

Курс микробиологии и
вирусологии медицинского
факультета ЧГУ

доцент Ефейкина Надежда
Борисовна

Строение бактерий

Лекция 1

Отличия в строении прокариот и эукариот

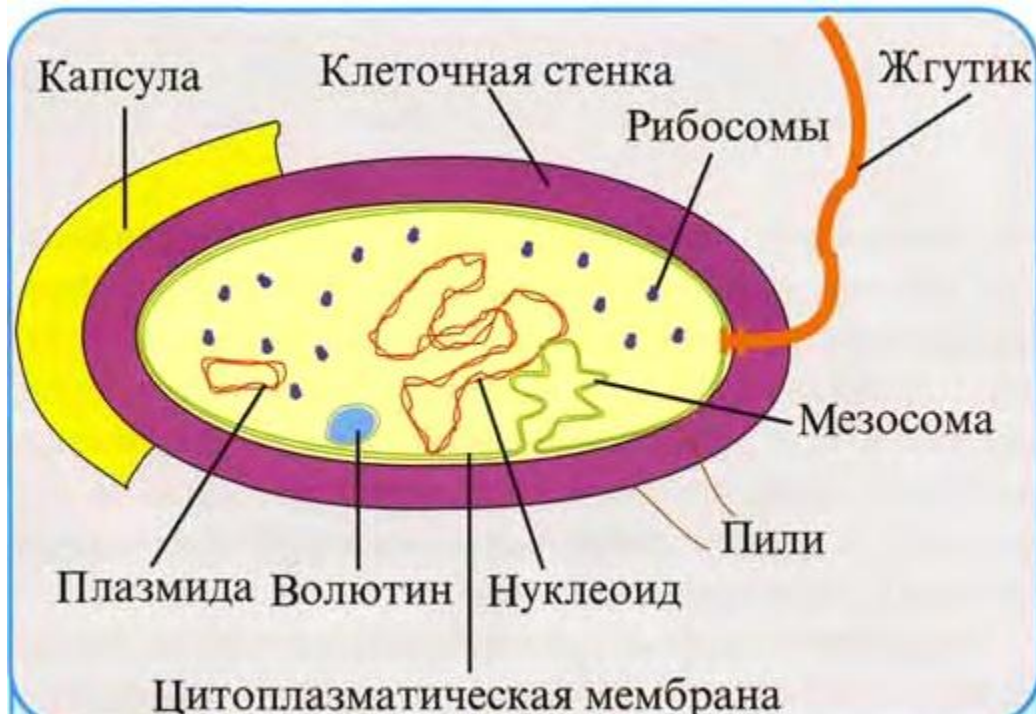
эукариоты

- **Имеют:**
- поверхностную мембрану,
- эндоплазматическую сеть,
- комплекс Гольджи,
- одно или несколько ядер,
- митохондрии.
- Клеточная стенка имеет разный характер строения и степень выраженности в зависимости от стадии и фазы развития.
- Размножаются половым и бесполом путем

прокариоты

- **Нет:**
- Ядра, ядерной оболочки, ядрышек и ядерного сока,
- Митохондрий,
- Эндоплазматической сети и аппарата Гольджи;
- У некоторых нет клеточной стенки.
- Размножаются поперечным делением или почкованием.

Схема строения бактериальной клетки



Органеллы бактериальной клетки:

Обязательные

- Нуклеоид ,
- Цитоплазма,
- Цитоплазматическая мембрана ,
- Клеточная стенка,
- Рибосомы ,
- Мезосомы .

• Необязательны е (факультативн ые)

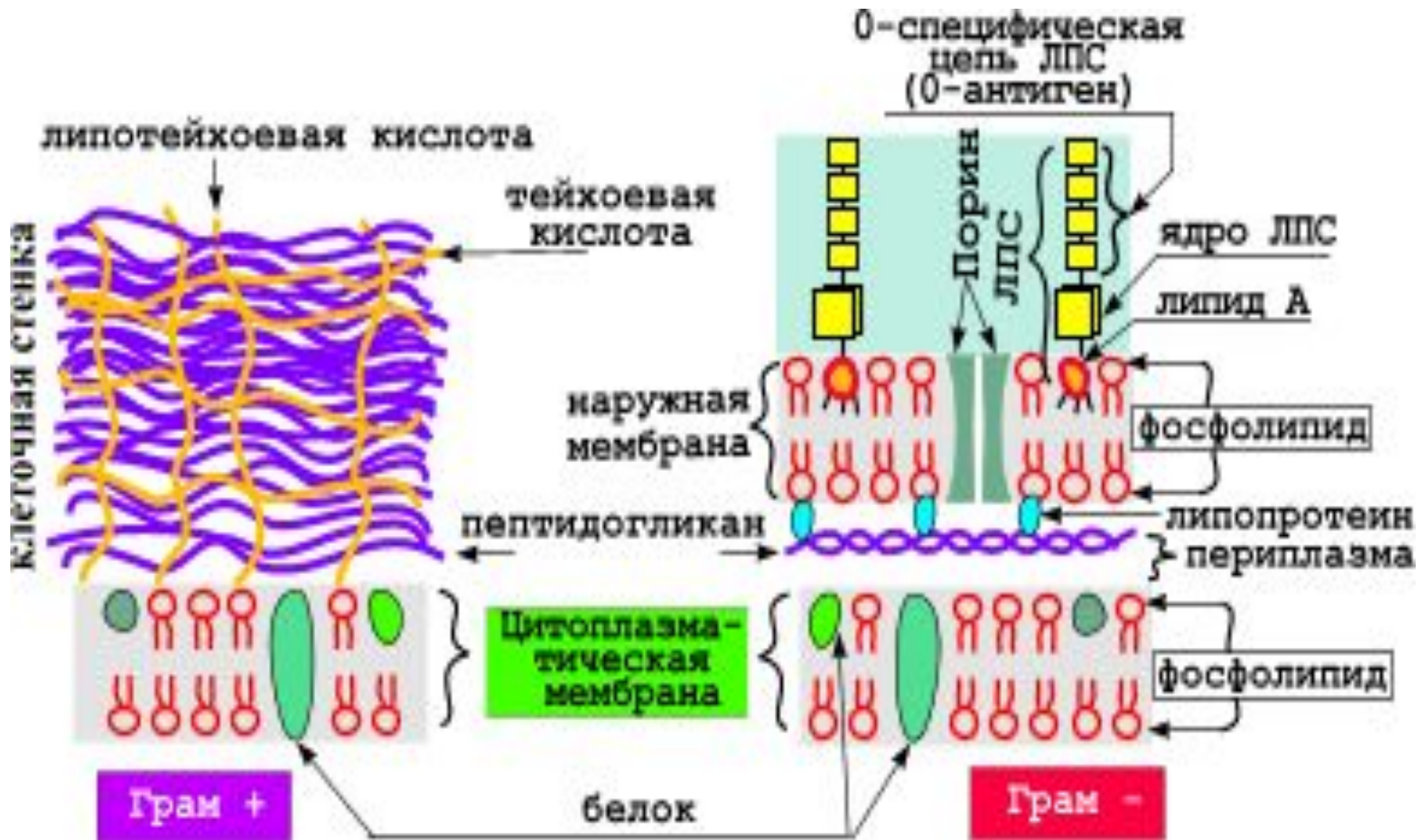
- Плазмиды,
- Цитоплазматические включения,
- Защитные приспособления:
 - спора (эндоспора)
 - Капсула,
- Жгутики,
- Пили, фимбрии.

Строение клеточной стенки бактерий

| Firmicutes (грамположительные) | Gracillicutes (грамотрицательные) |
|---|--|
| Пептидогликан многослойный | Пептидогликан однослойный |
| Есть полимеры тейхоевых кислот | Нет тейхоевых кислот |
| Нет внешней мембраны | Есть внешняя мембрана (состоит из фосфолипидов, белков, полисахаридов и липополисахаридов) |
| По Граму – фиолетовый цвет | По Граму – розовый цвет |
| Под действием лизоцима образуют протопласты | Под действием пенициллина образуют сферопласты |

Схема строения оболочек

грамположительных и грамотрицательных бактерий



Строение пептидогликана грамположительных бактерий

- **Пептидогликан** имеет волокнистую структуру и состоит из параллельно расположенных молекул **гликана**, образованного повторяющимися остатками

N-ацетилглюкозамина (Г)

и N-ацетилмурамовой кислоты (М),

соединенных **гликозидной** связью



- Соседние молекулы **гликана** соединяются через N-ацетилмурамовые кислоты (М) **тетрапептидной связью** (состоит из 4 аминокислот, например, L-ала—D-глу—L-лиз—D-ала).



L-ала

L-ала

D-глу

D-глу

L-лиз-гли-гли-гли-гли-гли-L-лиз

D-ала

D-ала



- Тетрапептиды соединены друг с другом полипептидными цепочками из 5 остатков глицина = **пентаглицин**

Строение пептидогликана грамотрицательных бактерий

- Пептидогликан - состоит из параллельных молекул гликана,



- соседние молекулы гликана соединены тетрапептидами:
L-ала—D-глу—**мезо-диаминопимелиновая к-та**—D-ала
- тетрапептиды соединяются друг с другом через **D-ала** одной цепи и **мезоДАП** другой.



