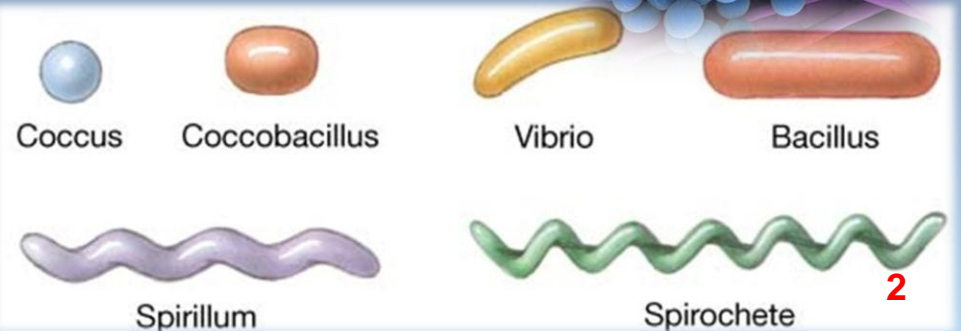
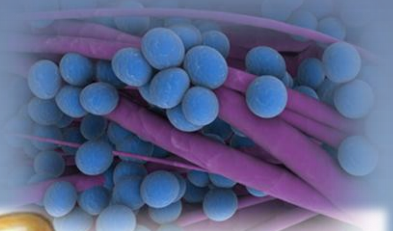
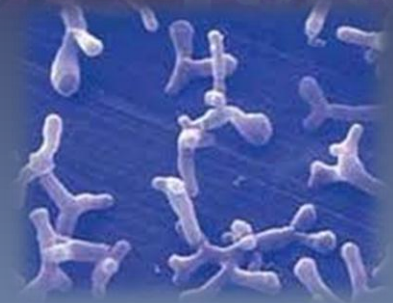
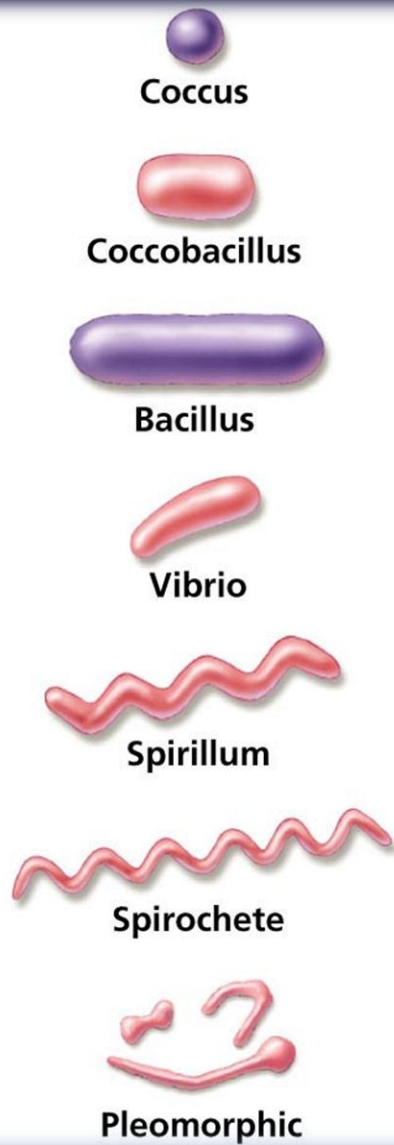


**Морфология бактерий.  
Особенности биологии спирохет,  
микоплазм, хламидий и риккетсий.**

**Лекция № 2**

# Формы бактерий





Coccus



Rod, or Bacillus



Curved forms:  
Spirillum/Spirochete



Diplococci  
(cocci in pairs)



Neisseriae  
(coffee-bean  
shape in pairs)



Coccobacilli



Vibrios (curved rods)



Tetrads (cocci  
in packets of 4)



Sarcinae (cocci  
in packets of  
8, 16, 32 cells)



Mycobacteria



Corynebacteria  
(palisades  
arrangement)



Spirilla



Streptococci  
(cocci in chains)



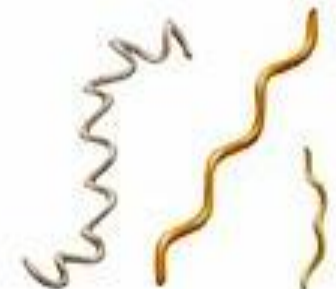
Micrococci and  
staphylococci  
(large cocci in  
irregular clusters)



Spore-forming  
rods

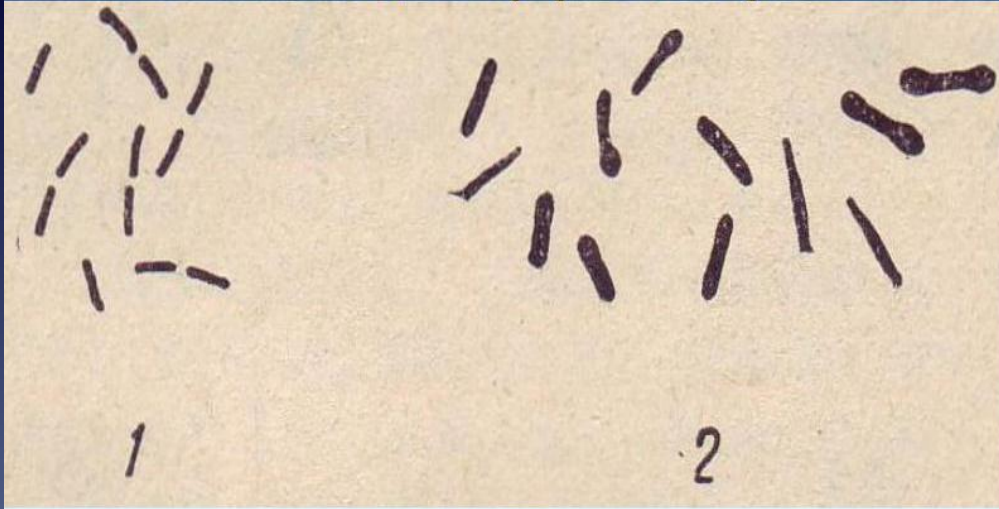


Streptomyces  
(moldlike,  
filamentous  
bacteria)



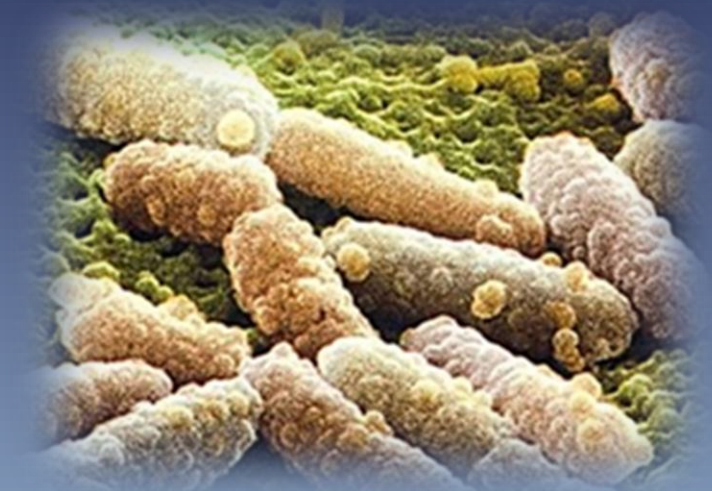
Spirochetes 3

## Палочковидные формы бактерий



1 - диплобактерии;

2- палочки с закругленными концами, заостренными, обрубленными и утолщенными;



## Разные палочковидные формы и стрептобактерии.

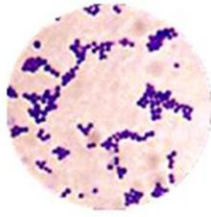


# Кокки

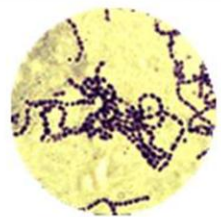
диплококк



стафилококк



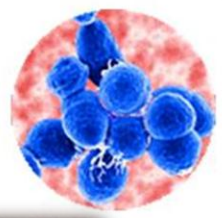
стрептококк



сарцина



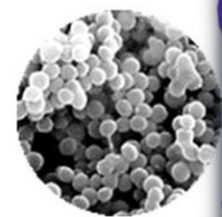
стрептококк



сарцина



стафилококк



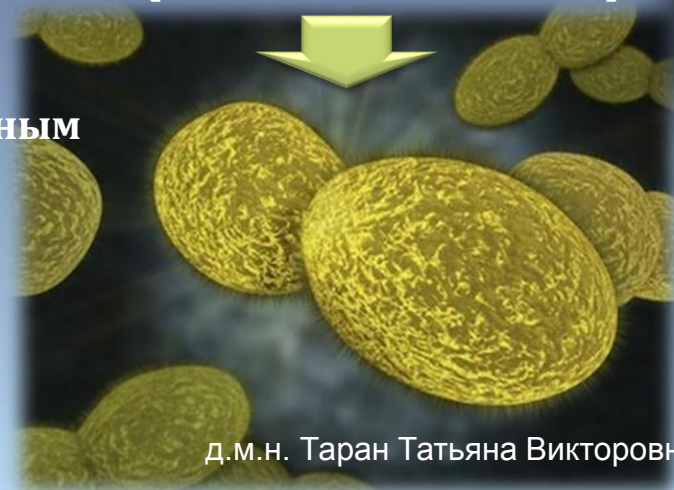
## Стафилококки (гроздь)



## Стрептококки (цепочки)



## Пневмококки (ланцетовидные)



## Диплококки



Гонококк под электронным микроскопом.



# Извитые формы

Спириллы

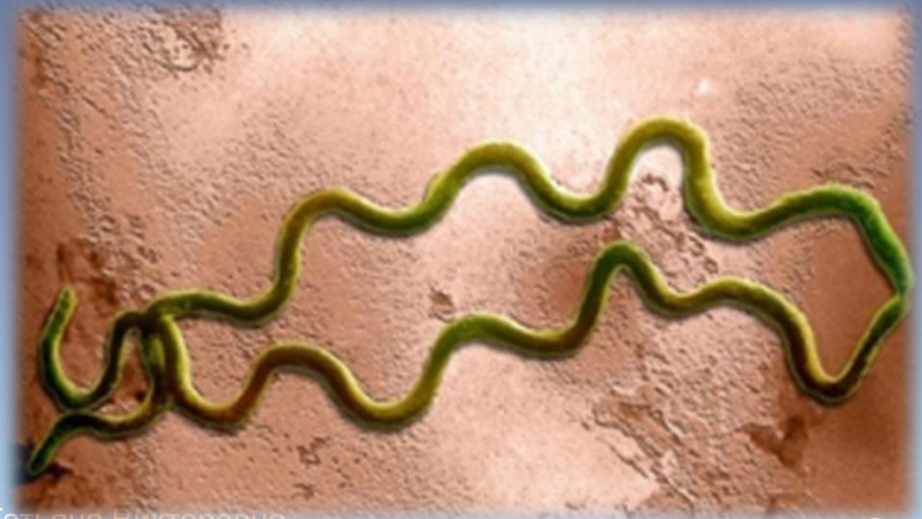


Campylobacter



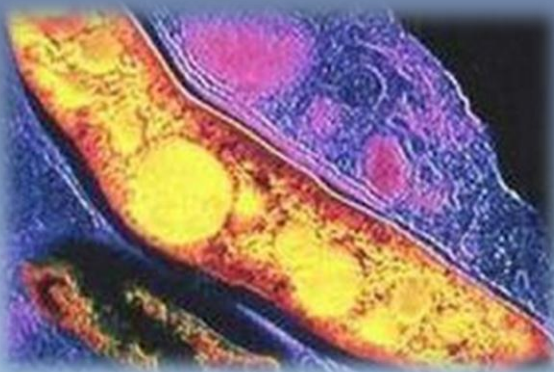
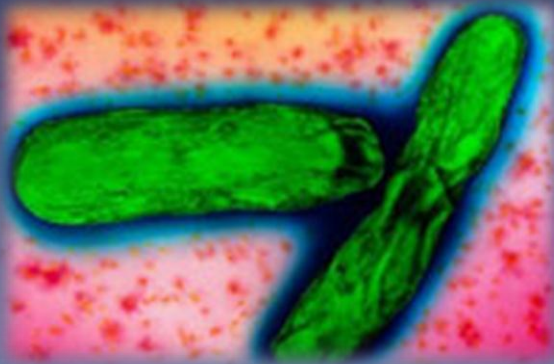
Спириллы **Вибрионы** – изогнутость тела не превышает одного оборота.

