

Систематика и номенклатура  
микроорганизмов.  
Структура микробной клетки.



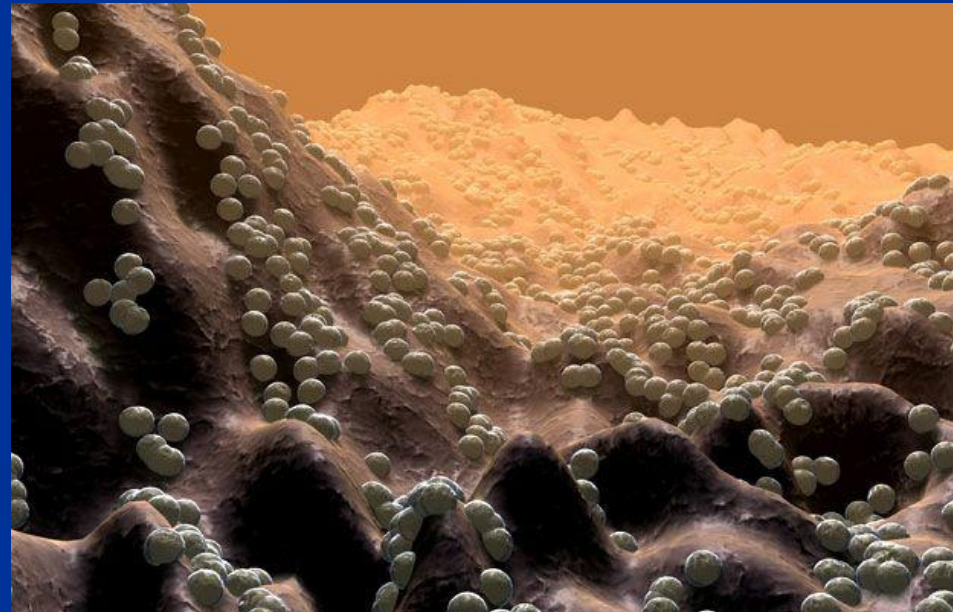
Зав.кафедрой,  
д.м.н., профессор  
Г.И.Чубенко

**Таксономия** - наука о методах и принципах распределения организмов в соответствии с их иерархией.

В основу систематики микроорганизмов положены:  
их генетическое родство,  
морфологические, физиологические,  
антигенные и молекулярно-биологические свойства.

# Таксономические категории

- Царство (regnum)
- Отдел (divisio)
- Класс (klassis)
- Порядок (ordo)
- Семейство (familia)
- Род (genus)
- Вид (species)



НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ

КЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ

ВИРУСЫ

ВИРОИДЫ

ПРИОНЫ

ПРОКАРИОТЫ

БАКТЕРИИ

ЭУКАРИОТЫ

ГРИБЫ

ПРОСТЕЙШИЕ

ЭУБАКТЕРИИ

АРХЕБАКТЕРИИ

ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ  
ЭУБАКТЕРИИ  
С ТОНКОЙ СТЕНКОЙ  
(Gracilicutes)

ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ  
ЭУБАКТЕРИИ  
С ТОЛСТОЙ СТЕНКОЙ  
(Firmicutes)

ЭУБАКТЕРИИ  
ЛИШЕННЫЕ КЛЕТОЧНОЙ  
СТЕНКИ-МИКОПЛАЗМЫ  
(Tenericutes)