L-ала

L-ала

D-глу

D-глу

ДАП

ДАП

D-ала

D-ала



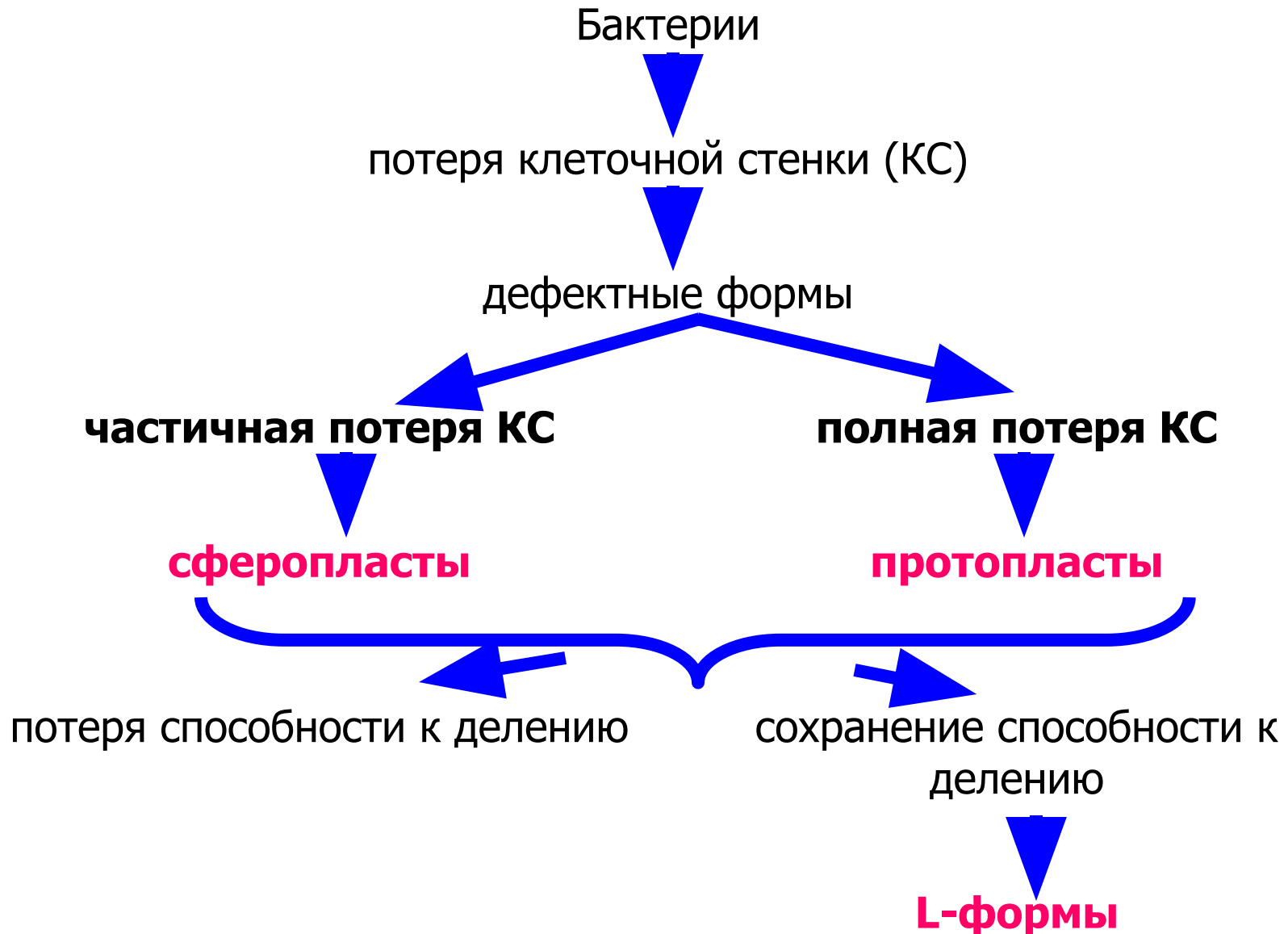
Строение наружной мембраны грамотрицательных бактерий

- **Наружная мембрана** – через **липопротеин** связана с пептидогликаном,
 - имеет вид волнообразной трехслойной структуры,
 - основным компонентом является **бимолекулярный слой липидов**,
 - мозаичная структура, состоит из:
 - = **липополисахарида**,
 - = **фосфолипидов**,
 - = **белков**,
 - ассиметрична:
 - = внутренний слой состоит из фосфолипидов,
 - = в наружном расположен липополисахарид (ЛПС).

Строение липополисахарида грамотрицательных бактерий

- **Липополисахарид** состоит из 3-х фрагментов:
 - **липид А** – одинаков у всех Гр-бактерий,
 - обуславливает токсичность,
 - отождествляется с эндотоксином,
 - с его помощью ЛПС крепится в наружной мембране;
 - **ядро** = основной фрагмент (базисный) – состоит из олигосахаридов, одинаков,
 - наиболее постоянной частью ядра является кетодезоксиоктоновая к-та;
 - **высоковариабельная цепь полисахаридов** = О-специфическая часть - обуславливает серогруппу, серовар (О-АГ).

Дефектные формы бактерий



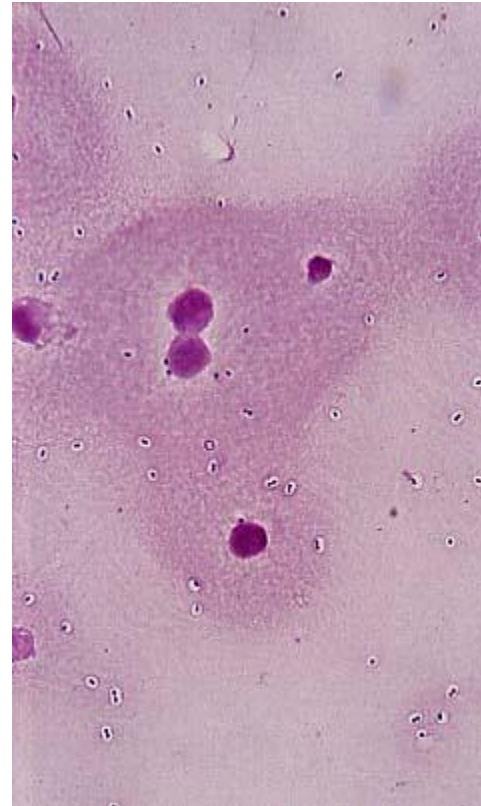
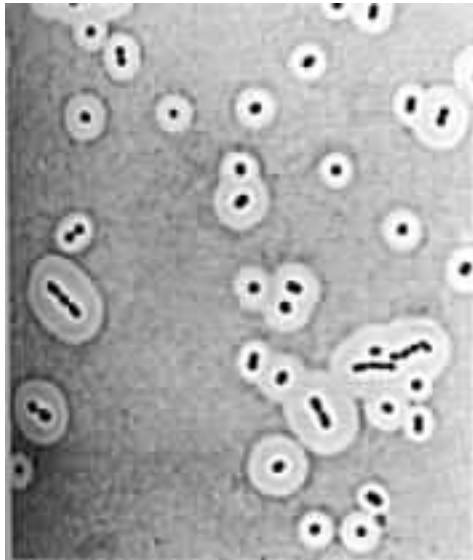
Микро- и макрокапсула бактерий

| | Макрокапсула (капсула) | Микрокапсула |
|-------------------|---|--|
| Определение | Выраженный слизистый слой, покрывающий КС и имеющий фибриллярное строение | Тесно прилегающие к КС мукополисахаридные фибриллы |
| Место образования | <ul style="list-style-type: none">• человеческий организм• питательные среды, содержащие сыворотку крови | |
| Состав | <ul style="list-style-type: none">• чаще – полисахариды• реже - полипептиды | мукополисахарид |
| Функция | Защита бактериальной клетки от: <ul style="list-style-type: none">• фагоцитов• антител | |

Микро- и макрокапсула бактерий

| | Макрокапсула (капсула) | Микрокапсула |
|-------------------------------|--|--|
| Бактерии, обладающие капсулой | <ul style="list-style-type: none">• <u>клебсиеллы</u> (образуется ими постоянно, даже на простых питательных средах),• <u>пневмококк</u>,• <u>бациллы сибирской язвы</u>,• <u>клостридии перфрингенс</u>,• <u>коккобактерии</u> (кроме бруцелл). | Многие бактерии |
| Выявление | <ul style="list-style-type: none">• В мазке из патологического материала – любым методом окраски (неокрашенный ореол вокруг бактериальной клетки)• Специальные методы окраски | Электронно-микроскопическое исследование |

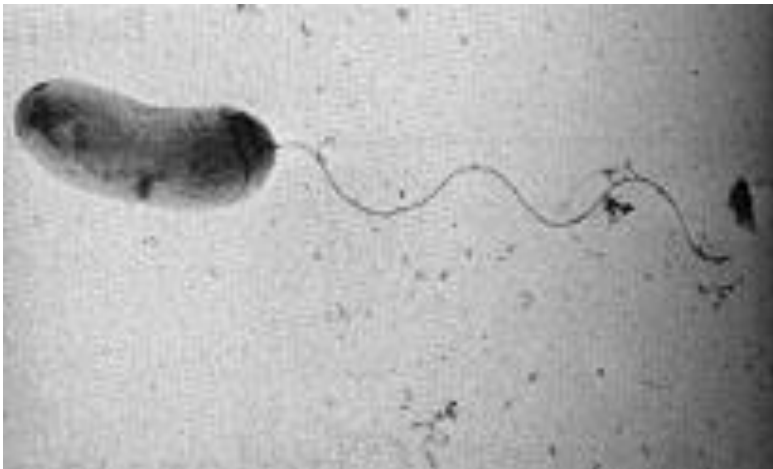
Капсула бактерий



Жгутики бактерий



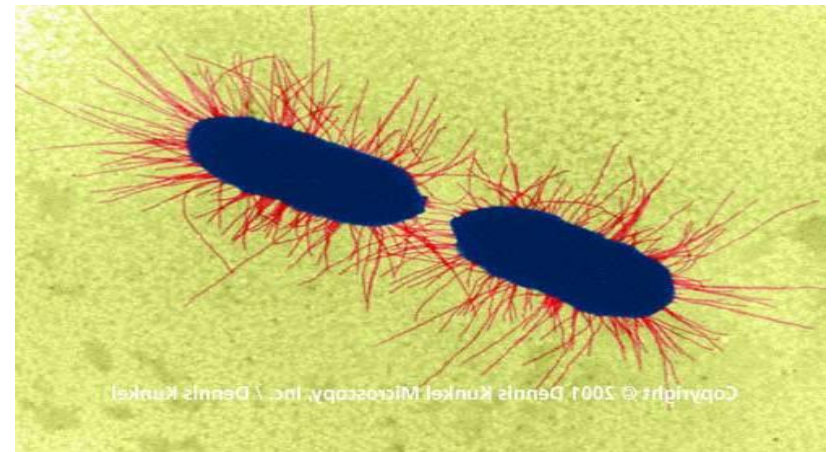
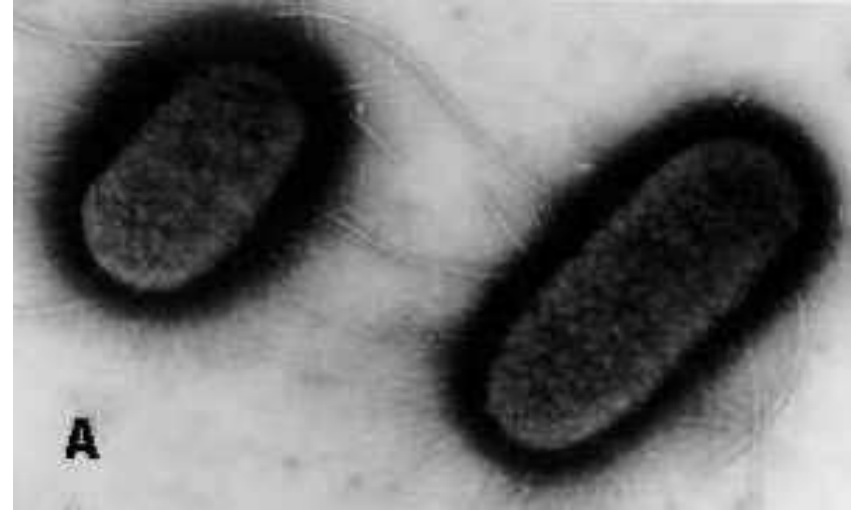
- Органы движения бактерий
 - жгутики
 - осевая нить (у спирохет)