Спирохеты

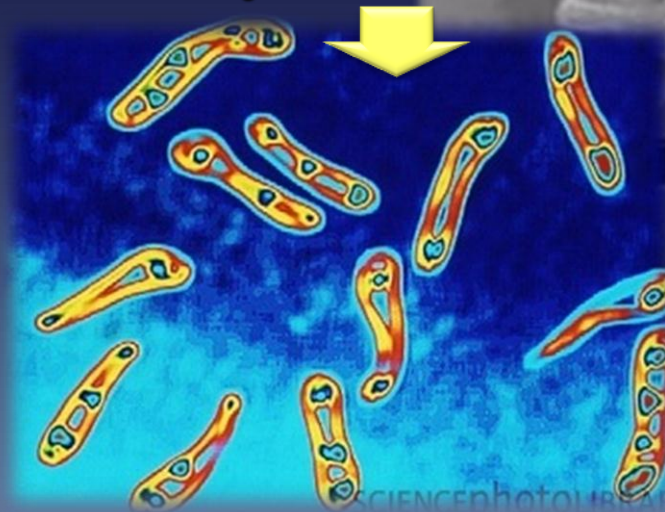


# Ветвящиеся формы бактерий

Микобактерии



Corynebacterium :



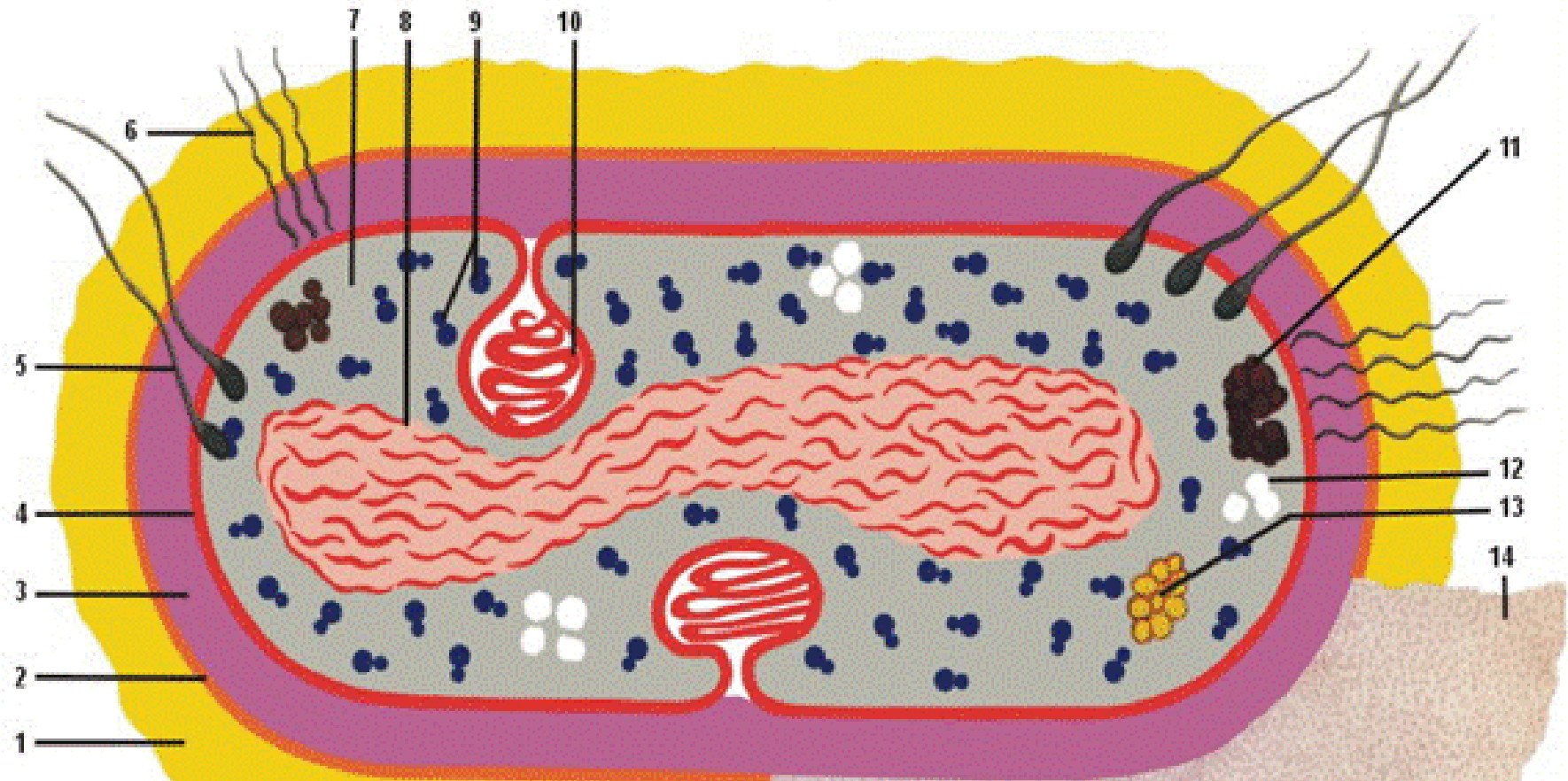
Актиномицеты



*Actinomyces israelii*

# СХЕМА СТРОЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ

## BACTERIAL STRUCTURE



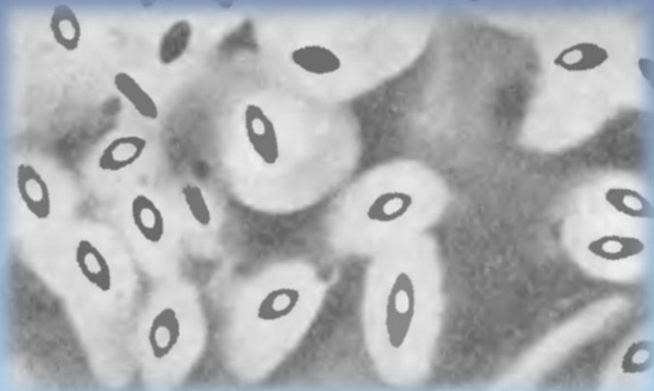
1. Макрокапсула (Macrocapsule)  
 2. Микрокапсула (Microcapsule)  
 3. Клеточная стенка (Cell wall)  
 4. Цитоплазматическая мембрана (Cytoplasmic membrane)  
 5. Жгутики (Flagella)  
 6. Ворсинки (Pili)  
 7. Цитоплазма (Cytoplasm)

8. Нуклеоид (Nucleoid)  
 9. Рибосомы (Ribosomes)  
 10. Мезосома (Mesosome)  
 11. Зерна волютина (Volutin granules)  
 12. Гликоген (Glycogen)  
 13. Вкрапления липидов (Lipoprotein bodies)  
 14. Гликокаликс Glycocalyx, slime layer

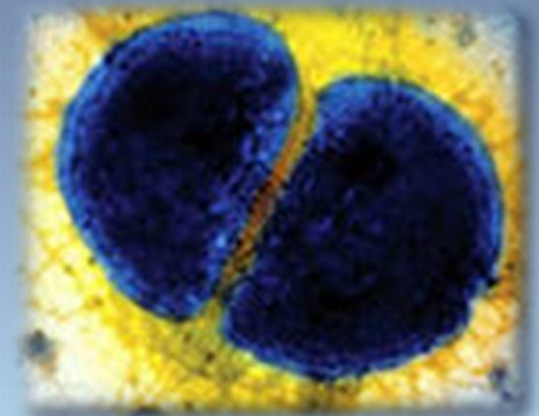


# Капсула

- **Капсула** – слизистая структура толщиной более 0,2 мкм, прочно связанная с клеточной стенкой бактерий и имеющая чётко очерченные внешние границы. Состоит из полисахаридов, реже – из полипептидов (сиб. язва)
- **Функции капсулы:**
  - Защитные (высыхание, б/ф, сывороточные факторы и т.д.)
- является местом локализации капсульных антигенов, определяющих вирулентность, антигенную специфичность и иммуногенность бактерий
- Участие в адгезии (прилипание к субстратам)
- дополнительный осмотический барьер и источник резервных веществ, антифагоцитарные свойства



Капсулы  
вокруг клеток  
кlostридий



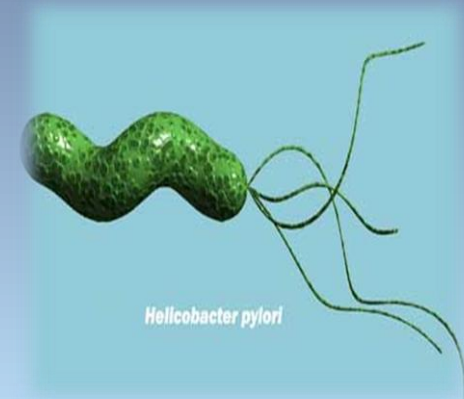
# Жгутики

● Обеспечивают подвижность. Содержат белок флагеллин, относящийся к сократительным белкам типа миозина.

● **Обладают антигенностью**

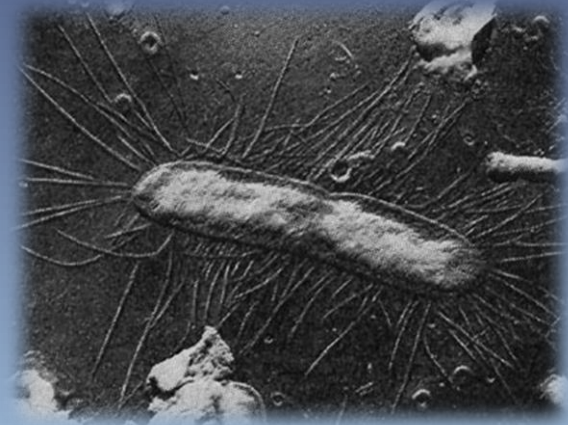
● Различают монотрихи – одиночные, лофотрихи – пучок, амфитрихи – на обоих концах клетки, перитрихи – по всей поверхности бактериальной клетки

● Нить жгутика (фибрилла) — полный спиральный цилиндр диаметром 12-20 нм. У вибрионов и протей нить окружена футляром толщиной 35 нм.