АРХЕБАКТЕРИИ -  
ПОЧВЕННЫЕ ИЛИ  
ВОДНЫЕ БАКТЕРИИ

**ПРОКАРИОТЫ**

**БАКТЕРИИ**

**ЭУБАКТЕРИИ**

**АРХЕБАКТЕРИИ**

**ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ  
ЭУБАКТЕРИИ  
С ТОНКОЙ СТЕНКОЙ  
(Gracilicutes)**

**ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ  
ЭУБАКТЕРИИ  
С ТОЛСТОЙ СТЕНКОЙ  
(Firmicutes)**

**ЭУБАКТЕРИИ,  
ЛИШЕННЫЕ КЛЕТОЧНОЙ  
СТЕНКИ-МИКОПЛАЗМЫ  
(Tenericutes)**

**АРХЕБАКТЕРИИ  
С ДЕФЕКТНОЙ КЛЕТОЧНОЙ  
СТЕНКОЙ  
(Mendosicutes)**

## Отделы:

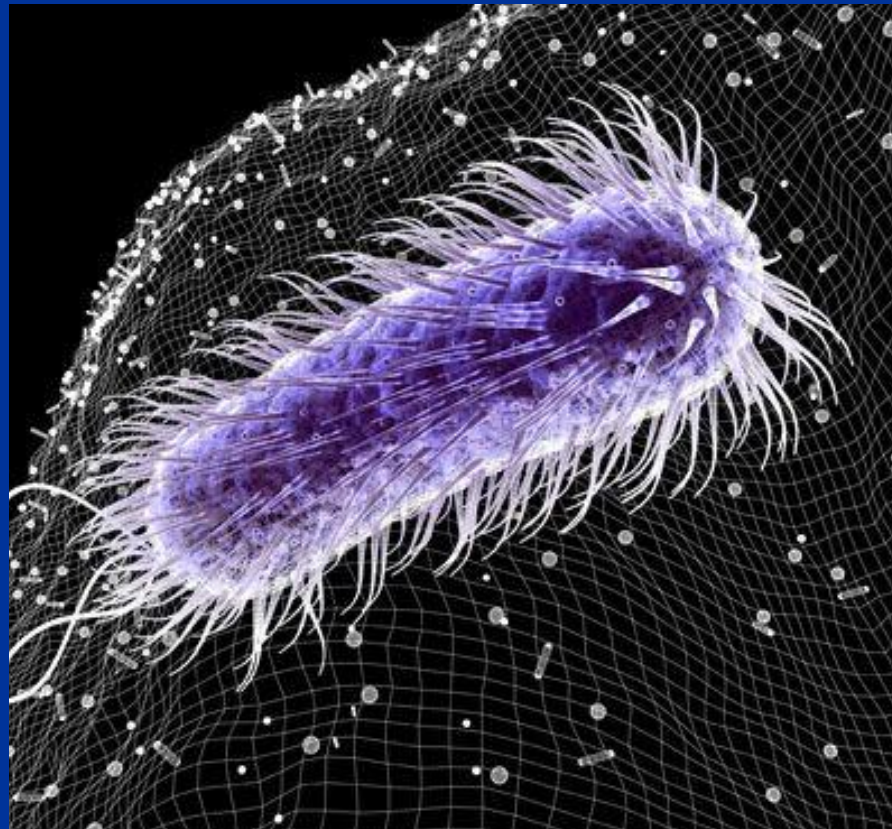
- 1) Gracilicutes (от лат. *cutes* - кожа, *gracilis* - тонкий) - грамотрицательные бактерии, имеющие тонкую клеточную стенку;
- 2) Firmicutes (от лат. *firmus* - толстый) - грамположительные эубактерии, имеющие толстую клеточную стенку;
- 3) Tenericutes (от лат. *tetter*- мягкий, нежный) - эубактерии, лишенные клеточных стенок;
- 4) Mendosicutes (от лат. *mendosus* - ошибочный) — дырявоклеточные (архебактерии).

# Отличия прокариот от эукариот.

Признак	Прокариотическая клетка	Эукариотическая клетка
Размер	1 – 10 мкм	10 – 100 мкм
Анаэробное дыхание	Возможно	Обычно отсутствует
Фиксация азота	Возможна	Невозможна
Мембранные структуры	Отсутствуют	Имеются
Движение цитоплазмы	Отсутствует	Имеется
Место синтеза белка	На рибосомах, свободно расположенных в цитоплазме	На рибосомах в составе эндоплазматической сети
Жгутики	Состоят из одной фибриллы, построенной из субъединиц белка флагеллина	Состоят из микротрубочек, собранных в группы
Компартментализация клеток	Слабо выражена	Клетка разделена мембранами на отдельные отсеки
<i>Генетический материал</i>		
Расположение	Нет мембраны, отграничивающей его от цитоплазмы	Отграничен от цитоплазмы ядерной мембраной
Форма	Кольцевая молекула ДНК	Хромосома
Внехромосомная ДНК	Располагается в плаزمидях	Располагается в митохондриях
Гистоны	Отсутствуют	Имеются
Тип деления	Бинарный	Митотический
<i>Клеточная стенка (цитоплазматическая мембрана у эукариот)</i>		
Структурные элементы	Образована пептидогликанами	Содержит хитин или целлюлозу
Стероиды	Отсутствуют	Имеются

# Систематика Д.Берджи

Первое издание вышло в 1923 г. В последующем переиздавалась 10 раз.