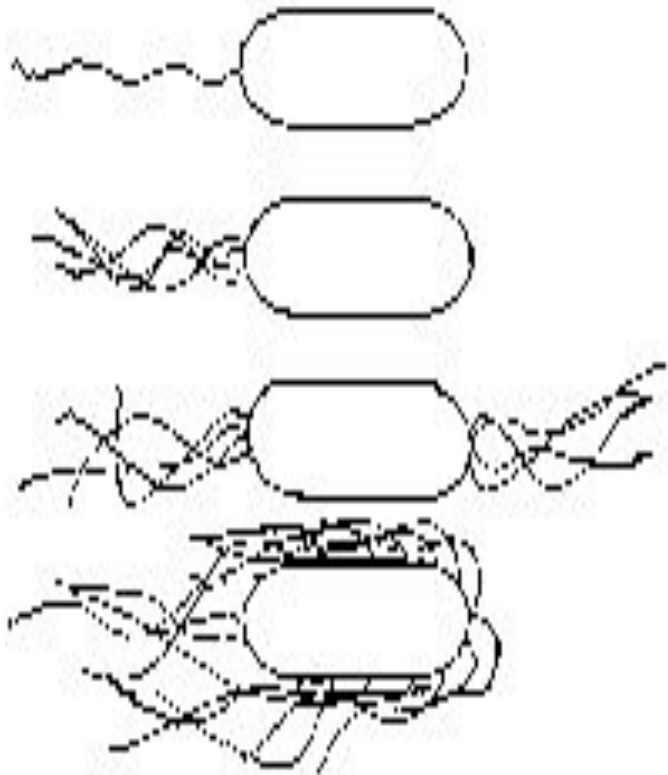
- Тип движения жгутиков
 - Вращательный

Жгутики бактерий

- **Выявление жгутиков**
- **косвенное** – по факту подвижности бактерий (методы висячей и раздавленной капли)
- **прямое:**
 - специальные методы окраски,
 - фазово-контрастная микроскопия (у лофотрихов),
 - электронная микроскопия.



Классификация бактерий по числу и расположению ЖГУТИКОВ



– **монотрихи** – один на полюсе (Холерный вибрион, псевдомонады)

– **политрихи** – много:

- **лофотрихи** – пучок (Род *Alcaligenes*)
- **амфитрихи** – на противоположенных полюсах (Спириллы)
- **перитрихи** – по всей поверхности (Кишечная палочка, возбудитель столбняка)

– **атрихи** – ЖГУТИКИ ОТСУТСТВУЮТ

Спора и спорообразование у бактерий

- **Определение:** СПОРА - покоящаяся форма, позволяющая сохранить наследственную информацию бактериальной клетки в неблагоприятных условиях внешней среды
- **Функция** - защита от:
 - неблагоприятных физико-химических факторов внешней среды
 - истощения питательной среды
- **Строение** - ДНК, окруженная многослойной оболочкой, в т.ч. пептидогликановой (кортекс)

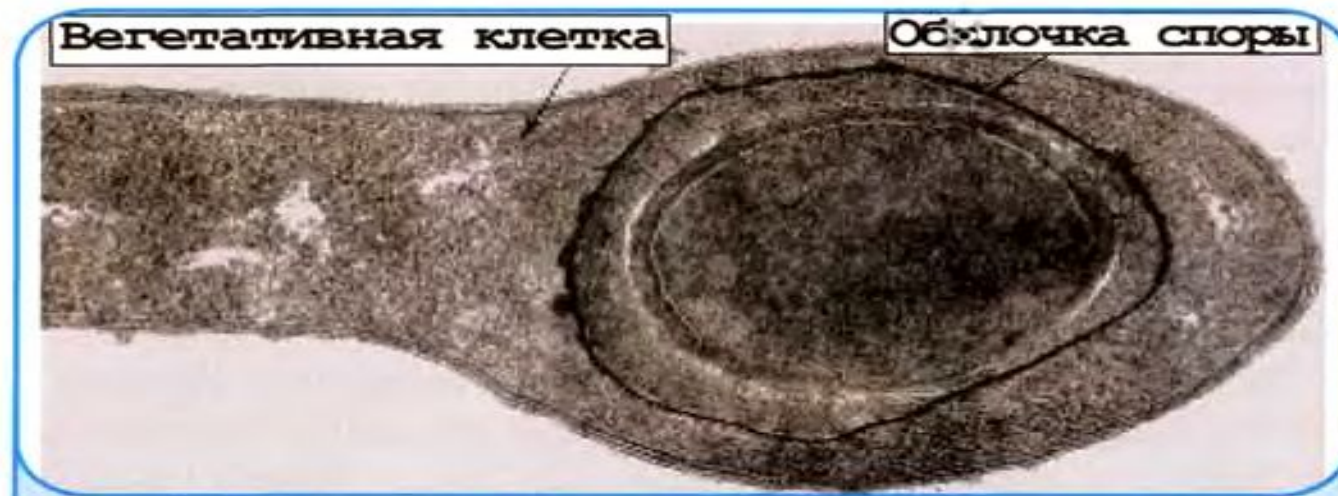
Спора и спорообразование у бактерий

- Место образования:
 - внешняя среда (не в организме человека)
 - искусственная питательная среда
- Факторы, обуславливающие термоустойчивость:
 - практически полное отсутствие свободной воды
 - повышенная концентрация кальция
 - наличие дипиколиновой кислоты
 - особое строение белка
 - особое строение пептидогликана кортекса

Стадии образования споры

1. формирование **спорогенной зоны** (уплотненный участок цитоплазмы вокруг нуклеоида)
2. образование **проспоры** (изолирование спорогенной зоны от остальной части цитоплазмы растущей внутрь клетки ЦПМ)
3. образование **кортекса и дипиколиновой кислоты**
4. образование внешней оболочки, содержащей **СОЛИ Кальция**

5.0
1-

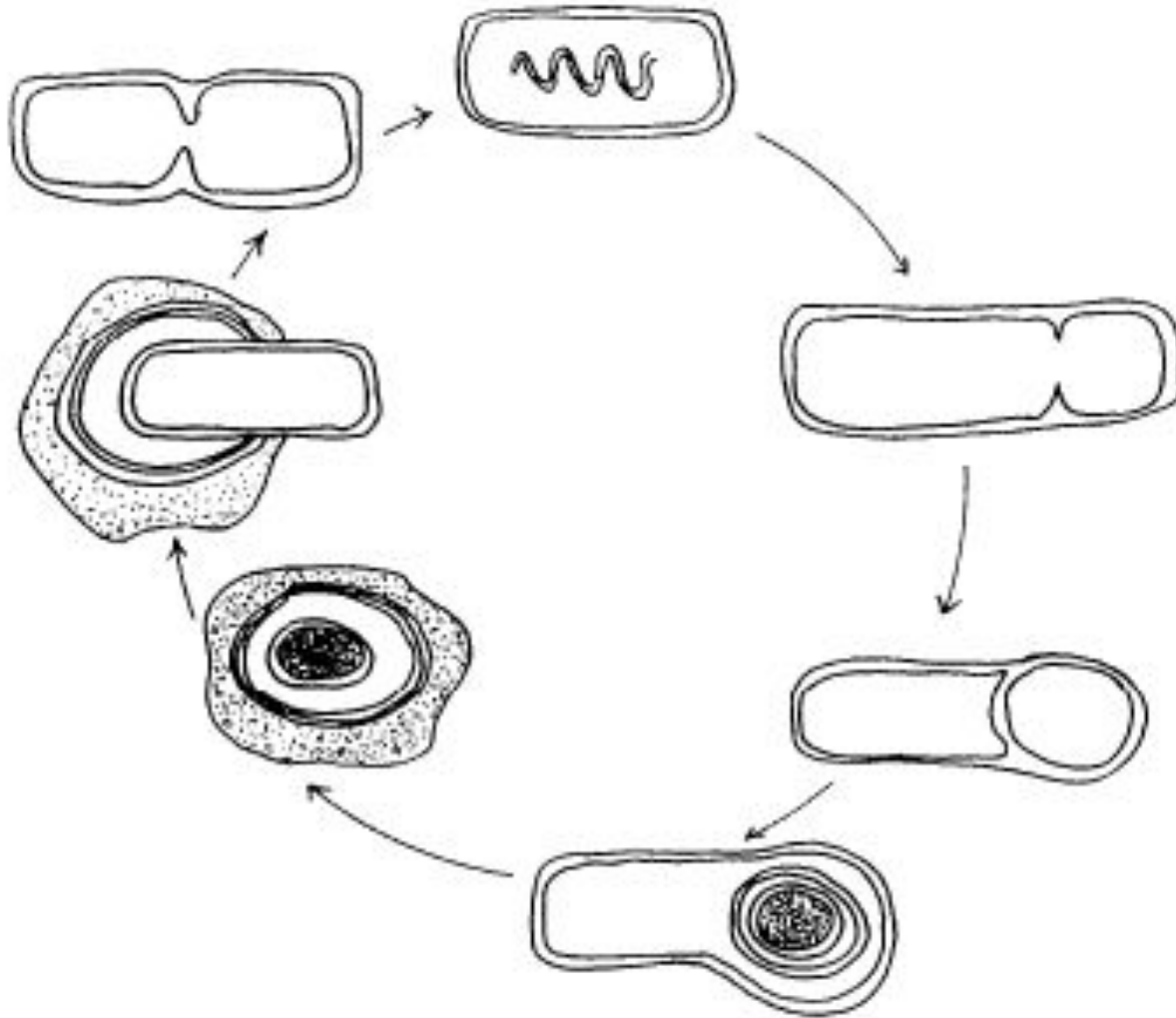


ЛЬНО С

Стадии прорастания споры

1. набухание (увеличение количества свободной воды)
2. активация ферментов
3. разрушение плотных оболочек (разрушаются соли кальция, кортекс, дипиколиновая кислота)
4. выход ростовой трубки (бактериальной клетки)
5. синтез клеточной стенки