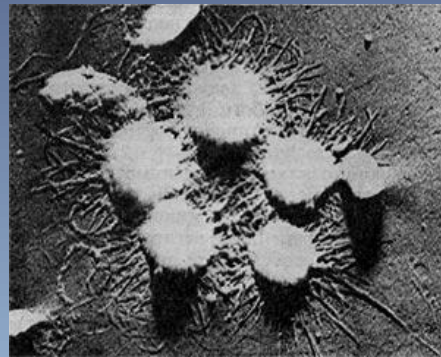


# ПИЛИ (фимбрии, микроворсинки)

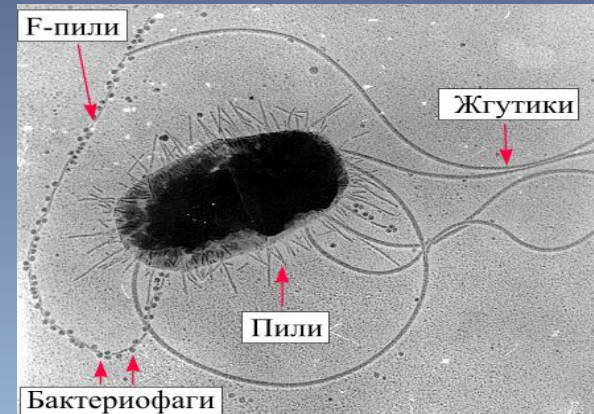
- Тонкие полые нити из белка пилина, не сократимы, берут начало от ЦПМ, встречаются у подвижных и неподвижных форм бактерий и видимы только в электронном микроскопе
- адгезивные пили (фимбрии) обеспечивают адгезию бактерий к определенным клеткам, их м.б. от 50-400 до нескольких тысяч на клетке;
- половые пили (конъюгативные или *sex pili*) участвуют в переносе части генетической информации от клетки донора к реципиенту; частично осуществляют питание и водно-солевой обмен.



Палочковидная бактерия с адгезивными фимбриями.  
Увел. × 15 000.



Кокки с фимбриями.  
Увел. X 12000



Палочковидная бактерия с половыми и адгезивными пилиями .

# Клеточная стенка

Гр (+): толстая, состоит из нескольких слоев пептидогликана, связанных с тейхоевыми кислотами. Имеет однородную многослойную структуру.

Гр (-): тонкая, пептидогликан однослоен, покрыт наружной трехслойной мембраной, в состав которой входят липопротеид и пластинчатая структура из липосахаридов и фосфолипидов. Не содержит тейхоевых кислот.

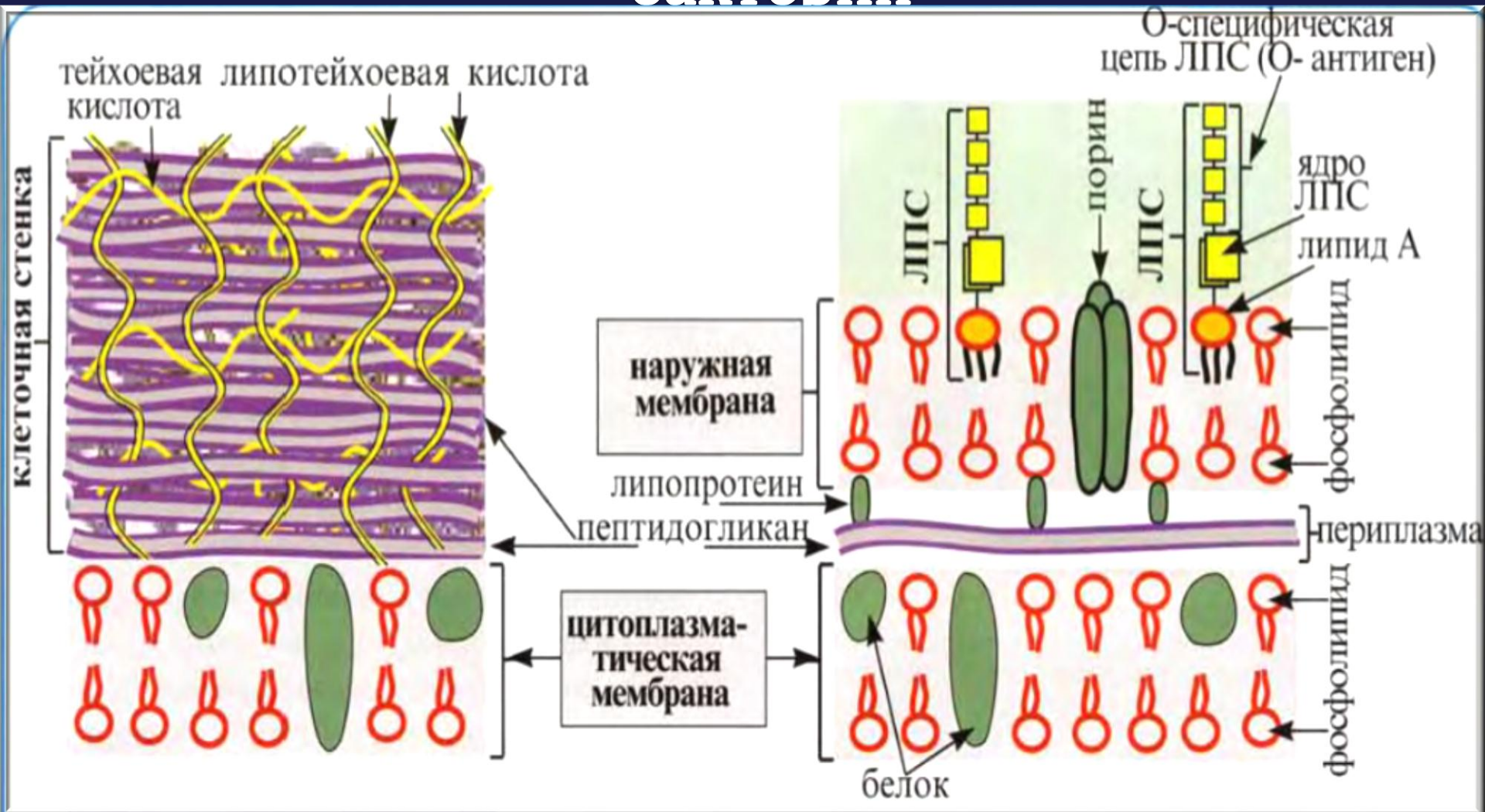
## Функции:

- Придает клетке определенную форму
- Защищает клетку от факторов внешней среды
- Участвует в регуляции роста и деления клетки
- Обеспечивает коммуникацию с внешней средой через каналы и поры (поступление продуктов питания, выделение продуктов обмена)
- Имеет рецепторы для фагов, бактериоцинов и др.

**Протопласты** – полностью лишены клеточной стенки,

**Сферопласты** – частично лишены клеточной стенки

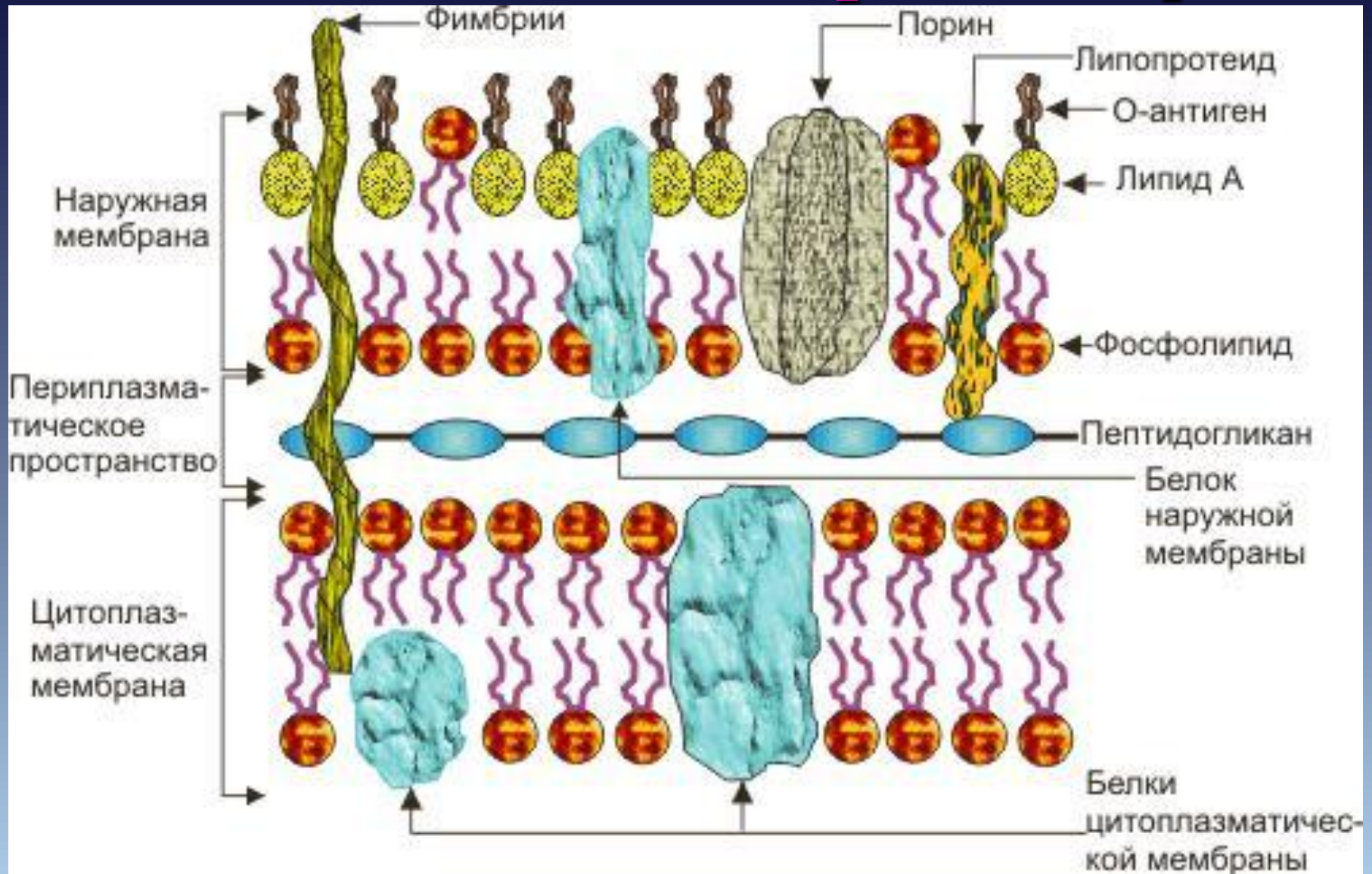
# Схема строения оболочек **Гр+** и **Гр-** бактерий