# Гено- и фенотипические характеристики микроорганизмов:

1. **Морфологические** - форма, величина, особенности взаиморасположения, структура.
2. **Тинкториальные** - отношение к различным красителям (характер окрашивания), прежде всего к окраске по Граму; химический состав клеточной стенки, белковый спектр.
3. **Культуральные** - характер роста микроорганизма на питательных средах.

4. **Биохимические** - способность ферментировать различные субстраты и образовывать в процессе жизнедеятельности различные биохимические продукты.

5. **Антигенные** – зависят от химического состава и строения бактерий, распознаются по способности макроорганизма вызывать выработку антител и других форм иммунного ответа, выявляются в иммунологических реакциях.



# В составе 4 отделов выделено 35 групп бактерий.

- 1 группа- спирохеты
- 2 группа- аэробные/микроаэрофильные грамотрицательные спиралевидные бактерии
- 3 группа- неподвижные грамотрицательные изогнутые бактерии
- 4 группа - грамотрицательные аэробные/микроаэрофильные палочки и кокки
- 5 группа – факультативно анаэробные грамотрицательные палочки
- 6 группа - грамотрицательные анаэробные прямые и изогнутые палочки

- 7 группа- непатогенные бактерии восстанавливающие серу и сульфат
- 8 группа- анаэробные грамотрицательные кокки
- 9 группа- риккетсии и хламидии
- 10 – 16 группа- непатогенные для человека и животных
- 17 группа- грамположительные кокки
- 18 группа – грамположительные палочки и кокки образующие споры

- 19 группа- грамположительные палочки правильной формы, не образующие спор
- 20 группа- грамположительные палочки неправильной формы, не образующие спор
- 21 группа- микобактерии
- 22 – 29 группа- актиномицеты
- 30 группа- микоплазмы
- 31 – 35 группа- непатогенные для человека и животных (архебактерии)

**Вид** — эволюционно сложившаяся совокупность особей имеющая сходный генотип, который в стандартных условиях проявляется сходными морфологическими, физиологическими, биохимическими и другими свойствами.

Морфоварианты - отличаются по морфологии;  
биовары — по биологическим свойствам,  
хемовары — по ферментативной активности,  
серовары — по антигенной структуре,  
фаговары — по чувствительности к бактериофагам,  
резистенсвары – по устойчивости к антибиотикам

- Штамм- культура микроорганизмов одного вида, выделенная из определенного источника в определенный отрезок времени.
- Клон - культура микроорганизмов, полученная из 1 бактериальной клетки.
- «Чистая культура»- культура одного вида или подвида, полученная на плотной питательной среде.
- Популяция- совокупность особей, обитающих в пределах ограниченного участка биосферы с относительно однородными условиями жизни

**Номенклатура** - название  
микроорганизмов в соответствии с  
международными правилами.

Бинарная номенклатура.

*Staphylococcus aureus* (**S. aureus**).