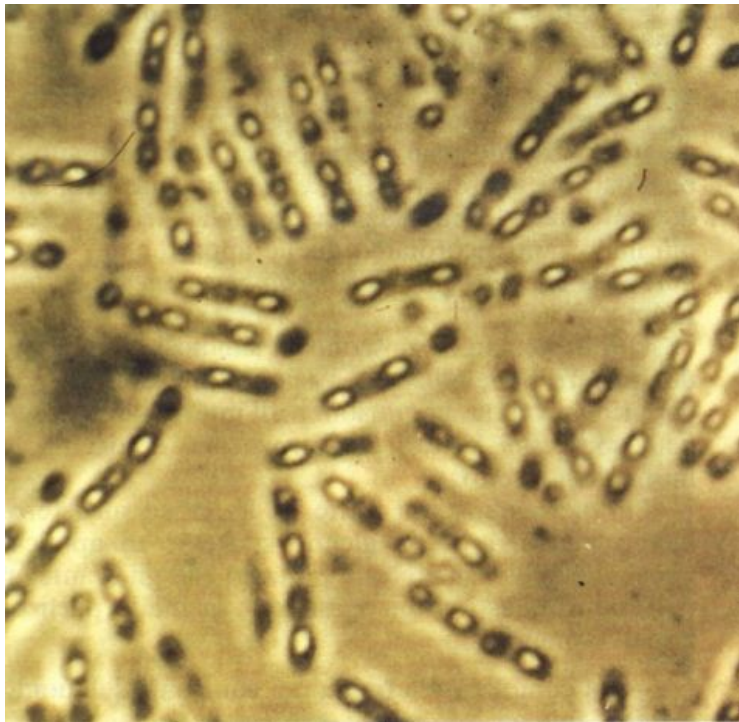
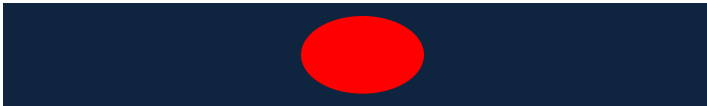
Схема процессов спорообразования и прорастания споры



Спорообразующие бактерии

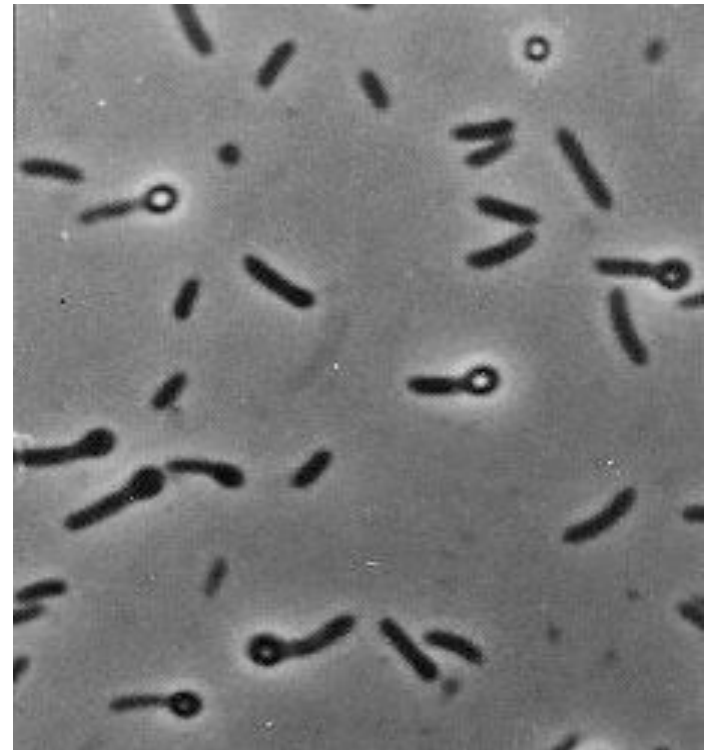
Бациллы

(спора меньше диаметра
клетки)

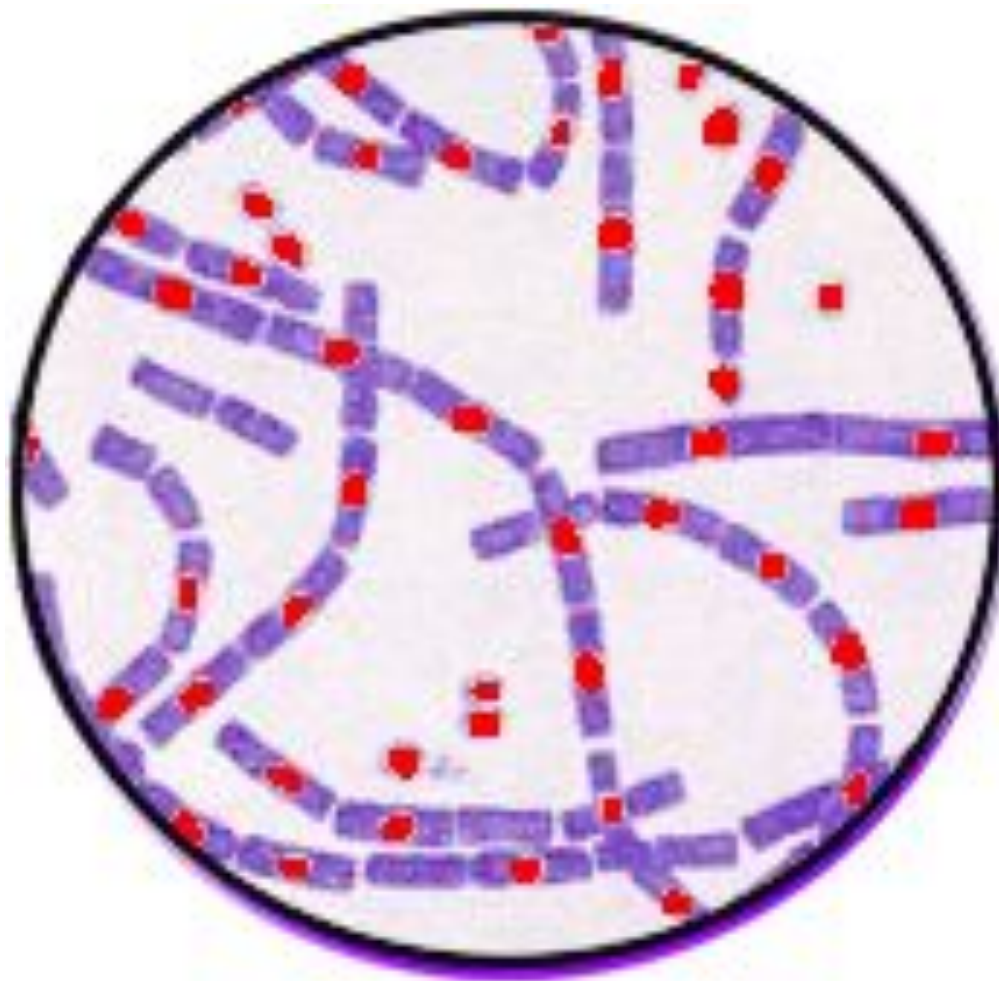


Клостридии

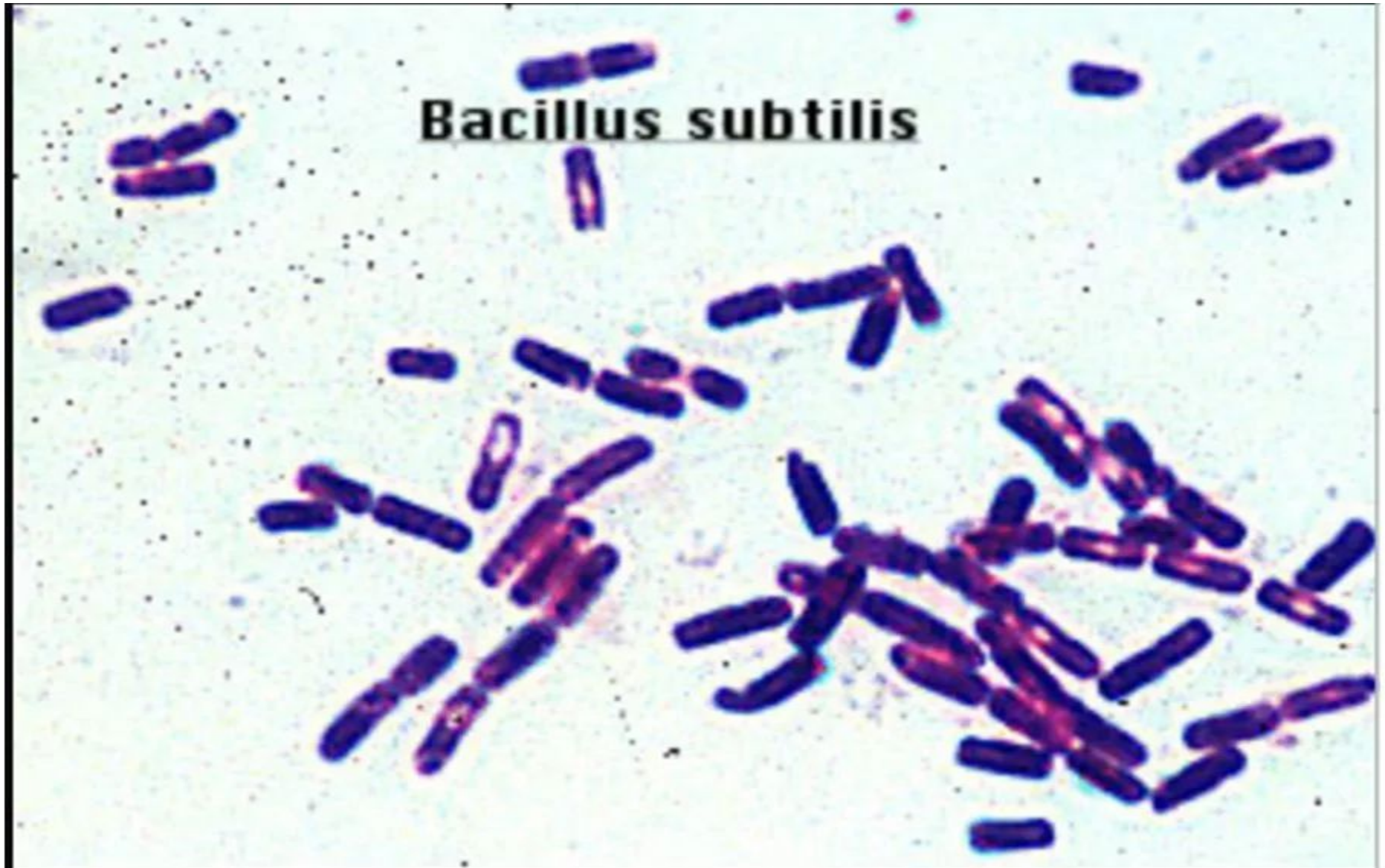
(спора больше диаметра
клетки)