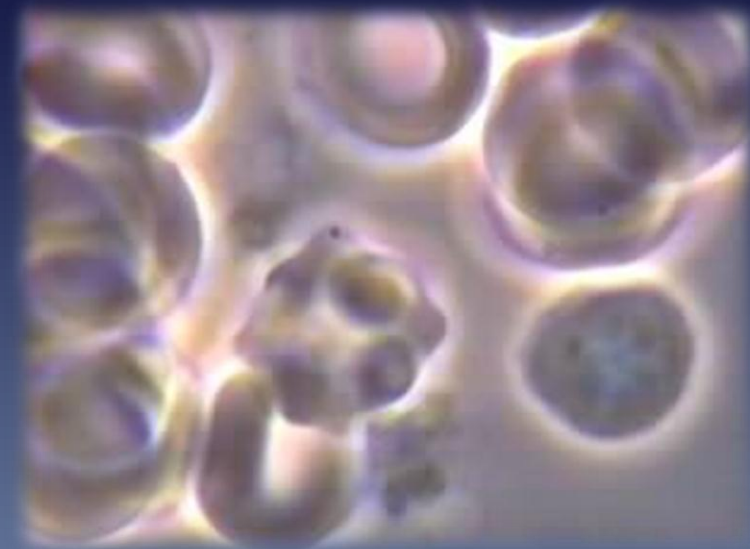
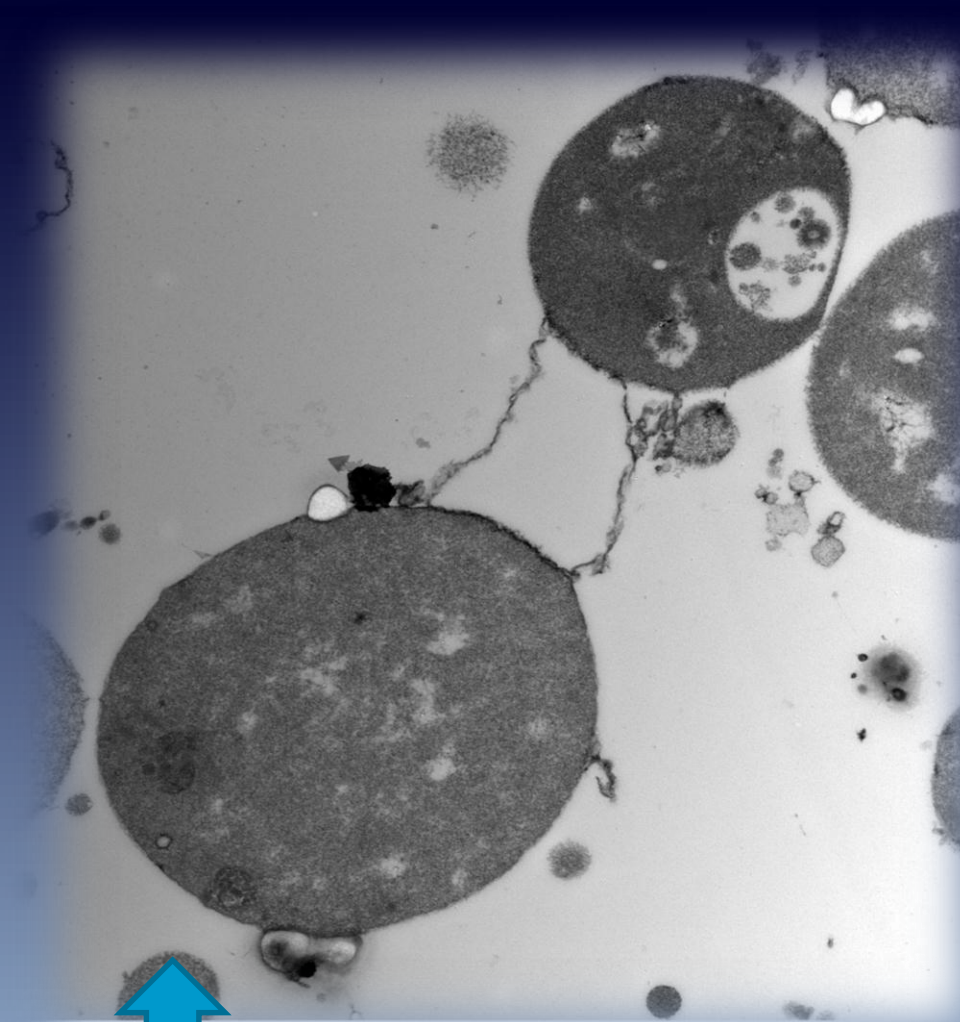
**Гр+**

**Гр-**

# Клеточная стенка Гр- бактерий



# L-формы бактерий



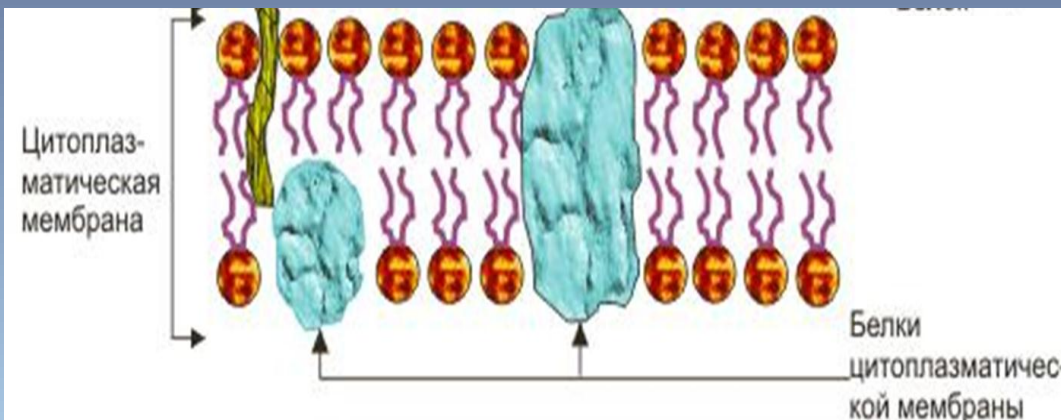
*B. subtilis*. масштаб - 500 нанометров. L-форма.

# Цитоплазматическая мембрана (ЦПМ)

ЦПМ состоит из двойного фосфолипидного слоя. В двойной слой липидов встроены полностью или частично интегральные белки мембран. Другие белки только прикреплены к поверхности ЦПМ.

## Функции ЦПМ:

- Является основным осмотическим барьером
- Воспринимает всю химическую информацию
- Участвует в регуляции роста и деления клетки
- Участвует в регуляции репликации хромосом и плазмид





# Цитоплазма (Ц.)

**Ц.** заполняет полость клетки, ограниченную ЦПМ. В ней нет эндоплазматического ретикулума и других цитоплазматических органелл, свойственных эукариотам; она неподвижна. **Ц. прокариотов** представляет собой сложную коллоидную систему, основные компоненты которой – белки, ферменты, т-РНК, ДНК, аминокислоты, вода и др.

**Ц.** прокариот содержит органеллы: **рибосомы, мезосомы и нуклеоид**, а также различные непостоянные **включения** (гранулы гликогена – источник энергии, зерна волютина – у возбудителя дифтерии и др.). У спорообразующих бактерий именно в **Ц.** идет формирование спор.



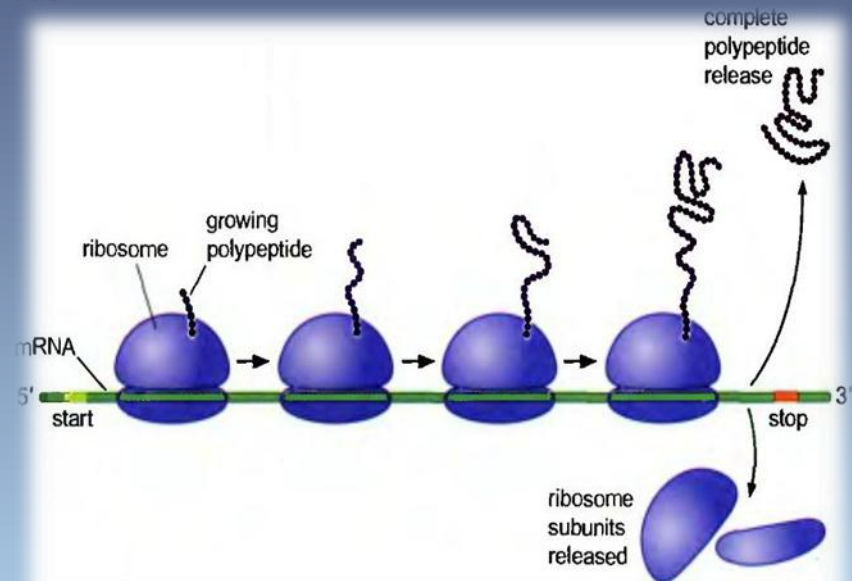
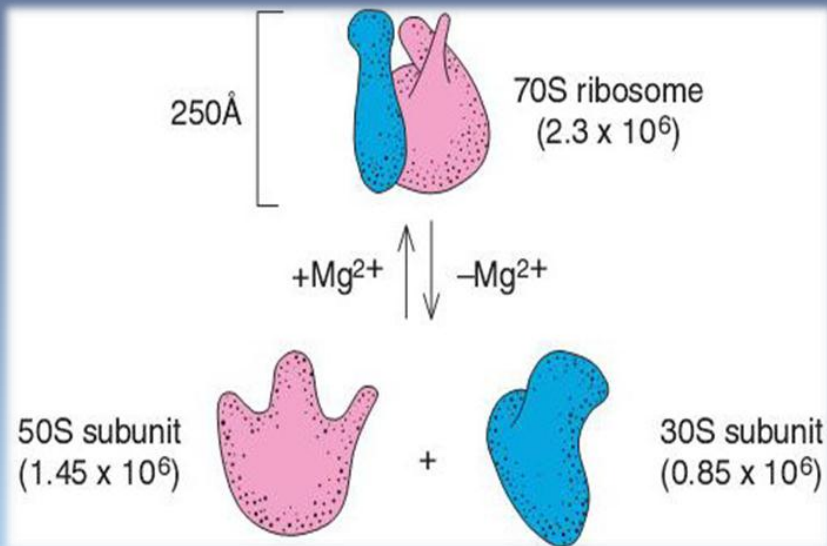
# Мезосомы прокариотов



- Эти мембранные образования являются производными ЦПМ, образуются путем ее инвагинации в цитоплазму, при этом, как правило, сохраняется физическая непрерывность ЦПМ и мезосом.
- Наиболее часто локализируются в зоне клеточного деления, имеют связь с нуклеоидом
- Участвуют в делении клетки, спорообразовании, синтезе материала клеточной стенки, энергетическом метаболизме

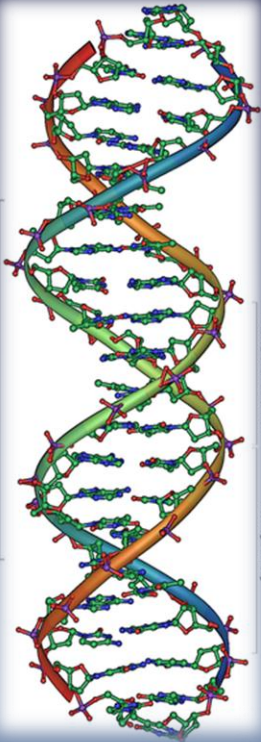
# Рибосомы прокариотов

- Бактериальная клетка содержит от 5 до 50 тыс. рибосом. Различия между рибосомами бактерий (70S) и эукариот (80S) имеют решающее значение для борьбы с инфекционными болезнями, т.к. некоторые антибиотики (аминогликозиды, тетрациклины, макролиды, хлорамфеникол) подавляют синтез белка, протекающий именно на рибосомах 70S.