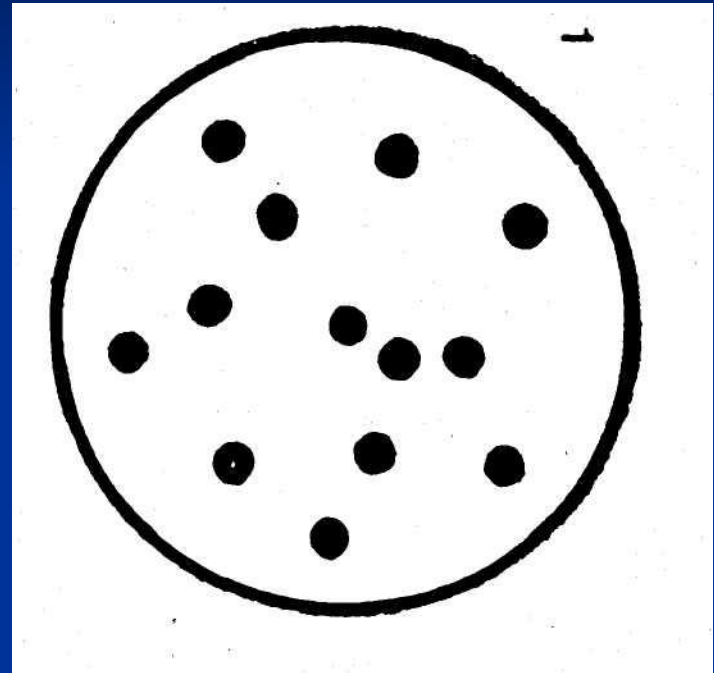
# Основные формы бактерий

- Шаровидные
- Палочковидные
- Извитые
- нитевидные

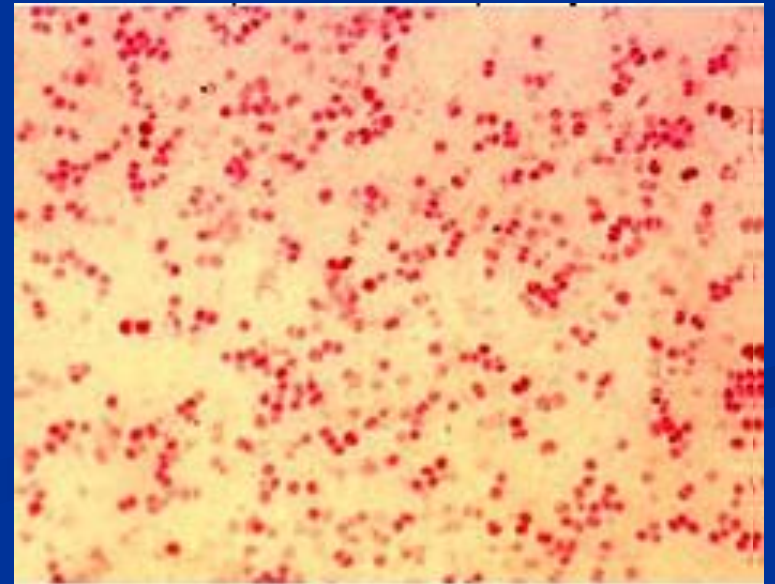
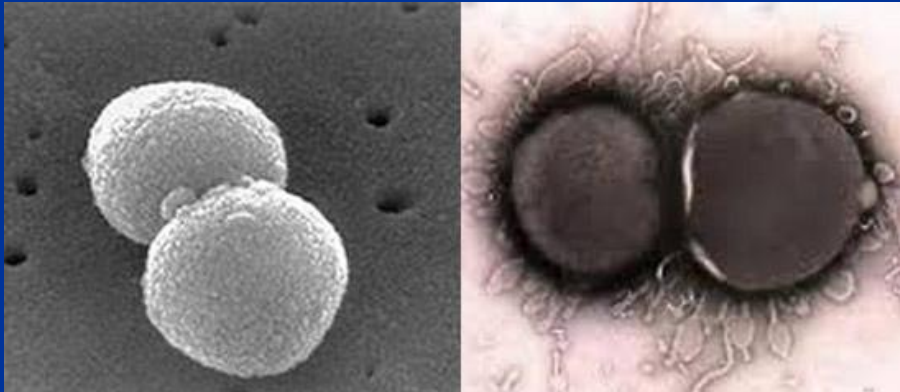


