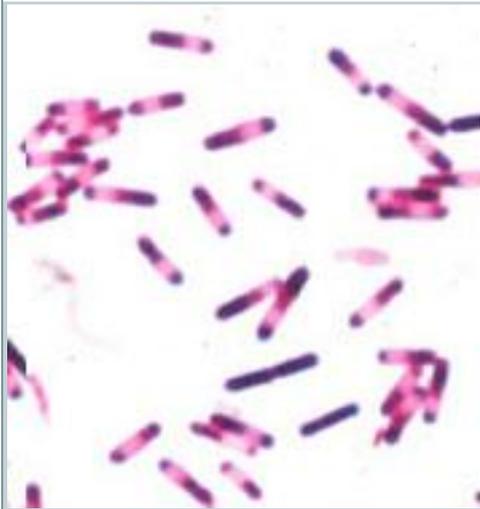


Диплококки: менингококки

ГОНОКОККИ

ПНЕВМОКОККИ

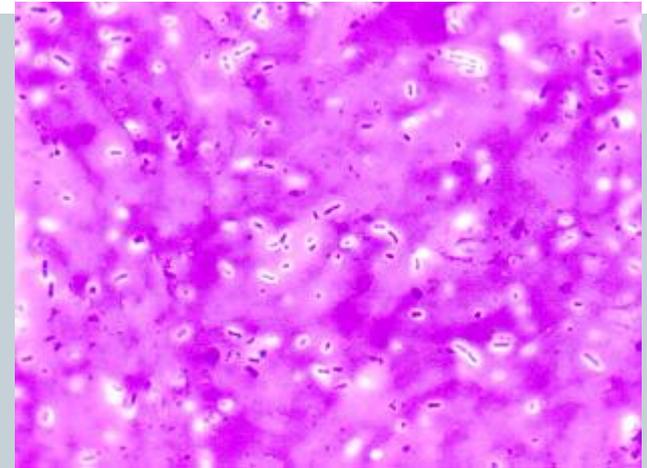
Палочковидные бактерии характеризуются по взаимному расположению в чистой культуре, характеру концов, способности образовывать споры.



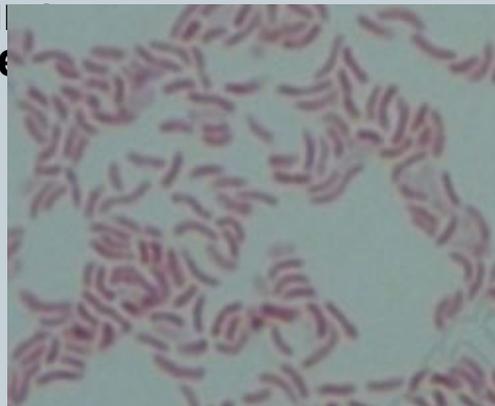
**Клостридии**- грам+ палочки с закругленными концами, внутри эндоспоры (не окрашиваются)