# Нуклеоид прокариот

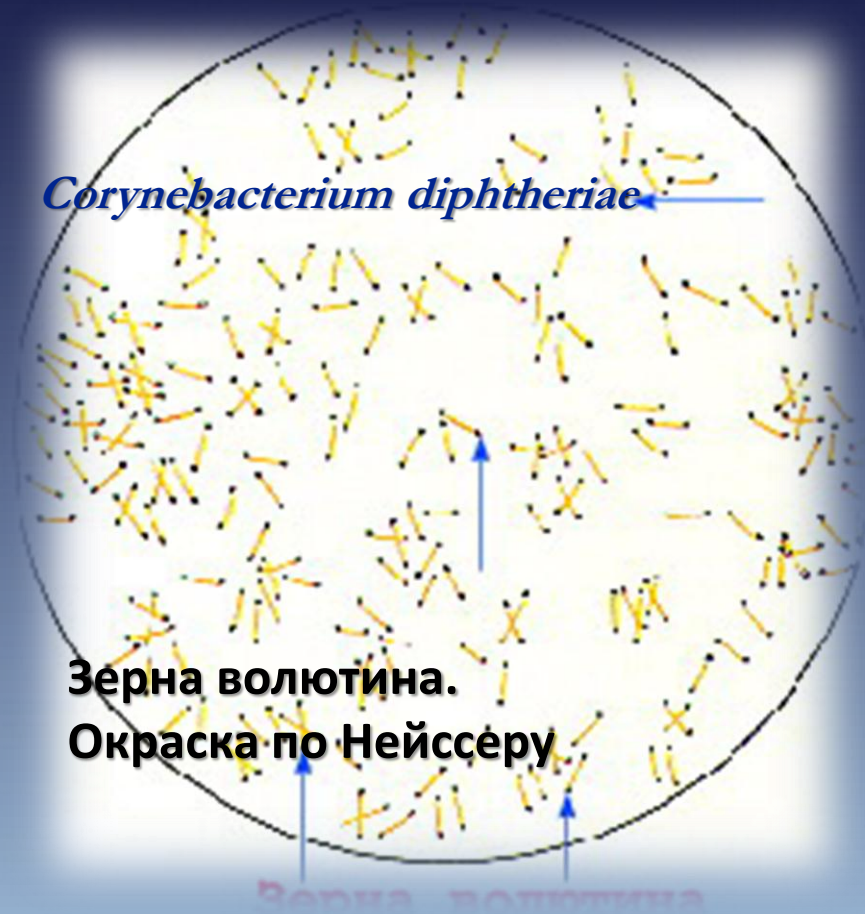
- Это эквивалент ядра в клетке эукариотов
  - Нуклеоид бактерий не имеет собственной мембраны, т.е. не ограничен от цитоплазмы
  - Один нуклеоид включает в себе макромолекулу ДНК в **суперспирализованной** форме, в ДНК содержится 1000-5000 генов (у эукариот 10-100 тыс. генов, у вирусов – 10-100 генов). Эта молекула в развернутом состоянии представляет собой замкнутую кольцевую структуру длиной немного более 1 мм, в которой закодирована вся генетическая информация клетки.
  - Число нуклеоидов в клетке меняется в зависимости от фазы роста культуры (от 1 в фазе покоя до 4 и более – в логарифмической фазе).
  - Плазмиды
- Геном *E. coli* после осмотического шока**





# Включения

В цитоплазме имеются различные включения в виде гранул гликогена, полисахаридов, бета-оксимасляной кислоты и полифосфатов (волютин). Они являются запасными веществами для питания и энергетических потребностей бактерий. Волютин обладает свойством к основным красителям и легко выявляется с помощью специальных методов окраски (например, по Нейссеру) в виде метакроматических гранул. Характерное расположение гранул **волютина** выявляется у дифтерийной палочки в виде интенсивно прокрашивающихся полюсов клетки.





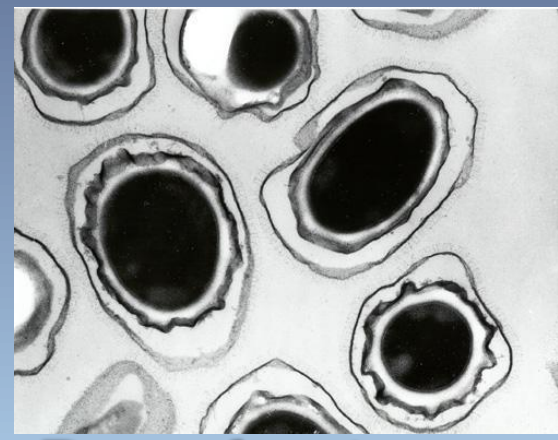
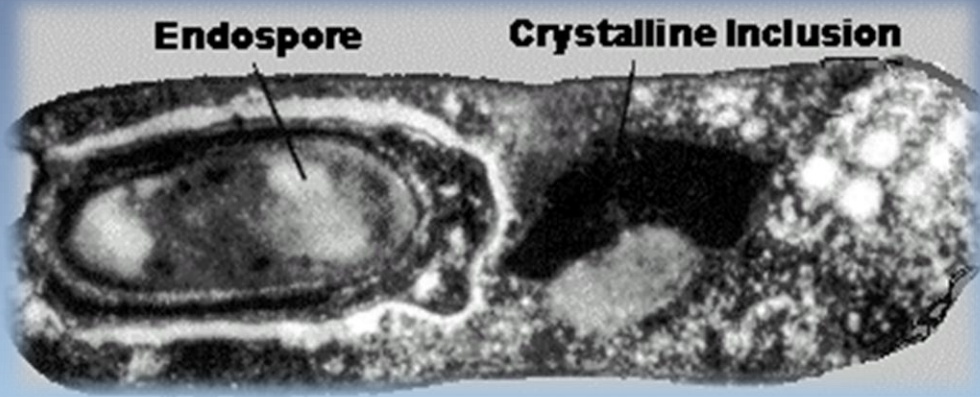
# Формирование спор у бацилл



*Bacillus subtilis*  
ATCC 6633

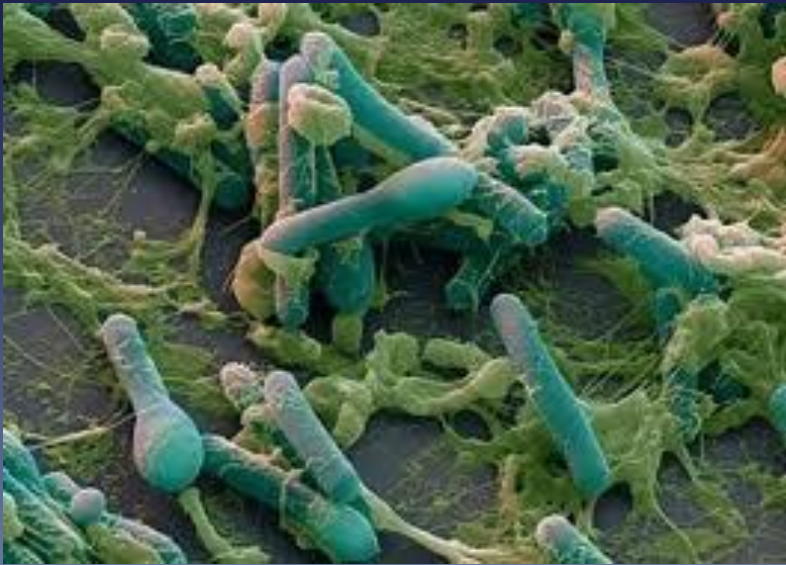


Споры бактерий рода *Bacillus* под электронным микроскопом. В почве сохраняются на протяжении 200 лет



*B. anthracis*

# Формирование спор у клостридий



Электроннограмма  
ультратонкого среза  
столбнячной палочки  
(*Clostridium tetani*) в  
процессе  
спорообразования

# Порядок *Spirochaetales*

## Сем. *Spirochaetaceae*

### Род *Treponema*

### Род *Borrelia*

#### Виды:

*T. pallidum pallidum*  
*T. pallidum pertenue*  
*T. pallidum endemicum*  
*T. carateum*

#### Виды (**возвратные тифы**):

*B. recurrentis*  
*B. persica*  
*B. duttoni*

#### Виды (**лайм-боррелиоз**):

*B. burgdorferi*  
*B. garini* и др.

## Сем. *Leptospiraceae*

### Род *Leptospira*

#### Вид *L. biflexa*

(непатогенные - 1 вид)

#### Вид *L. interrogans*

(патогенные - 1 вид)

#### **Серогруппы:**

*Grippotyphosa*,  
*Icterohaemorrhagiae*,  
*Canicola*,  
*Pomona* и др. (23)

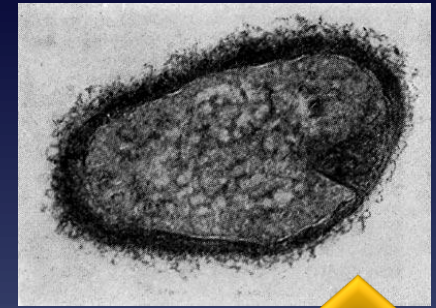




**Спирохеты**



**Электроннограмма клетки  
*Treponema pallidum***



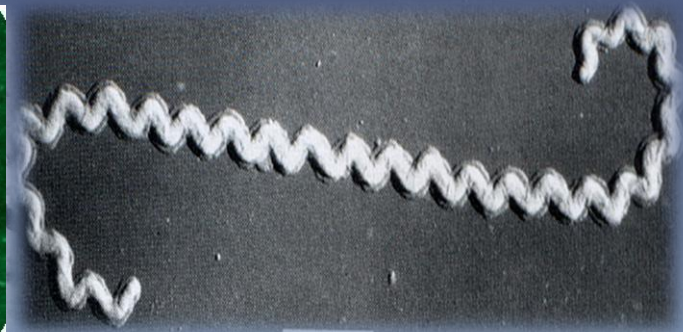
**Циста *Treponema pallidum***



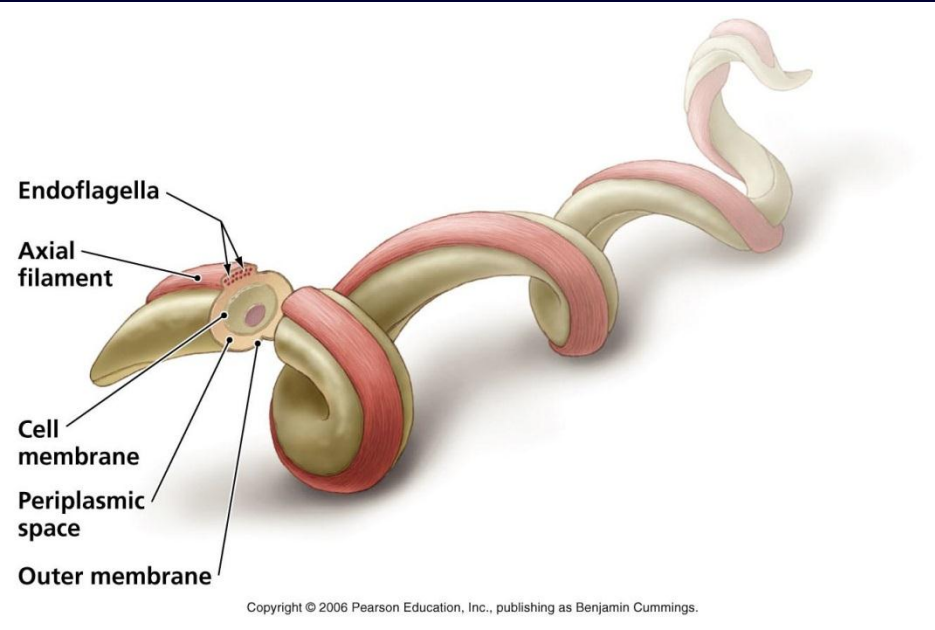
***Treponema pallidum*,  
темнопольная  
микроскопия**



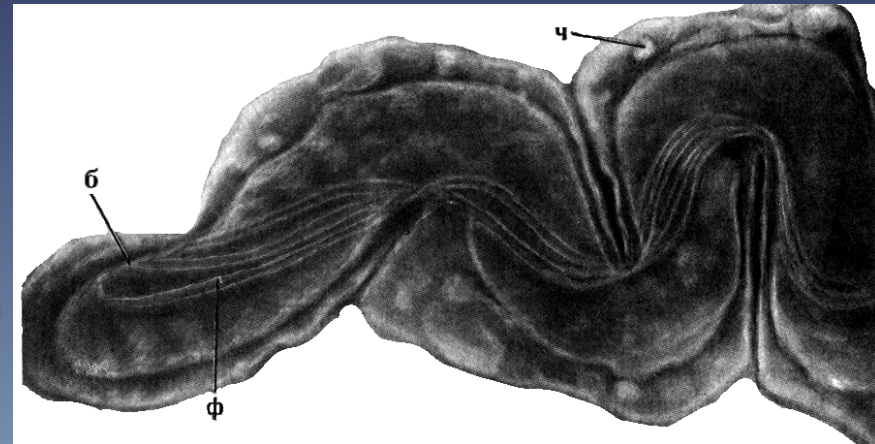
***Borrelia recurrentis***



***Leptospira interrogans*,  
темнопольная  
микроскопия**

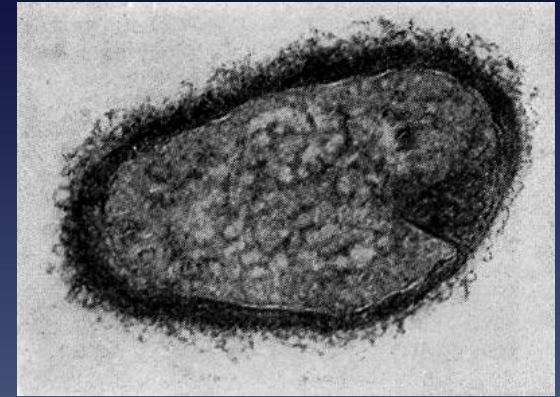


Бледная трепонема (*Treponema pallidum*).  
Электронная микроскопия. Ультратонкий срез.  
Увеличение 131000.  
ч - чехол; б - блефаропласт; ф - фибриллы;