# Шаровидные (кокковые) формы

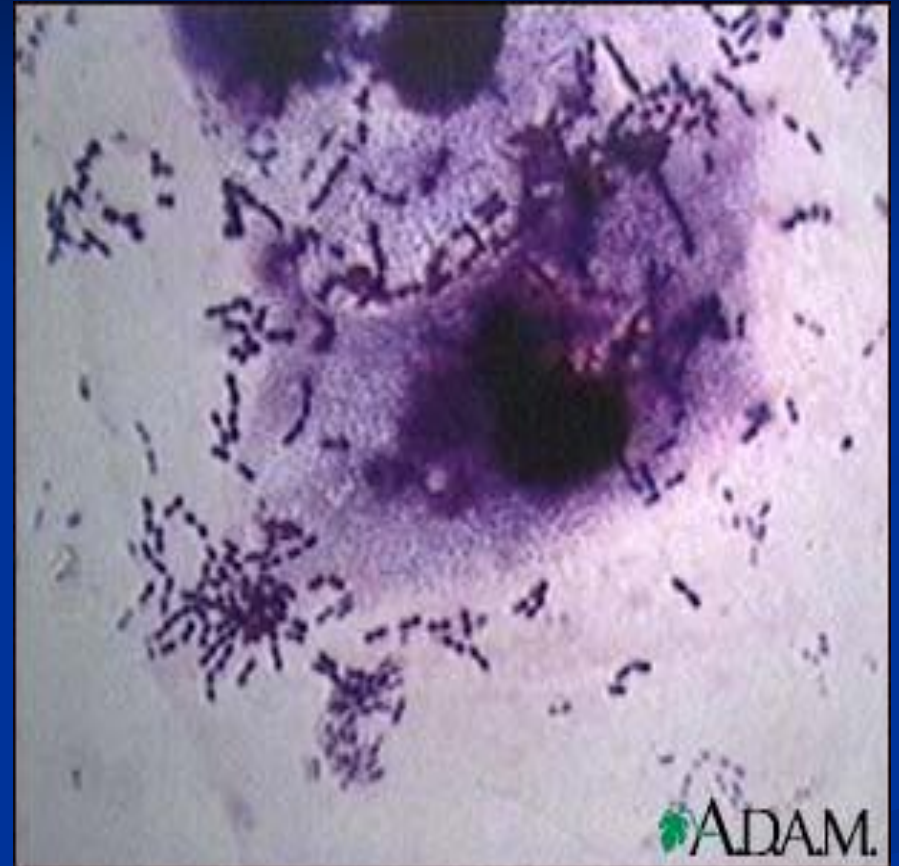
Микрококки-(греч.kokkos-  
зерно) делятся в равных  
плоскостях  
и располагаются одиночно,  
парами, беспорядочно



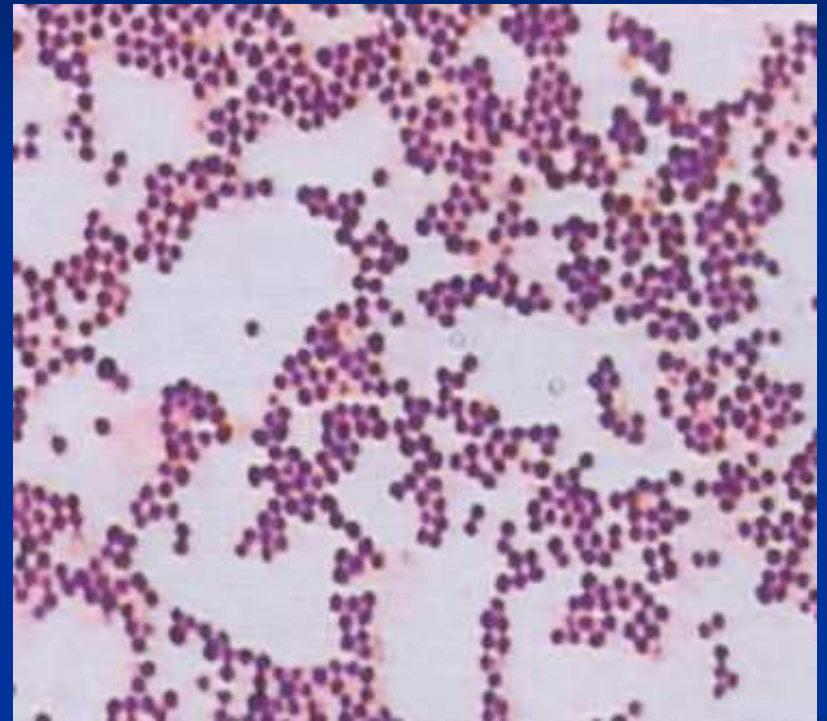
Диплококки- (греч.diplos  
-двойной) делятся в  
одной плоскости, образуя  
попарно расположенные  
клетки