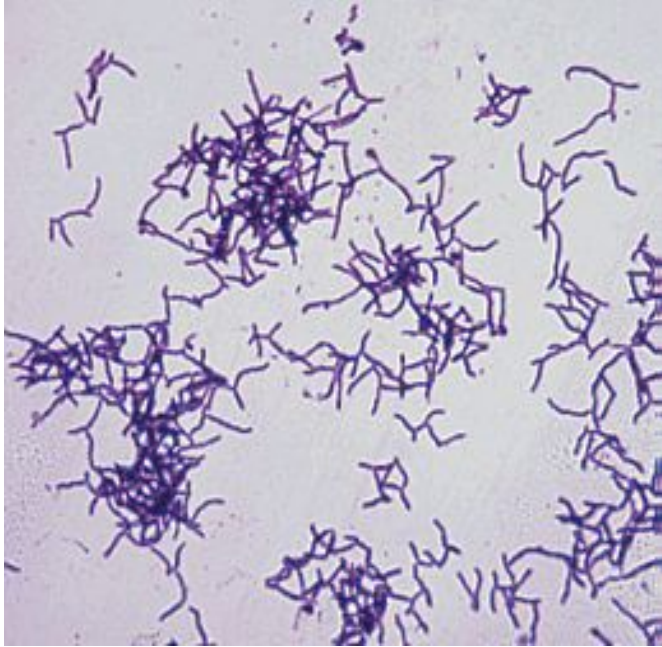
Выявление спор - окраска по Ожешко



Выявление спор - окраска по Граму



АКТИНОМИЦЕТЫ



- **Классификация:**
 - **Тип:** Actinobacteria
 - **Класс:** Actinobacteria
 - **Роды:** - Actinomyces (A.bovis)
- Nocardia (N.asteroides)

- **Медицинское значение** - вызывают **актиномикоз** (в пораженных тканях образуют переплетения гиф – **друзы**, которые в центре кальцинируются) и **нокардиоз**

Актиномицеты



- **Морфология:**

- имеют вид палочек или нитей (**гиф**), которые переплетаясь образуют **мицелий** (субстратный и воздушный),
- на концах воздушного мицелия располагаются **спороносцы** (орган плодоношения), несущие 1 или несколько **спор**,
- жгутиков не имеют,
- истинных спор и капсул не образуют.

Актиномицеты



- **Отличие от бактерий –**
- в составе пептидогликана клеточной стенки имеют:
- арабинозу,
- галактозу,
- ксилозу,
- мадуросу.

Спирохеты

Классификация

- **Тип:** Spirochaetes
- **Класс:** Spirochaetes
- **Роды:**

–Treponema

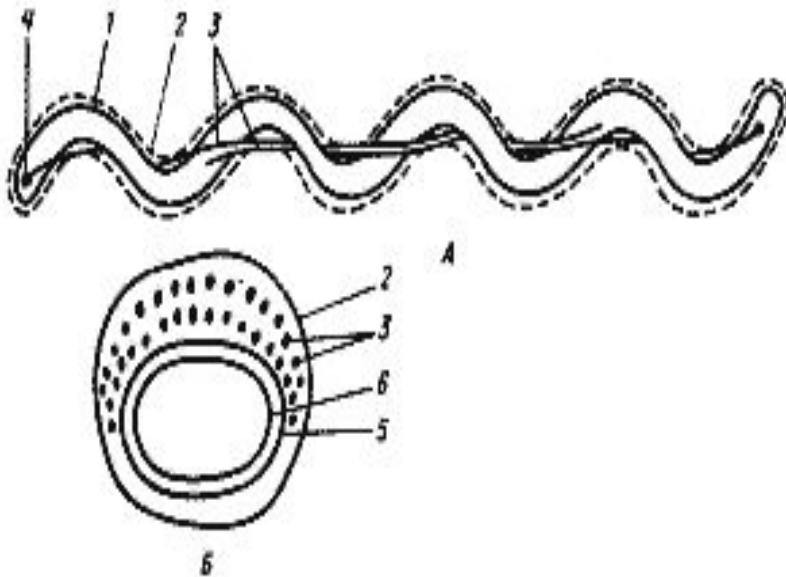
(*T. pallidum*)

–Leptospira

(*L. interrogans*)

–Borrelia

(*B. reccurrentis*)



1 — протоплазматический цилиндр; 2 — наружный чехол; 3 — аксиальные фибриллы; 4 — блефаропласт = место прикрепления аксиальных фибрилл; 5 — пептидогликановый слой клеточной стенки; 6 — ЦПМ.

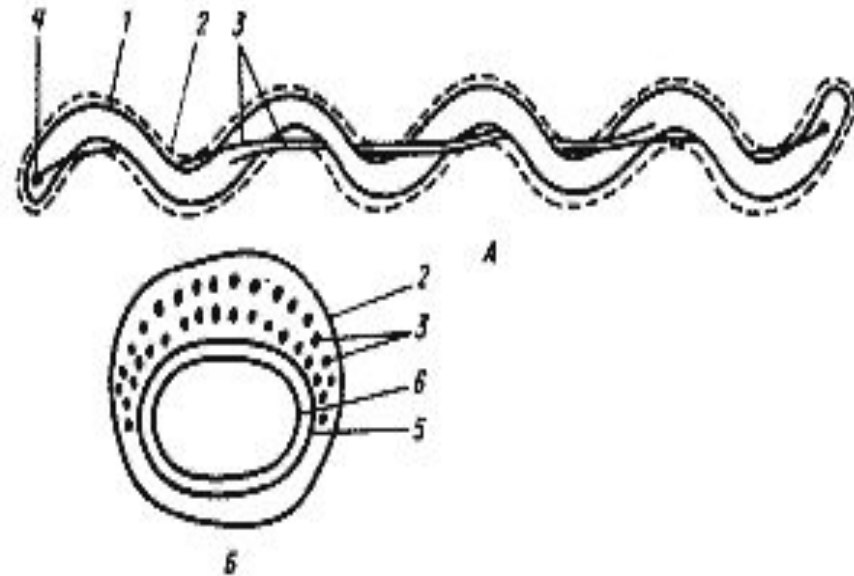
Спирохеты

Особенности ультраструктуры

В периплазматическом пространстве клеточной стенки вдоль всего тела бактерий проходит **осевая нить** (аксиальная нить или фибрилла), которая крепится к **блефаропластам**,

Осевая нить состоит (аналогично жгутику) из сократительного белка **флагеллина** и служит органом движения.

Поэтому спирохеты двигаются благодаря сокращению всего тела.

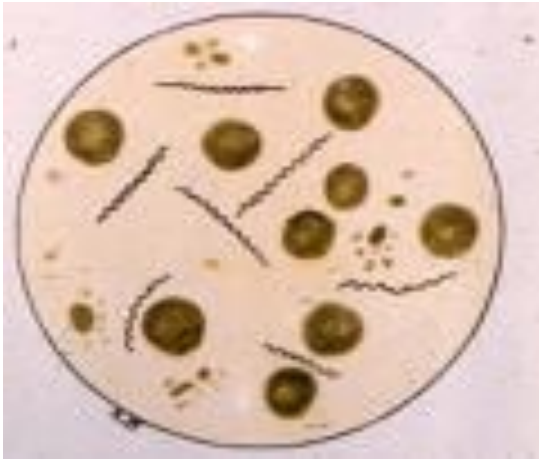


1 — протоплазматический цилиндр; 2 — наружный чехол; 3 — аксиальные фибриллы; 4 — блефаропласт = место прикрепления аксиальных фибрилл; 5 — пептидогликановый слой клеточной стенки; 6 — ЦПМ.

Особенности морфологии спирохет

| | Трепонема | Borrelia | Leptospira |
|--------------------------------|---|---|--|
| Форма | штопорообразная | Неправильно изогнутая | Сигмовидная, С- или Z-образная |
| Количество и характер завитков | 8-12 завитков одинаковой амплитуды | амплитуда и количество завитков не постоянны | первичные завитки (около 20) -практически не видны, а вторичные («крючья») – 2 -направлены в одну или в разные стороны |
| Количество фибрилл | 3-4 | 7-20 | 2 |
| Характер движения | Плавное, сгибательно-поступательное | Толчкообразное, сгибательно-поступательное | Очень активное, вращательное |
| Окраска по Романовскому-Гимзе | Бледно-розовая | Сине-фиолетовая | Розово-сиреневая, но чаще изучают в темном поле зрения по вращательному движению |

Особенности морфологии спирохет



Трепонемы

Боррелии

Лептоспиры

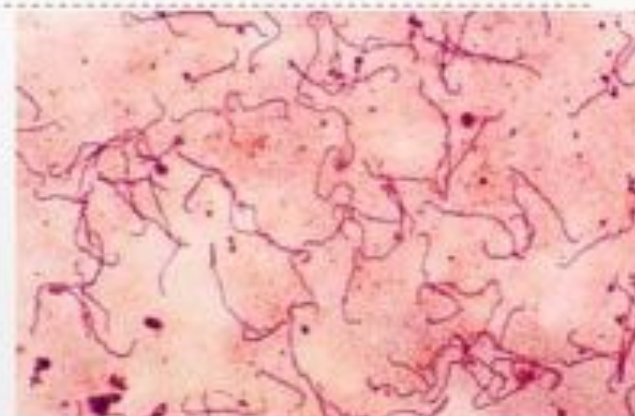


Leptospira в
темном поле
зрения

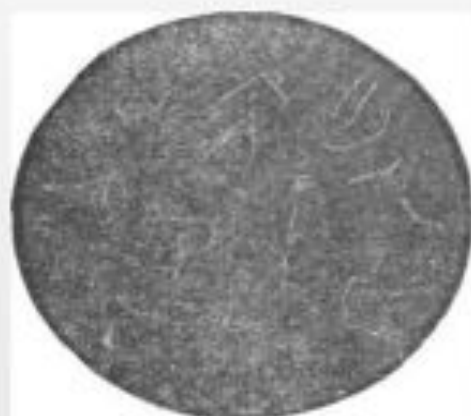
Окраска по Романовскому-Гимзе



Leptospira.