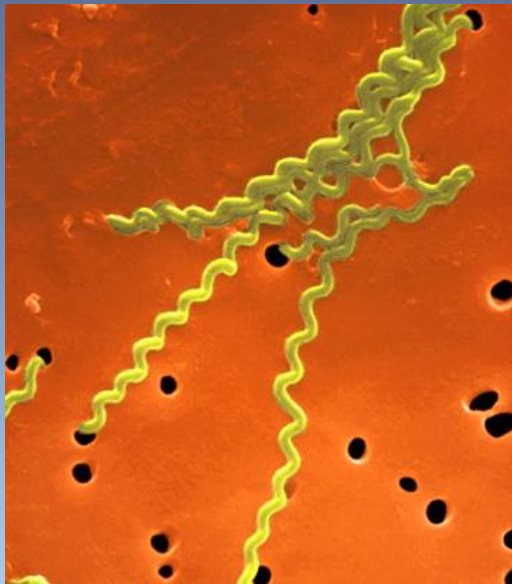
В структурном отношении клетки спирохет представляют собой цитоплазматические цилиндры, ограниченные цитоплазматической мембраной (ЦПМ) от тонкой и эластичной клеточной стенки (КС), которая состоит из наружной мембраны и пептидогликанового слоя. Между ЦПМ и цитоплазматическим цилиндром спирохет расположены фибриллы, состоящие, так же как и жгутики бактерий, из белка флагеллина.

*Treponema pallidum* (бледная трепонема) – возбудитель сифилиса. При действии неблагоприятных факторов трепонемы могут переходить в **L-форму**, а также образовывать **ЦИСТЫ** – свернутые в шар спирохеты, покрытые непроницаемой муциновой оболочкой. Цисты могут длительное время находиться в организме больного, не проявляя патогенности.



Цисты являются формами как устойчивого выживания, так и размножения. Помимо цист бледные трепонемы образуют *атипичные формы в виде зёрен*. Особенно быстро они образуются под влиянием иммунной сыворотки. Атипичные формы трепонем обладают такой же антигенной активностью, как и штопорообразные трепонемы.

- **Боррелии** обладают уникальным *генетическим аппаратом*, который состоит из небольших размеров **линейной** хромосомы и набора циркулярных и линейных плазмид. Прихотливы к условиям культивирования, получен рост на средах, дополненных животными белками, и на куриных эмбрионах.
- Включает виды, патогенные для теплокровных; вызываемые заболевания – **боррелиозы**. Род *Borrelia* включает около 20 видов, из которых для человека патогенны два: возбудитель эпидемического (вшивого) возвратного тифа *B. recurrentis* и эндемического (клещевого) возвратного тифа (лаймборрелиоз) - *B. duttoni*, *B. burgdorferi* и др



Боррелии, возбудители болезни Лайма. Проникают в организм после укуса клеща, после чего и начинается заболевание

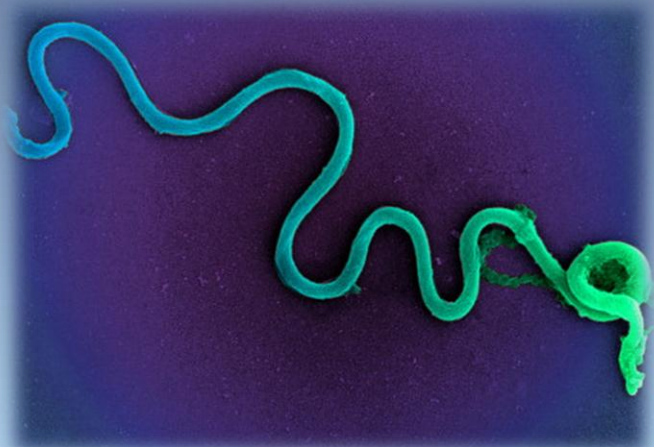
✧ Патогенные **лептоспиры** являются возбудителями зоонозной бактериальной инфекции, характеризующейся волнообразной лихорадкой, интоксикацией, поражением капилляров печени, почек, ЦНС. Вызывают поражения, известные как **лептоспирозы**.

Возбудители лептоспирозов людей и животных – лептоспиры, относящиеся:

к виду *Leptospira interrogans* (в отличие от *L. biflexa* - сапрофитов) рода *Leptospira*, семейства *Leptospiraceae* (лептоспиры) порядка *Spirochaetales* (спирохеты).

✧ Лептоспиры цист и капсул не образуют.

✧ Для выявления лептоспир используют нативные препараты, которые микроскопируют в темнопольном или фазово-контрастном микроскопе.



Лептоспиры – возбудители лептоспироза, который считается наиболее распространенным зоонозом в мире. Он встречается на всех континентах, кроме Антарктиды. Источниками инфекции являются различные животные. Путь передачи – чаще водный.

## Общие свойства риккетсий:

- Облигатные внутриклеточные паразиты;
- не способны к росту на бесклеточных питательных средах;
- их биология связана с паразитизмом у членистоногих (клещи, вши, блохи);
- имеют ряд особенностей в строении, размножении, биохимических, генетических и иммунобиологических характеристиках;
- вызываемые риккетсиями заболевания характеризуются своеобразием клиники и эпидемиологии;
- имеются специализированные методы изучения (риккетсиологические).



Семейство *Rickettsiaceae*

представлено небольшими плеоморфными (палочки, кокки, нитевидные) микроорганизмами; гр(-),

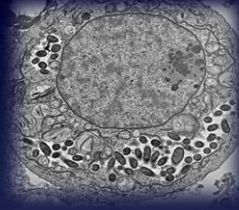
- ❖ **Риккетсиозы** – большая группа трансмиссивных острых лихорадочных инфекционных болезней, которые вызываются своеобразными внутриклеточными паразитами – риккетсиями; имеют ряд общих патогенетических, патоморфологических, эпидемиологических, клинических и иммунологических черт.
- ❖ Протекают с развитием выраженной интоксикации и генерализованного васкулита, поражениями ЦНС, внутренних органов и характерными высыпаниями на коже.



Говард Тейлор  
Риккетс

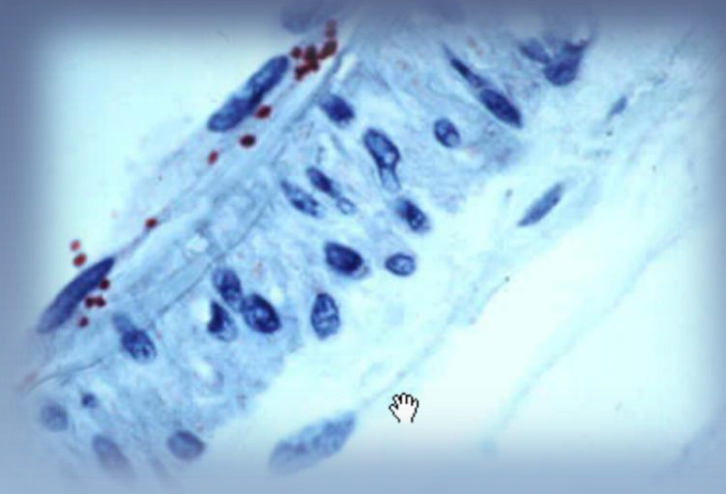


# Риккетсии

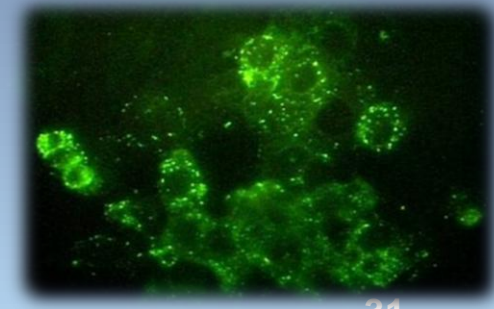


- ❖ По характеру передачи возбудителей все риккетсиозы являются **трансмиссивными** болезнями.
- ❖ Риккетсии после проникновения в клетку-мишень размножаются в ее цитоплазме или ядре, накапливаясь в течение нескольких суток до  $10^8$ - $10^9$  инфицирующих доз, в результате чего клетка гибнет, а высвободившиеся микробы поражают здоровые клетки.
- ❖ Поражают эндотелий сосудов, клетки крови и гладкомышечные клетки.

*Rickettsia rickettsii* в цитоплазме клеток



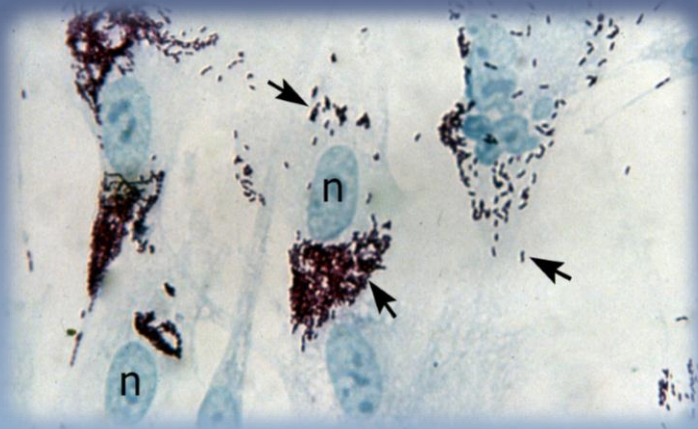
Риккетсии в эндотелиальных клетках



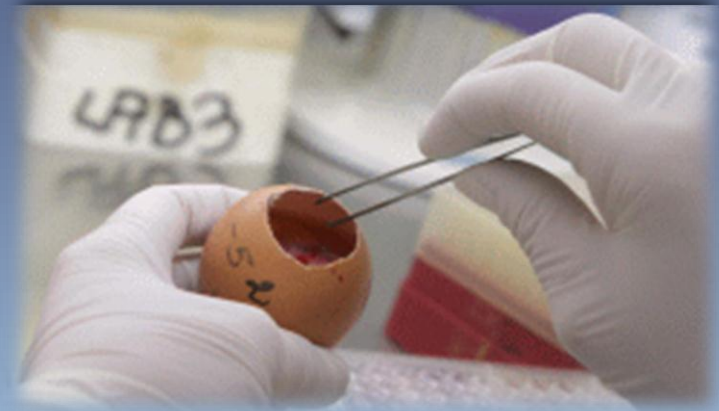
# Факторы патогенности риккетсий



- **Фимбрии и пили** – факторы адгезии и колонизации;
- **Эндотоксин** – ЛПС (липополисахарид) клеточной стенки;
- **Капсулоподобный** слизистый слой с поверхностными белками защищает от фагоцитоза.
- Собственная **фосфолипаза A2**;
- **Токсин** (имеет промежуточные свойства экзо- и эндотоксинов).