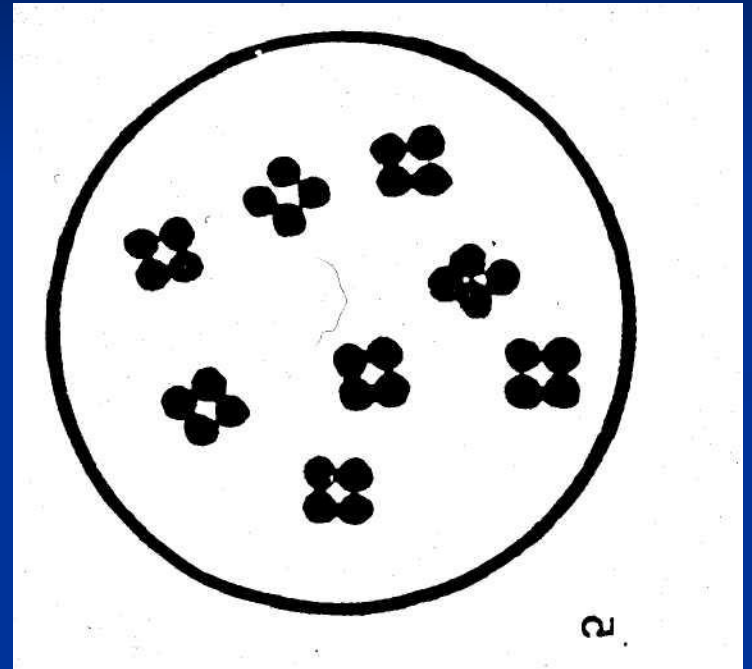
Стрептококки-  
(греч.streptos-цепочка)  
делятся в одной  
плоскости с  
образованием цепочек



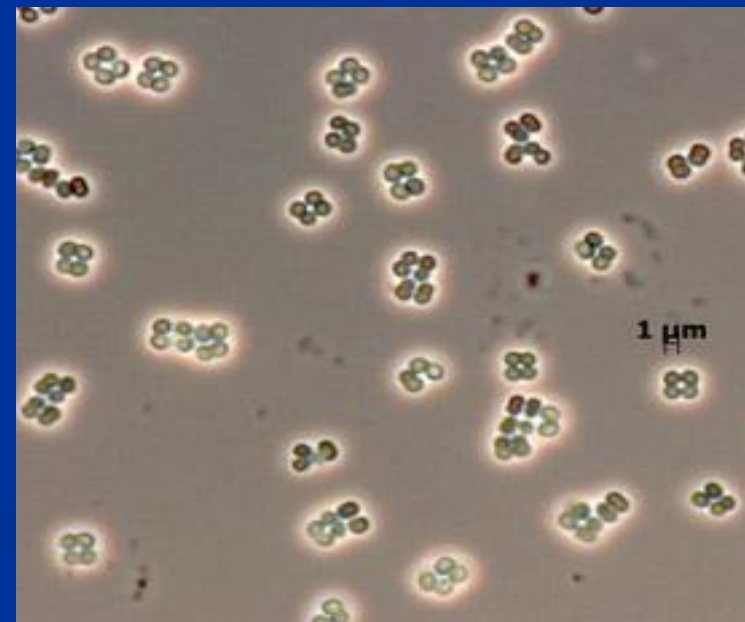
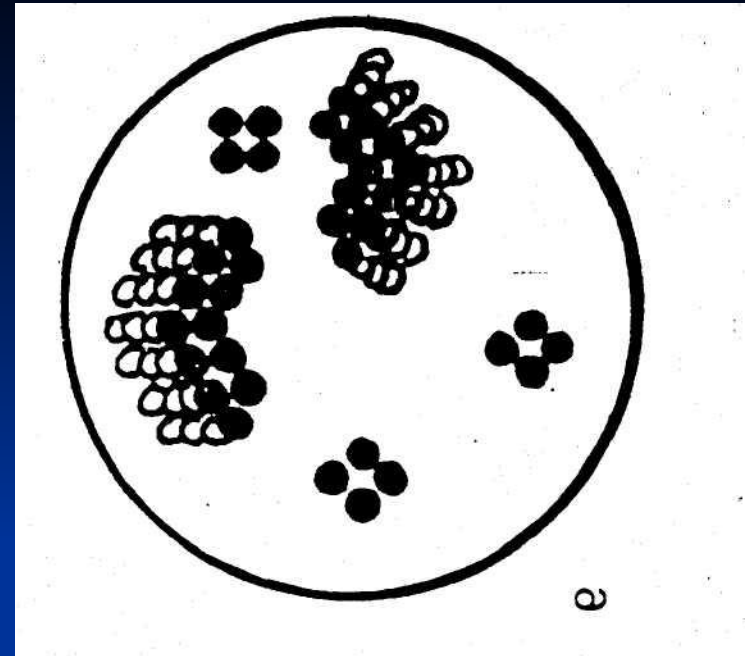
Стафилококки (staphylon  
гроздь)-делятся в  
различных плоскостях,  
располагаются  
несимметричными  
скоплениями)