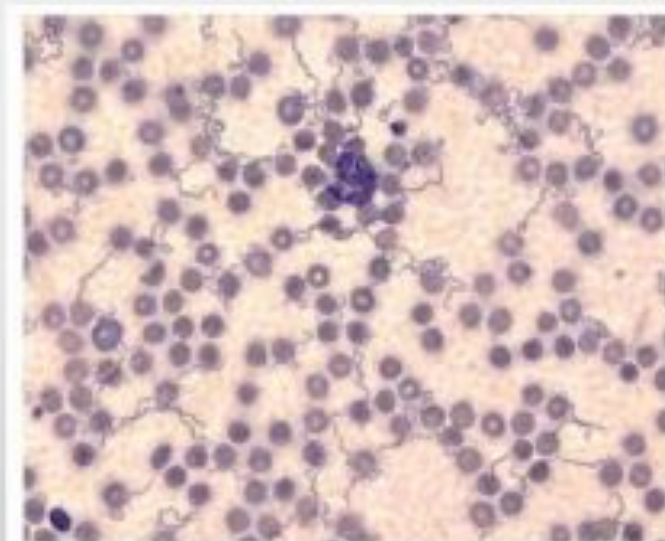
Treponema pallidum.



Leptospira. Тушевой мазок
по Бурри



Tрепонема pallidum.
Серебрение по Морозову



Borrelia recurrentis
Мазок крови во время
приступа

Особенности морфологии и ультраструктуры риккетсий

Классификация:

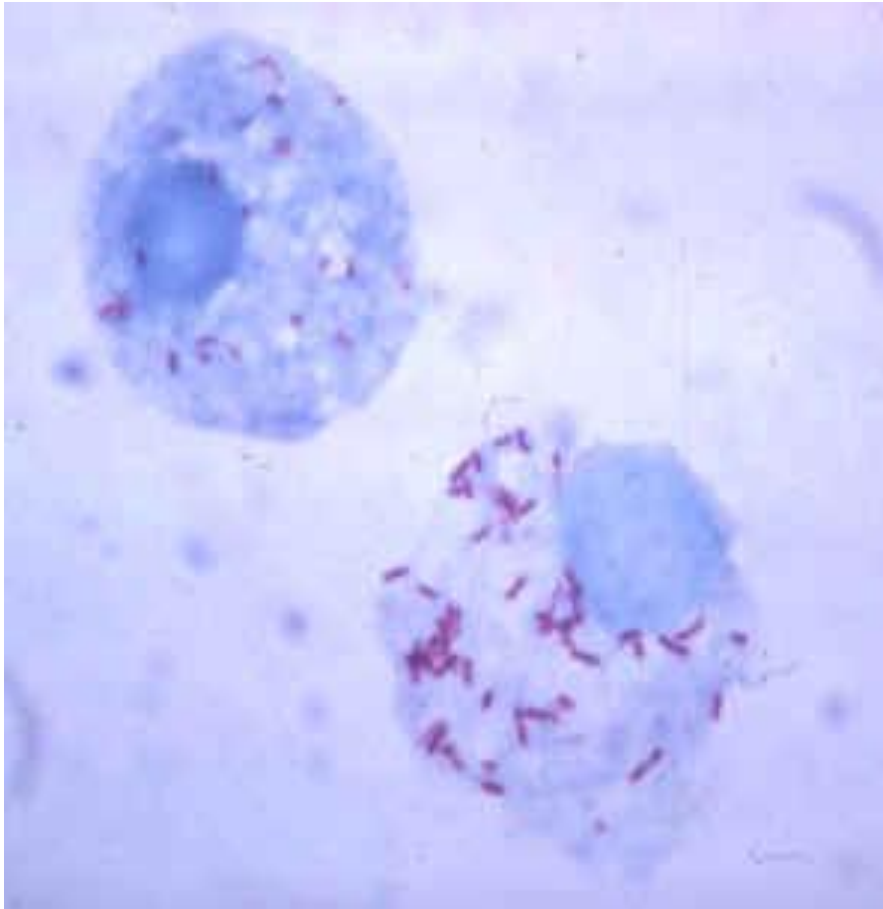
- Тип: Proteobacteria
- Класс:
Alphaproteobacteria
- Род: Rickettsia
(*R. prowazekii*)



Ультраструктура:

- типичная структура грамотрицательных бактерий,
- у некоторых видов есть наружная мембрана,
- жгутиков, спор, капсул нет.

Особенности морфологии и ультраструктуры риккетсий



Морфология – коккобактерии

Принципиальное отличие от других прокариот - облигатные внутриклеточные паразиты

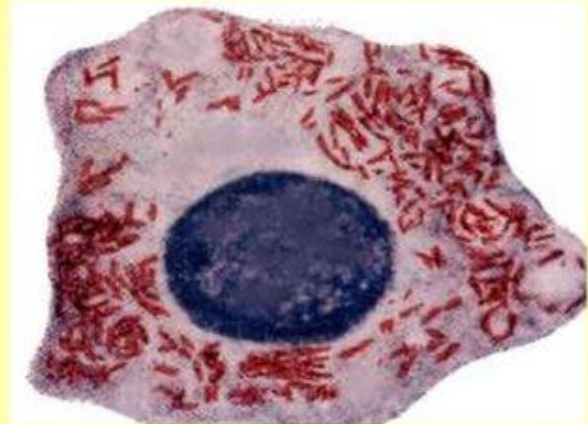
Локализация в клетке-хозяине - диффузно в цитоплазме и/или ядре

Риккетсии

Электрoнограмма

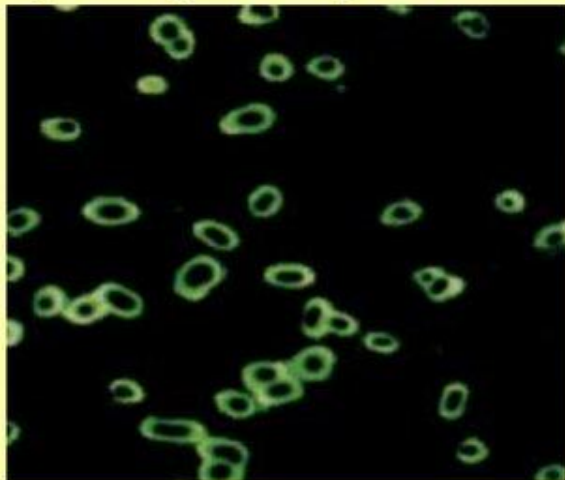


Окраска по Здродовскому



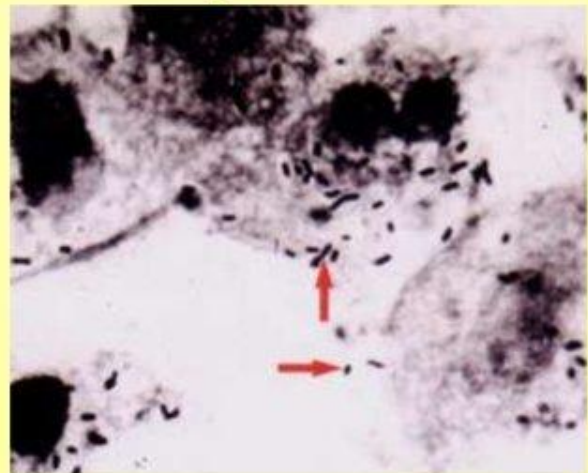
Реакция

иммунофлуоресценции



Фазово-контрастная

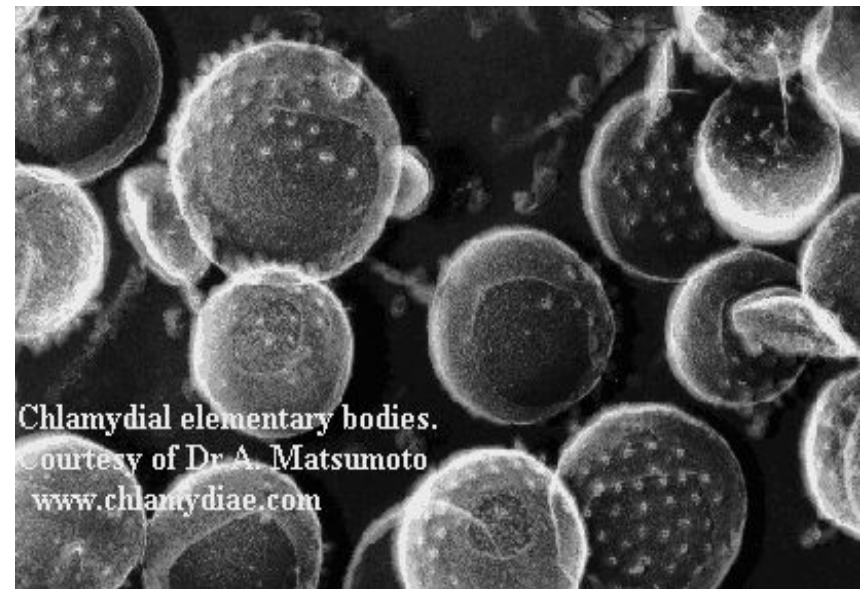
микроскопия



Классификация и ультраструктура хламидий

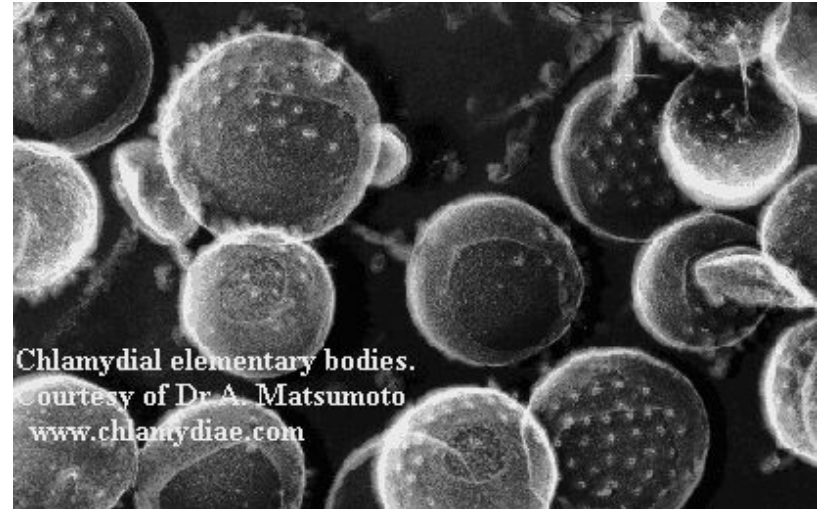
- **Тип:** Chlamydiae
- **Класс:** Chlamydiae
- **Род:** Chlamydia
(*C. psittaci*,
C. trachomatis,
C. pneumoniae)