Rickettsia prowazekii-Infected Cultured Human Fibroblasts



Культивирование риккетсий на куриных эмбрионах



# Патогенез риккетсиозов

- После проникновения в организм (с укусом членистоногого-переносчика или заноса инфицированных фекалий в место укуса) возбудитель размножается в эндотелии прилегающих капилляров; это стадия раннего размножения составляет инкубационный период заболевания длительностью 7-10 сут.
- Через 7-10 сут возбудитель диссеминирует гематогенно; размножение риккетсий в цитоплазме эндотелиальных клеток вызывает васкулиты с образованием периваскулярных мононуклеарных инфильтратов.
- Пораженные клетки содержат риккетсии в виде телец включений (тельца включений, или клетки Музера); при этом риккетсии Провачека расположены в цитоплазме, а риккетсии Риккетса – в ядрах зараженных клеток.

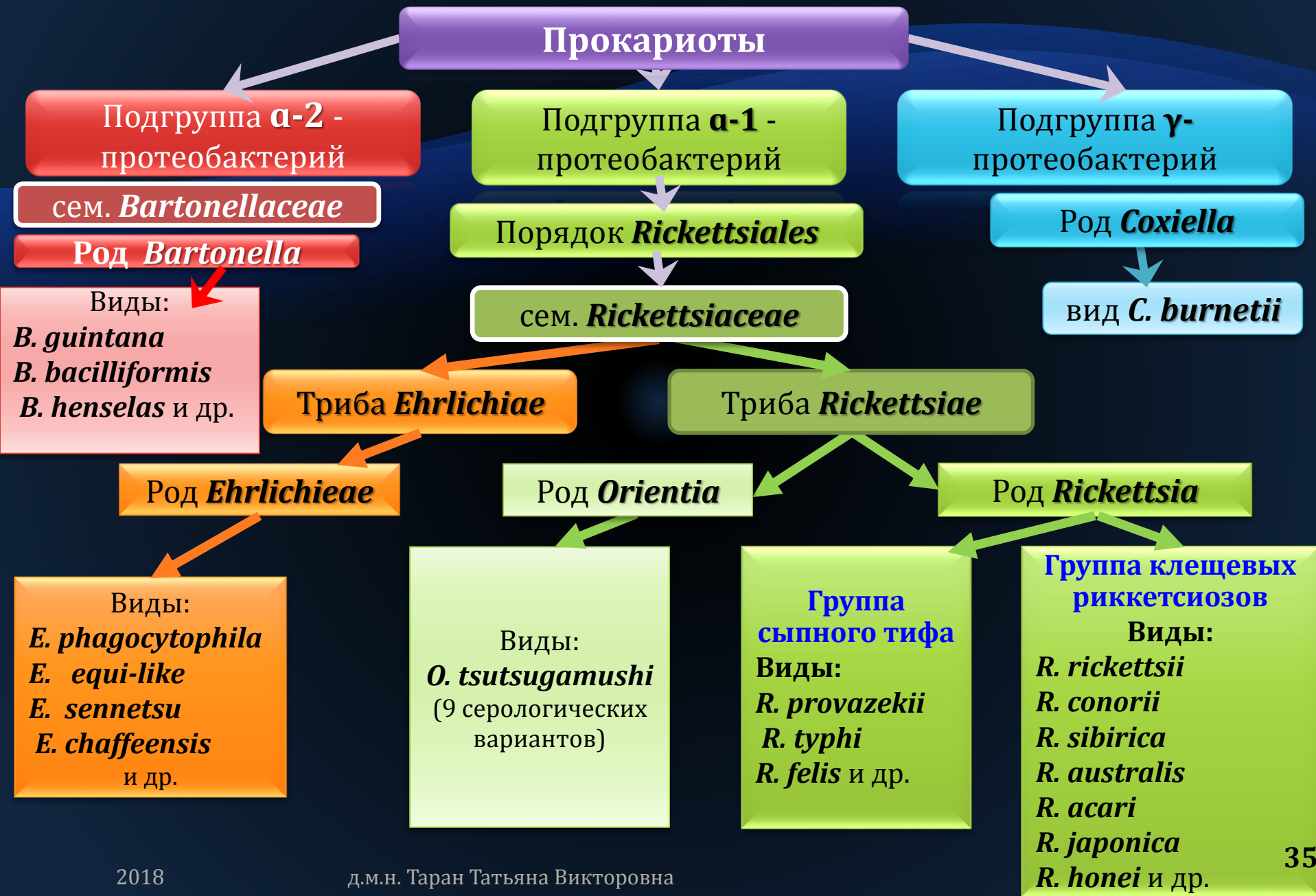
# Патогенез риккетсиозов

■ По мере диссеминирования возбудителя поражения сосудов принимают генерализованный характер, что обуславливает клинические проявления – на коже появляется пятнисто-папулезная сыпь, в сосудах отмечают диссеминированный тромбоз с развитием ишемии и некротических изменений в периваскулярных тканях.

■ Генерализованное поражение эндотелия приводит к повышению проницаемости сосудов, появлению отеков и геморрагий с развитием гипотензивного шока; повреждение эндотелиоцитов активирует свертывающую систему крови с возможным формированием синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания.

■ Смерть больного обуславливают острая сердечная недостаточность (основная причина), поражения ЦНС либо расстройства кровообращения, опосредованно приводящие к сердечной недостаточности.

# Таксономическое положение риккетсий и близкородственных к ним микроорганизмов, патогенных для человека (с 2000 г.)



# Таксономическое положение риккетсий

Порядок *Rickettsiales*

сем. *Rickettsiaceae*

Триба *Rickettsiae*

Род *Rickettsia*

**Группа сыпного  
тифа**

Виды:

*R. provazekii*

*R. typhi*

*R. felis* и др.

**Группа клещевых  
риккетсиозов**

Виды:

*R. rickettsii*

*R. conorii*

*R. sibirica*

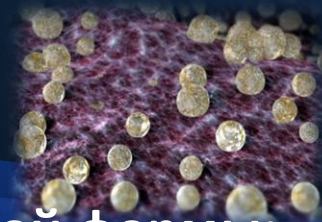
*R. australis*

*R. acari*

*R. japonica*

*R. honei* и др.

# Хламидии



- Хламидии и хламидофилы – это очень мелкие грамотрицательные бактерии шаровидной или овоидной формы; грам(-). Не образуют спор, не имеют жгутиков и капсулы.
- Облигатные внутриклеточные паразиты (энергетические паразиты)
- Имеют особый жизненный цикл: внеклеточные (элементарные тельца) и внутриклеточные (ретикулярные тельца) формы.

## Сем. *Chlamydiaceae*

### Род *Chlamydia*

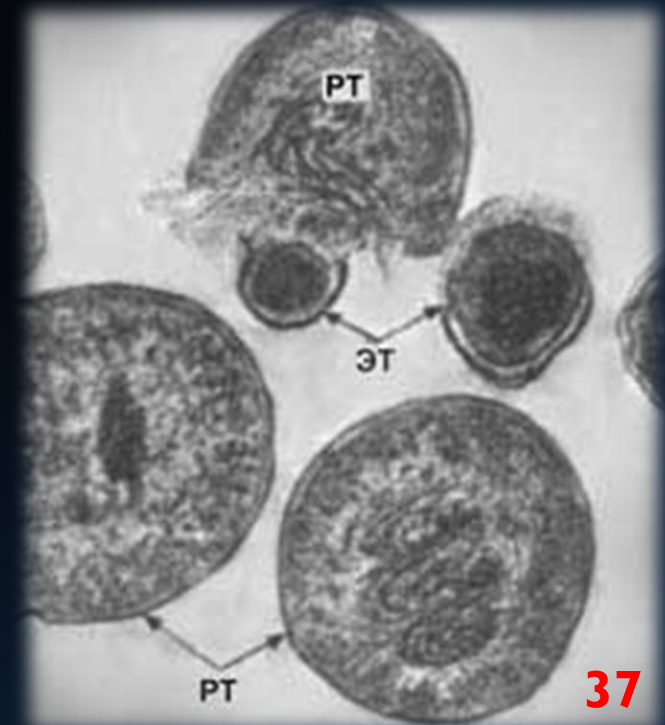
#### Виды:

*C. trachomatis*  
*C. suis*  
*C. muridarum*

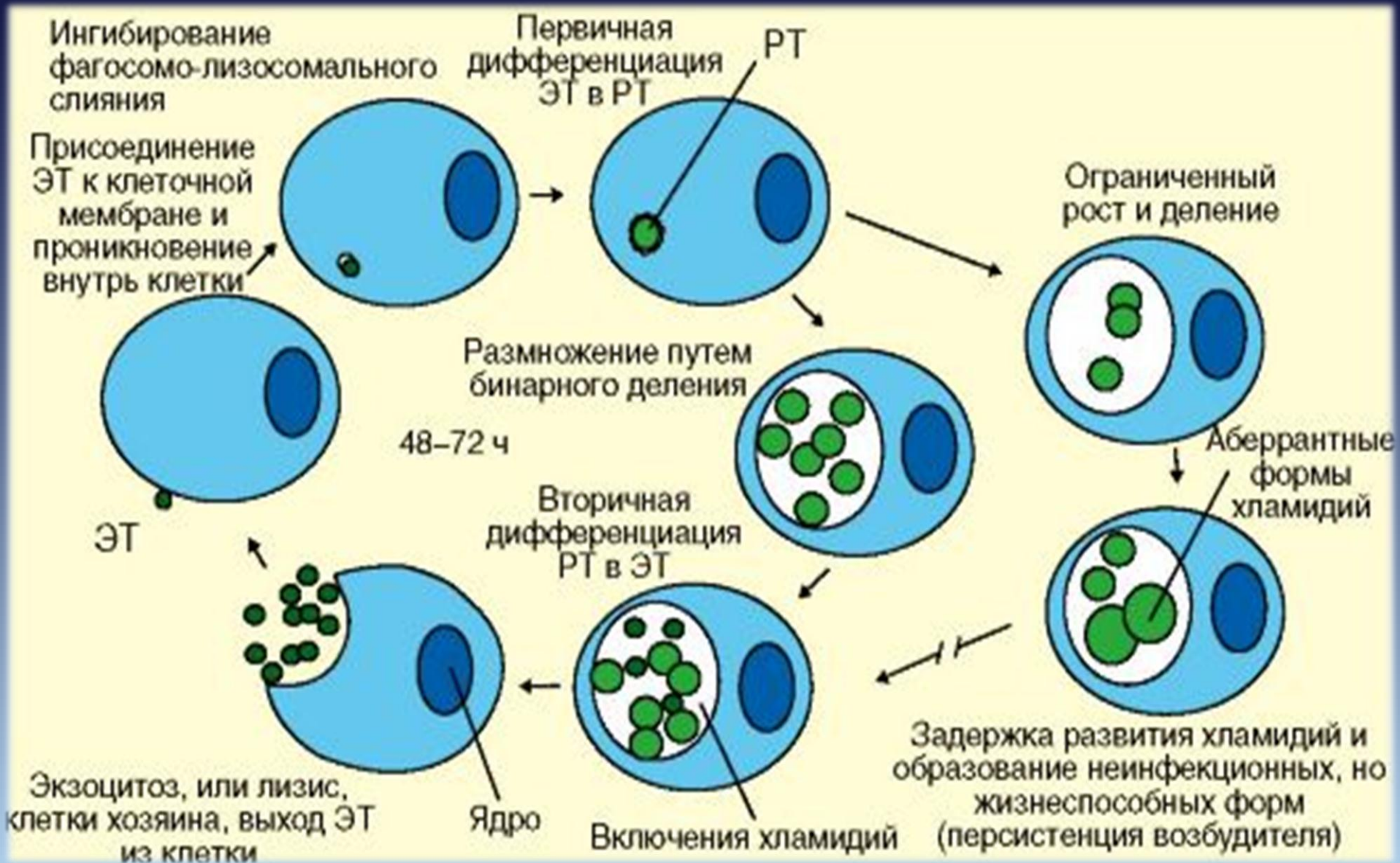
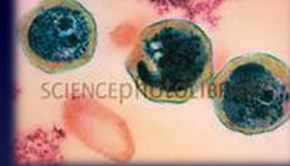
### Род *Chlamydophila*