Тетракокки- (греч.- tetra)  
делятся в двух взаимно  
перпендикулярных областях,  
располагаются по четыре

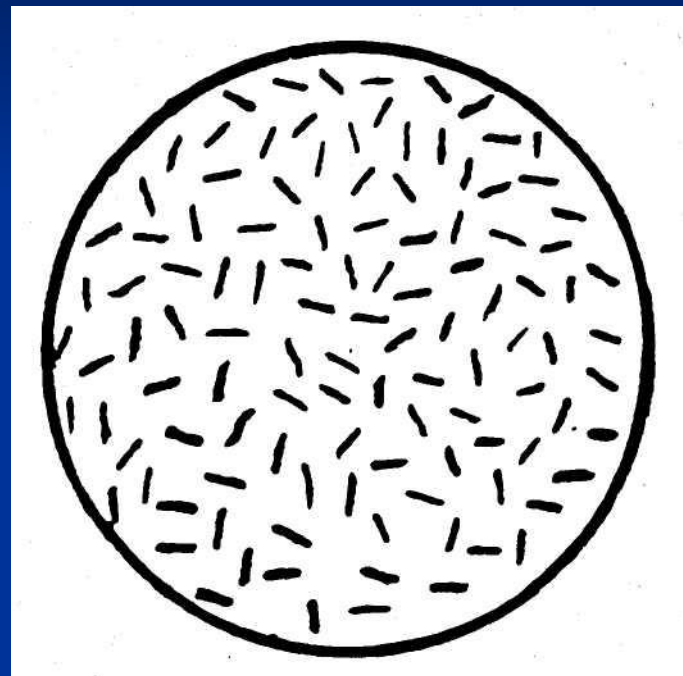


Сарцины-  
(лат.sarcio- связываю)  
делятся в трех  
взаимно  
перпендикулярных  
областях,  
располагаются пакетами  
по 8-16 клеток.