Ультраструктура –
типичная для
грамотрицательных
бактерий



Особенности морфологии хламидий

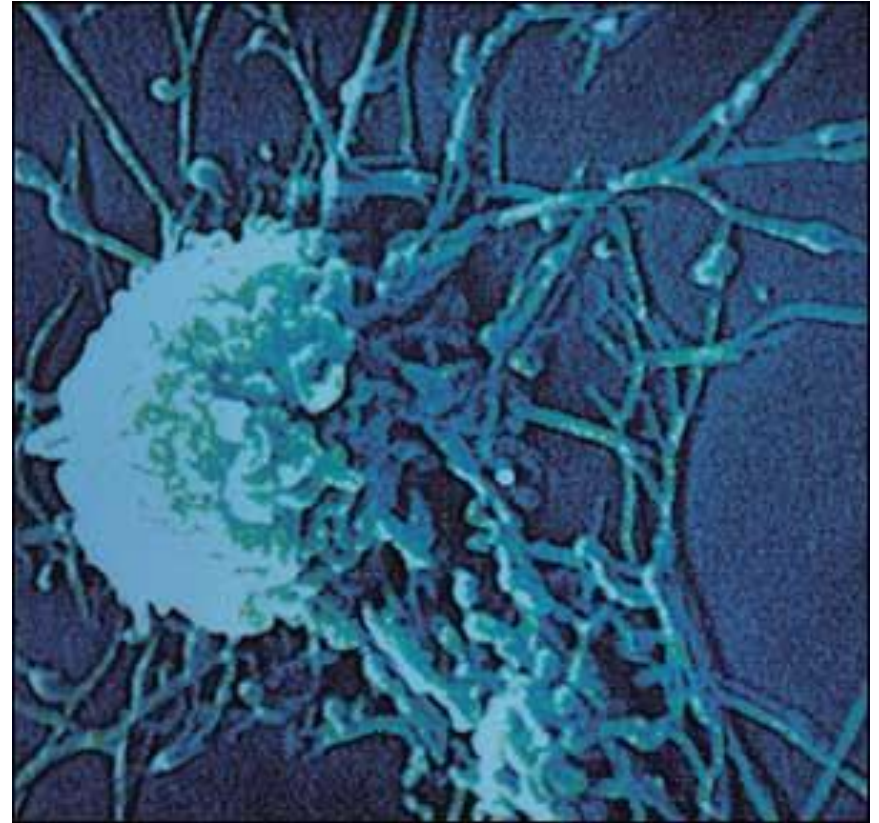
- Морфология:
- Вне клеток – **элементарные тельца** = спороподобные сферические клетки (являются инфекционной формой),
- В клетках – **ретикулярные тельца** = делящиеся формы, образуют микроколонии в клетках.



- Принципиальное отличие от других прокариот - облигатные внутриклеточные паразиты.

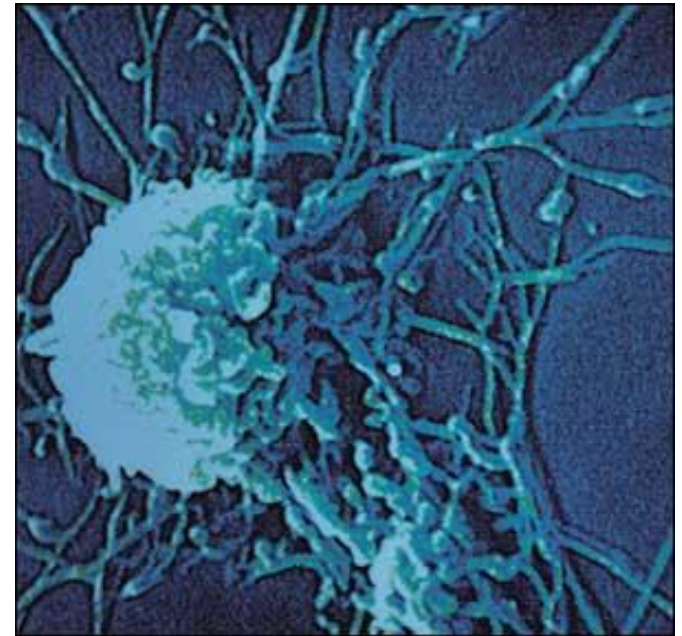
Классификация микоплазм

- Тип: Firmicutes
- Класс: Mollicutes
- Роды:
 - Mycoplasma
(*M.pneumoniae*)
 - Ureaplasma
(*U.urealiticum*)



Особенности морфологии и ультраструктуры микоплазм

- Полиморфные микроорганизмы,
- Покрываются **трехслойной эластичной мембраной**,
- В ЦПМ содержатся **стерины**,
- снаружи расположен **капсулоподобный слой**,
- Жгутиков не имеют, спор не образуют,
- Очень сильно отличаются по **структуре ДНК**



Принципиальные отличия от других прокариот:

- Нет **КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ** → нет определенной формы,

Классификация Eumycota по признаку септированности гиф

1. несептированные = низшие грибы – *фикомицеты*,
2. септированные = высшие грибы – *эумицеты*.

Классификация грибов

Надцарство: эукариоты

- **Царство:** Mycota или Fungi
- **Отделы:**
 - Mucormycota (грибы-слизневика)
 - Eumycota (**настоящие грибы**),

Классы:

1. Zygomycota – *фикомицеты*
2. Ascomycota – *эумицеты*
3. Basidiomycota – *эумицеты*
4. Deuteromycota – *эумицеты*

Классификация Eumycota по признаку процесса размножения

- ▶ половой (*совершенные грибы*) – все, кроме дейтеромицетов,
- ▶ бесполой (*несовершенные грибы*) – дейтеромицеты.

Строение клеток грибов

- В клеточной стенке:

- – **ХИТИН** (но с низким содержанием азота, в отличие от клеток членистоногих),
- Глюканы,
- Маннаны.

- В цитоплазматической мембране:

- **Стероиды,**
- **Эргостерин,**
- **зимэстерол.**

- **В цитоплазме** - производные аппарата Гольджи (только у грибов!):

- *сегресомы* = вакуолеподобные структуры, ограничивают поступление в клетку гидрофобных веществ,

- *хитосомы* – содержат фермент хитинсинтетазу, необходимый для синтеза хитина

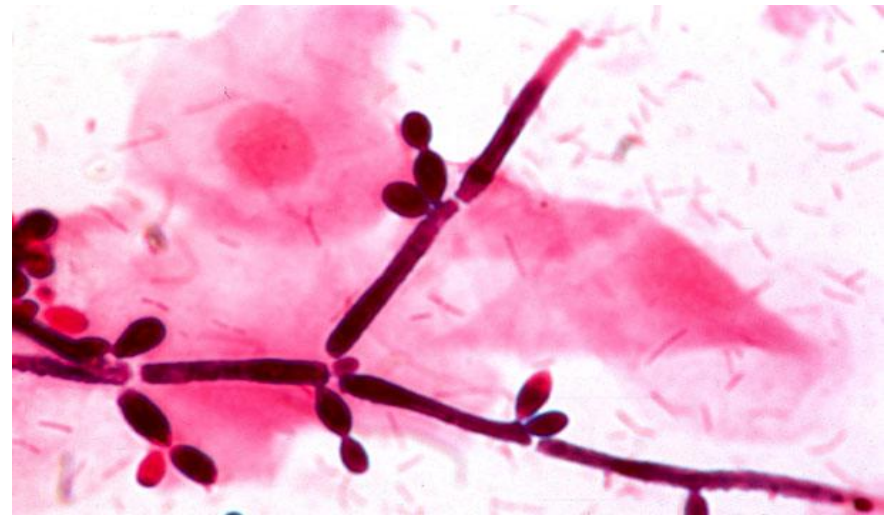
Типы роста грибов

1. **Дрожжевой** – одноклеточные организмы,
2. **Гифальный = мицелиальный** (плесневой) – многоклеточные организмы.

Одноклеточные организмы - Дрожжи: морфология

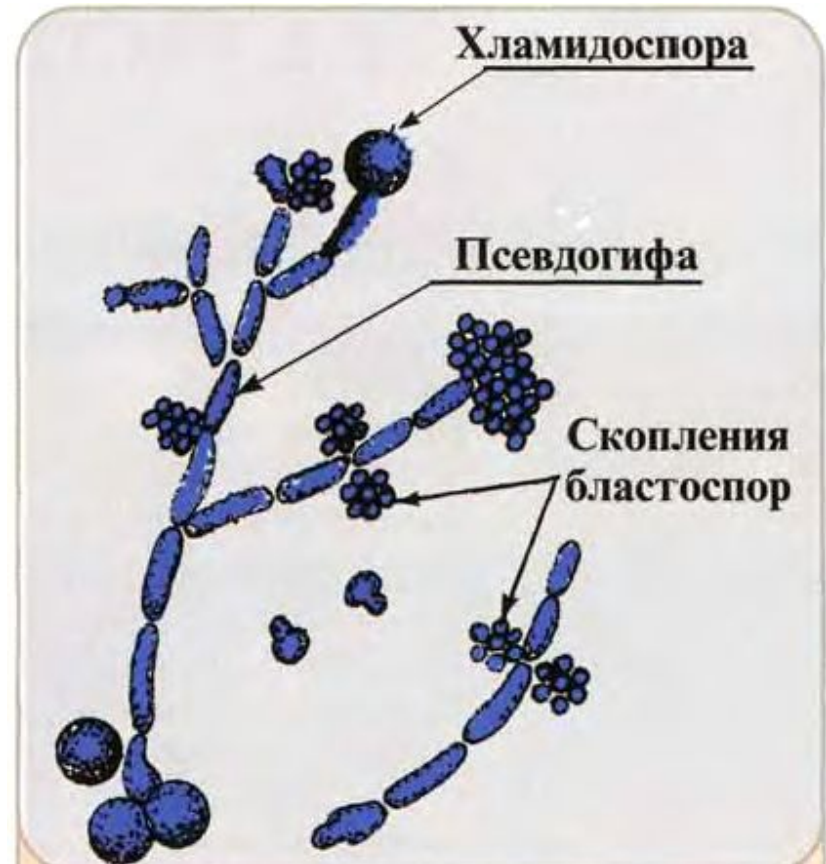
- ▶ Сферические или овоидные клетки от 3 до 15 мкм в диаметре
- ▶ Делятся почкованием

- ▶ *Candida albicans* В поражённой ткани



Дрожжи: морфология

- Образуют **псевдогифы** (псевдомицелий) – цепочки удлиненных клеток,
- На концах псевдогиф располагаются **хламидоспоры** = крупные покоящиеся споры с двухслойной оболочкой,
- На перетяжках псевдомицелия располагаются **бластоспоры** = клетки почки, которые трансформируются в псевдогифы,



Многоклеточные организмы – Плесени = нитчатые грибы

- структурная вегетирующая единица = **гифа** – разветвлённая микроскопическая нить,
- переплетаясь гифы образуют **мицелий**
(способность его образовывать – отличие настоящих грибов от грибов-слизевиков)

Диморфизм грибков

= способность существовать в двух морфологических формах = феномен морфологического полиморфизма, когда один и тот же вид может быть:

- как **мицелиальным** (плесневым),
- так и **дрожжеподобным**.