#### Виды:

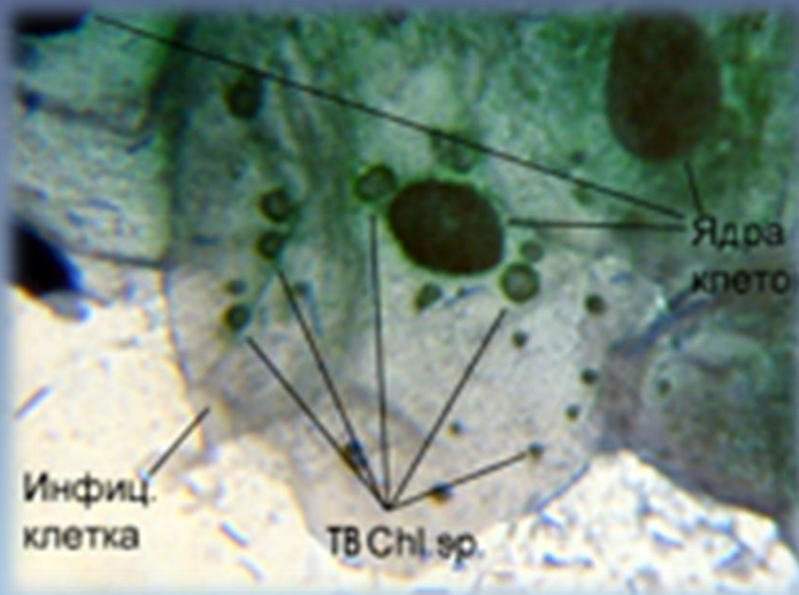
*C. pneumonia*  
*C. pecorum*  
*C. psittaci*  
*C. abortus*  
*C. caviae* и др.



# Жизненный цикл хламидий



- Размножаясь внутри эпителиальных клеток хозяина, хламидии образуют т.н. тельца включений (ТВ) – особых вакуолей, внутри которых происходит процесс бинарного деления с образованием новых бактериальных клеток.
- В зависимости от вида, штамма каждая инфицированная эпителиальная клетка может содержать от одного до нескольких десятков ТВ, которые либо ассоциированы с ядром (как у «классических» штаммов *C. trachomatis*), либо диффузно расположены в цитоплазме (*C. pneumoniae*, *C. psittaci*).



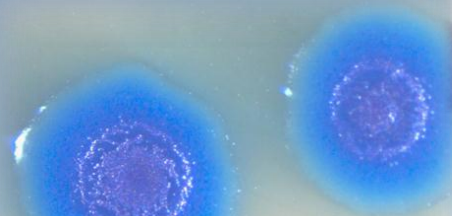
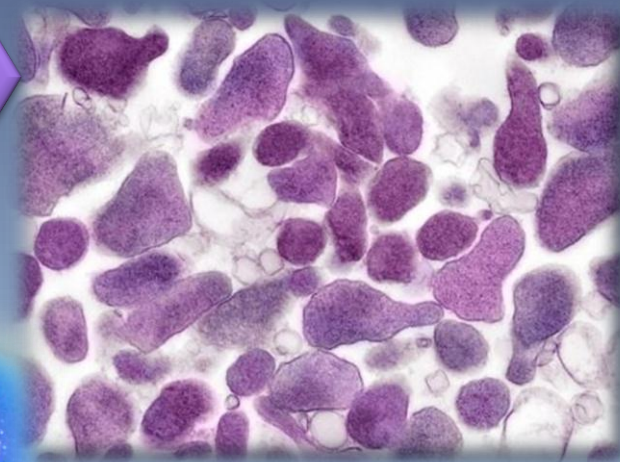
# Детерминанты патогенности хламидий

- **белки наружной мембраны** (антигены клеточной поверхности), родоспецифические; подавляющие защитные силы организма; термостабильны.
- **эндотоксины** представлены ЛПС, во многом аналогичными ЛПС грам(-) бактерий; присутствует только в ЭТ.
- **экзотоксины** – термолабильные субстанции;
- **белки теплового шока** – известны как стрессовые белки, участвуют в патогенезе аутоиммунных расстройств.



# Микоплазмы (и уреаплазмы)

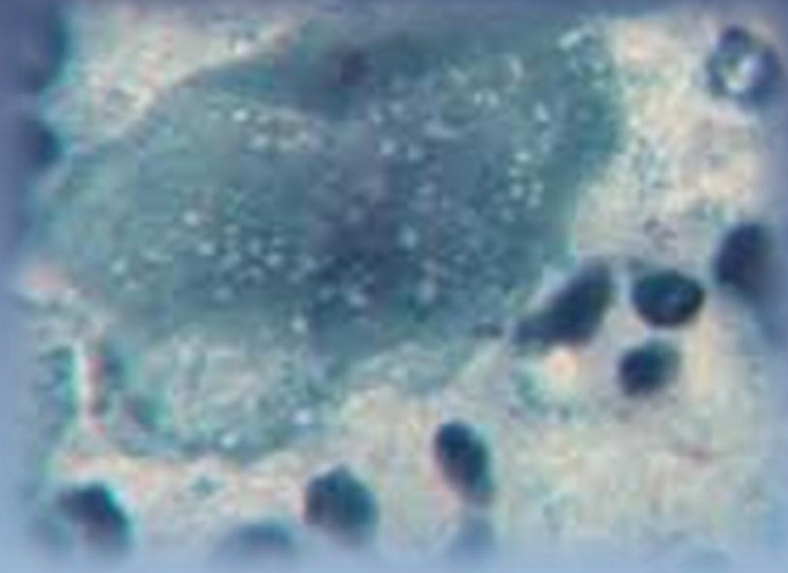
- ☀ Это самые мелкие бактерии из существующих в природе организмов-прокариотов, способных самостоятельно жить и размножаться (0,3-0,8мкм),
- ☀ Не имеют клеточной стенки,
- ☀ Клетки окружены ЦПМ, покрытой капсулоподобным слоем.
- ☀ Содержат стеролы, нуждаются в них для культивирования
- ☀ Неподвижны, не образуют спор.
- ☀ Факультативные анаэробы (кроме *M. pneumoniae* – строгого аэроба).
- ☀ Из-за отсутствия клеточной стенки микоплазмы осмотически чувствительны, имеют разнообразную форму: кокковидную, нитевидную, колбовидную.
- ☀ Размножаются микоплазмы
  - ◆ бинарным делением,
  - ◆ почкованием,
  - ◆ фрагментацией нитей.



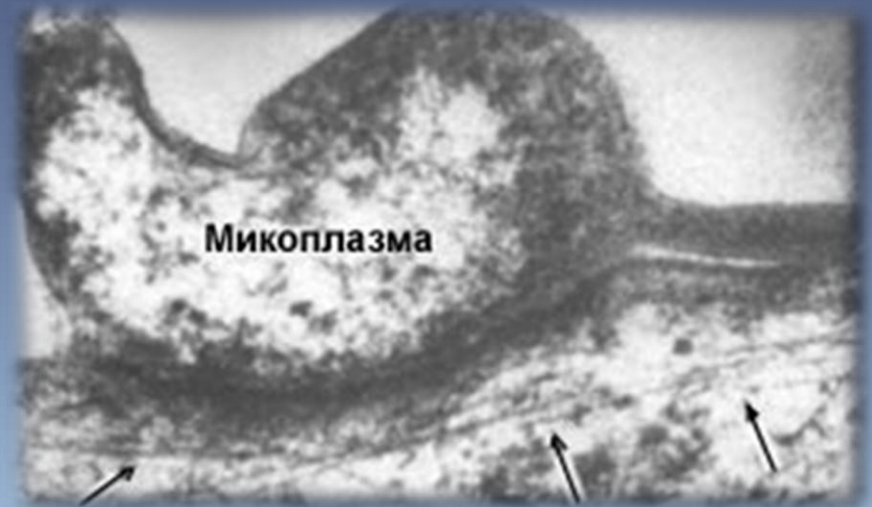
Колонии  
*M. hominis*

# Микоплазмы

- Внеклеточные патогены, прикрепляются к мембранам эпителия посредством специальных белков – *адгезинов*.
- Размножаясь, распространяются по поверхности мембран или отпочковываются в межклеточную жидкость и разносятся с ней.
- Для питания и размножения они используют вещества, содержащиеся в межклеточном пространстве и входящие в состав клеток, нарушая трофику тканей и межклеточные коммуникации.

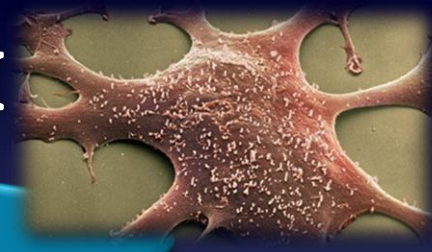


Микоплазмы на поверхности инфицированной клетки (белые «пузырьки»)



Микоплазма «ползет» по поверхности клетки (ЭМ × 1200 )

# Таксономия микоплазм



Сем. *Mycoplasmataceae*

род *Mycoplasma*

Виды (около 100):

*M. pneumoniae*

*M. hominis*

*M. genitalium*

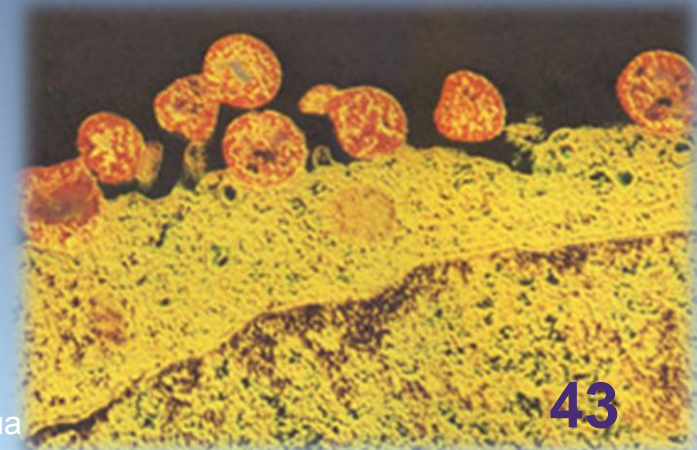
*M. fermentans* и др.

род *Ureaplasma*

Виды (5):

*U. urealyticum* и др.

- Класс – Mollicutes
- Порядок – Mycoplasmatales
- Семейство – Mycoplasmataceae
- Роды
  - *Mycoplasma*
  - *Ureaplasma*
- Виды
  - *M. pneumoniae*
  - *M. hominis*
  - *M. genitalium*
  - *U. urealyticum*



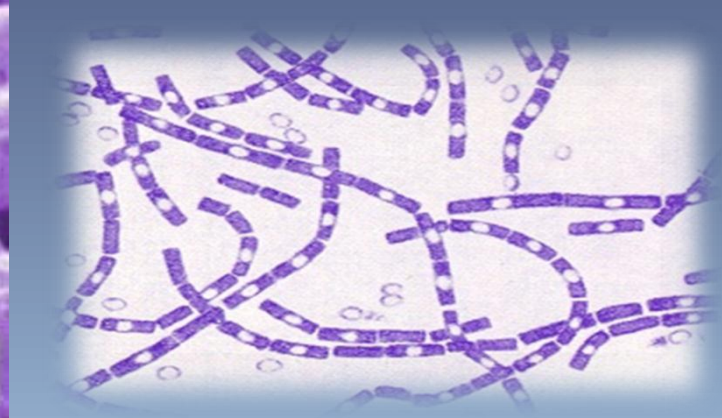


# Благодарю за внимание





*B. anthracis*



Споры *Bacillus anthracis* - возбудителя сибирской  
язвы