**Энтеробактерии** – Грам- палочки с закругленными концами  
**E.coli**

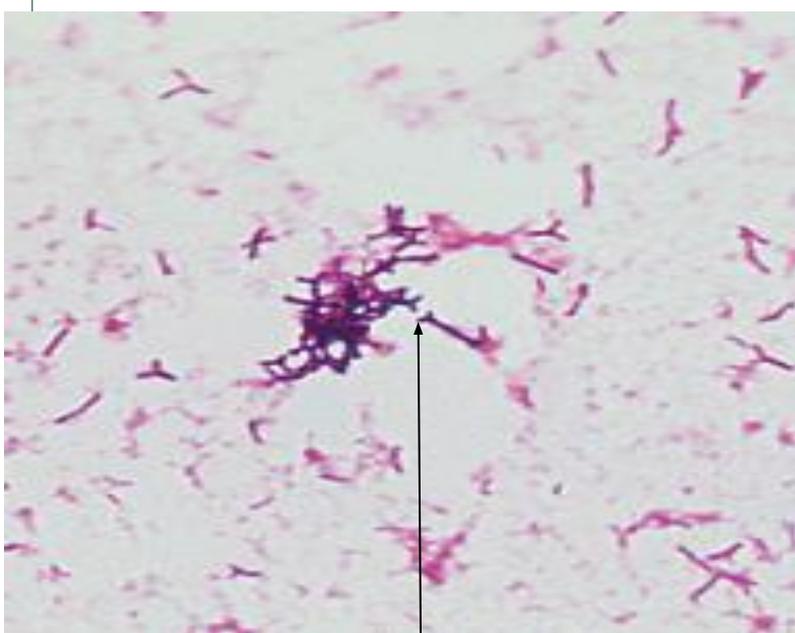


**Klebsiella** (расположены парами под общей капсулой)



**Холерный вибрион**- изогнутые грам- палочки с закругленными концами

# Палочковидные бактерии (продолжение)



**Бифидобактерии**- грам+ палочки с бифуркацией на



**Возбудитель дифтерии**- грам+ палочки с утолщениями на полюсах



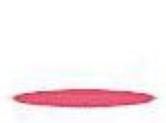
**Bacillus Anthracis (возбудитель сибирской язвы)** - грам+ палочки с обрубленными концами, расположены цепочками



- **Клостридии.- Грам+ палочки с закругленными концами**

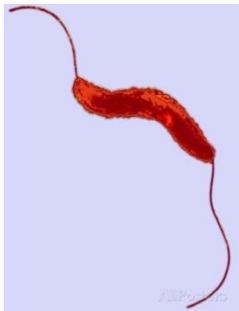


**Лактобактерии- грам+ палочки с закругленными концами**

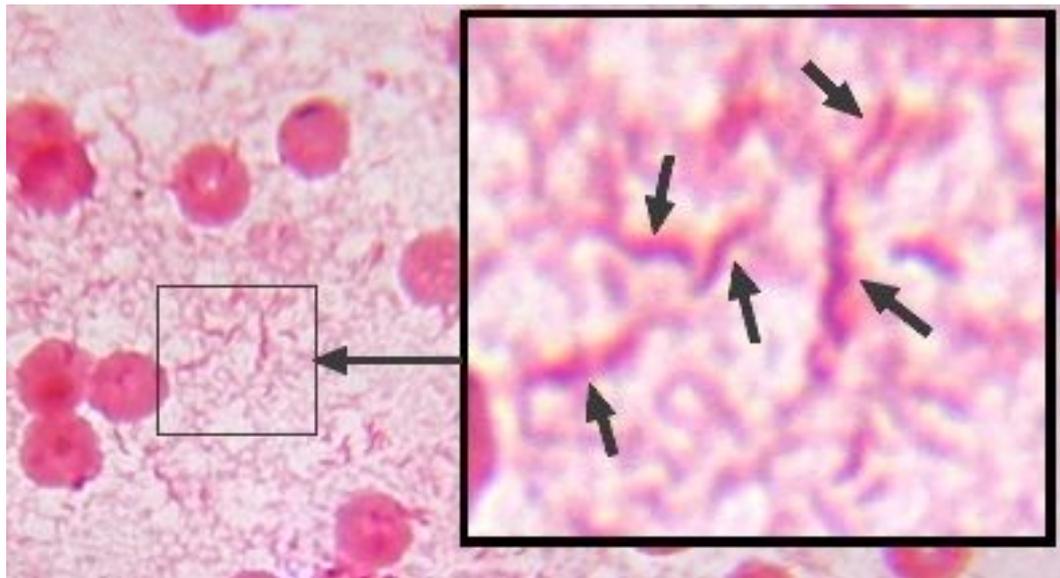


***Fusobacterium*- грам- палочки с заостренными концами**

# Извитые бактерии



*Campylobacter*



*Helicobacter*