= феномен может быть проявлением адаптации гриба к изменившимся условиям внешней среды:

- при выделении от больного – **дрожжевая форма**,
- при росте на питательных средах –

Плесени: характеристика мицелия

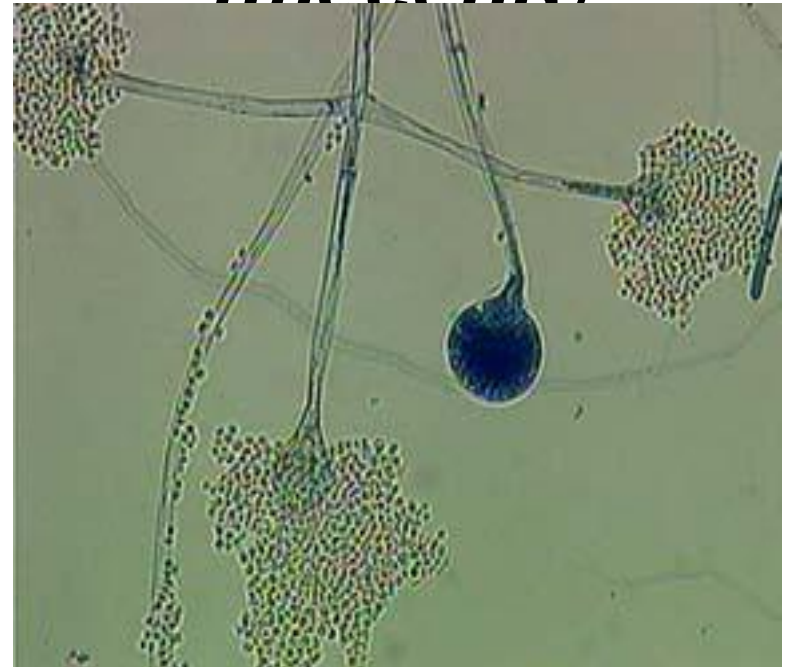
- ▶ **субстратный** (вегетативный) – врастает в питательный субстрат,
- ▶ **воздушный** (репродуктивный):
 - формирует **споры**,
 - споры развиваются в специализированных структурах – *спорофорах*, находящихся на специализированных гифах воздушного мицелия,
 - различают **эндо- и экзоспоры**.

Плесени, имеющие эндоспоры

Mucor

(головчатая
плесень)

- Гифа воздушного мицелия = *спорангиофора*,
- Эндоспоры развиваются в терминально увеличенном конце гифы – *спорангии*,
- гифа, несущая спорангии – *спорангиеносец*.



Плесени, имеющие экзоспоры = конидии

- Гифа воздушного мицелия, несущая экзоспоры = спорофора = *конидиофора*,
- Экзоспоры располагаются на поверхности спорофоры (= *конидии*),
- Гифа, несущая конидии = *конидиеносец*:
 - микроконидии – одноклеточные,
 - макроконидии – многоклеточные.

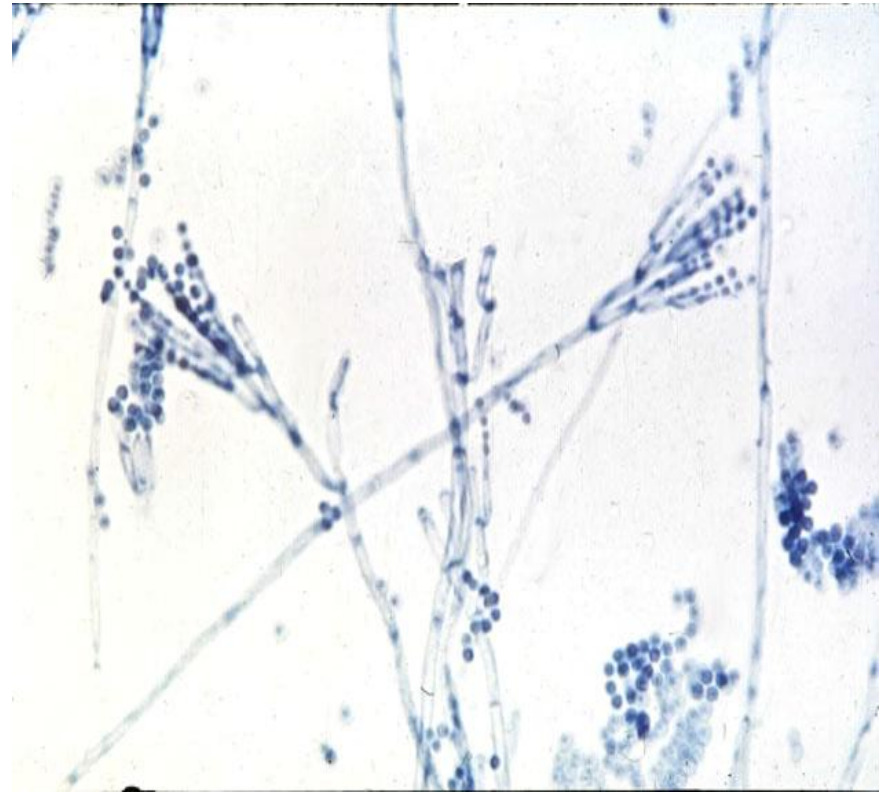
Типы конидий - род *Aspergillus*

- ▶ конидиефоры заканчиваются терминальными пузырьками (головками), в которые вырастают бутылкообразные **КОНИДИИ**
- ▶ (например, у *Aspergillus* = леечная плесень)



Типы конидий - род *Penicillium*

- ▶ вместо головки может развиваться **кисточка**
- ▶ (например, у *Penicillium* = кистевик),
- ▶ *артроконидии* – формируются при фрагментации конидиофора.



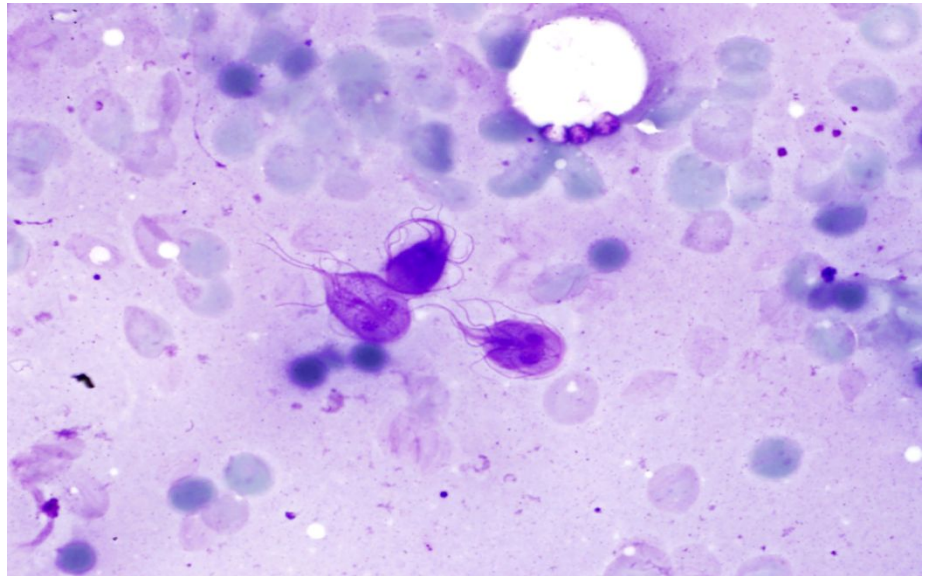
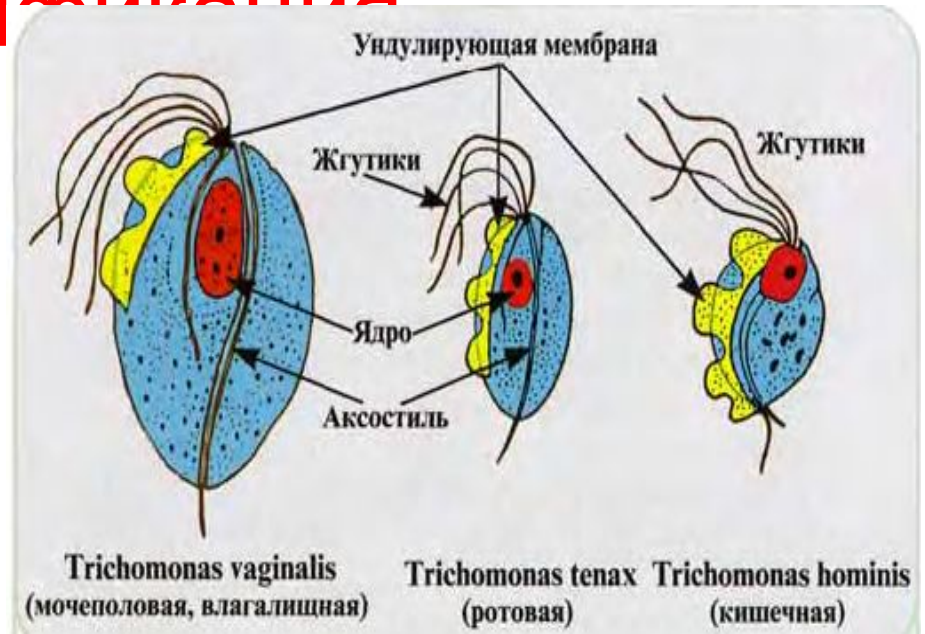
Патогенные простейшие: классификация

Царство: Animalia

Подцарство: Protozoa

Типы:

1. Sarcomastigophoraе
2. Apicomplexa
3. Ciliophora
4. Microspora



Патогенные простейшие: общая характеристика

- Одноклеточные микроорганизмы,
- По структуре близки к клеткам животных,
- Большинство – *гетеротрофный* тип метаболизма,
- Клетки покрыты плотной оболочкой – *пелликулой*,
- Многие подвижны:
 - временные *псевдоподии*
 - постоянные органеллы:
 - *жгутики*
 - *реснички*,

Патогенные простейшие: общая характеристика

- Механизм питания:
 - фагоцитоз (просто организованные),
 - специальные структуры для поглощения пищи (более сложно организованные простейшие),
- Механизм выделения – эндоцитоз,
- Дыхание – всей поверхностью клетки,
- В неблагоприятных условиях образуют цисты.