# Палочковидные формы

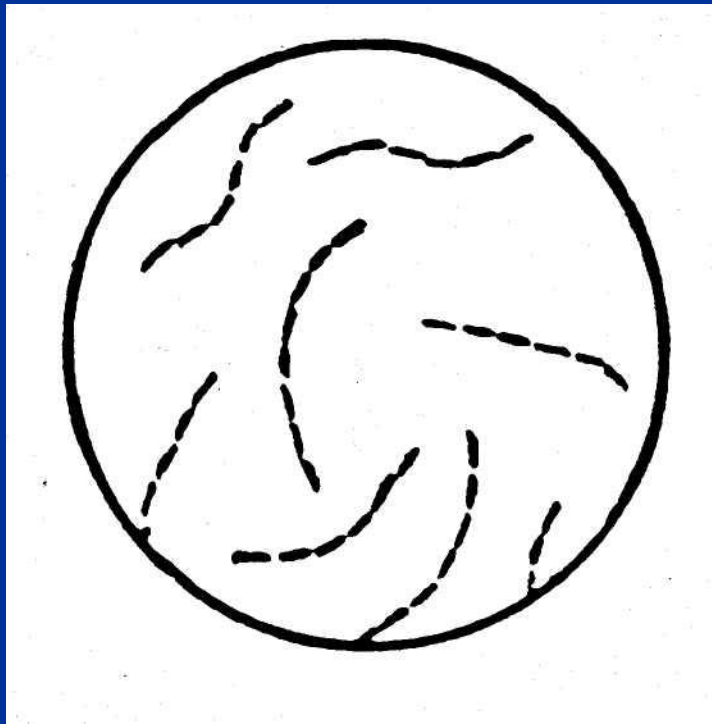
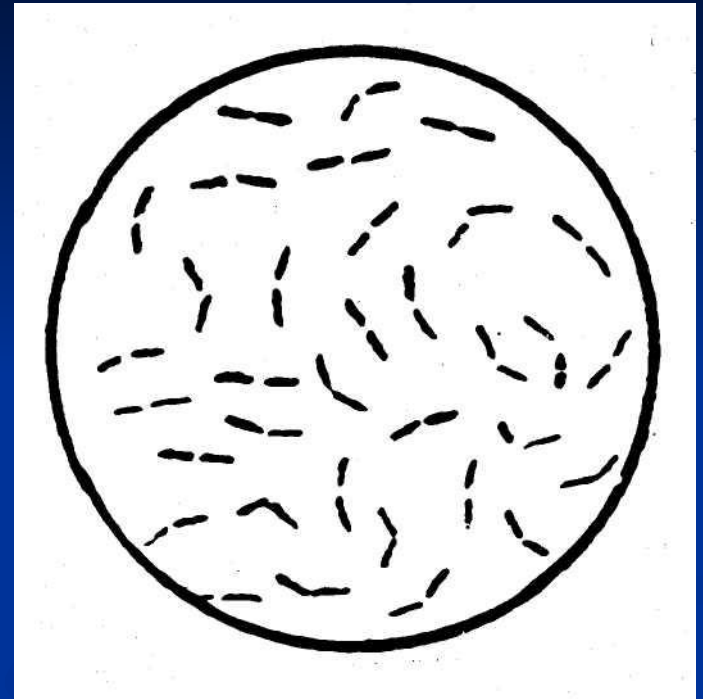
Неспорообразующие  
палочки- собственно  
бактерии (греч. Bacterion  
- палочка)





# В зависимости от взаимного расположения

Диплобактерии –  
палочки располагаются  
попарно

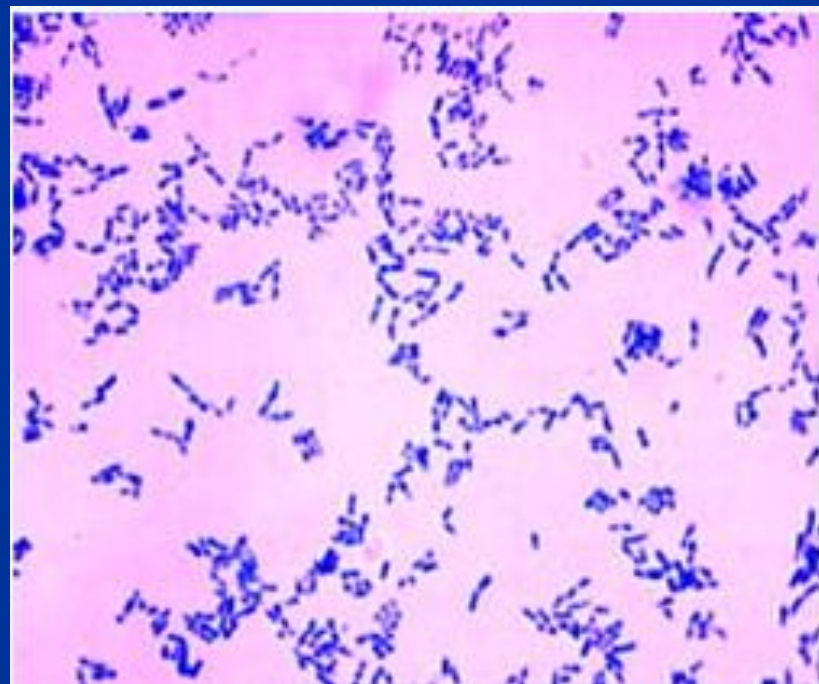
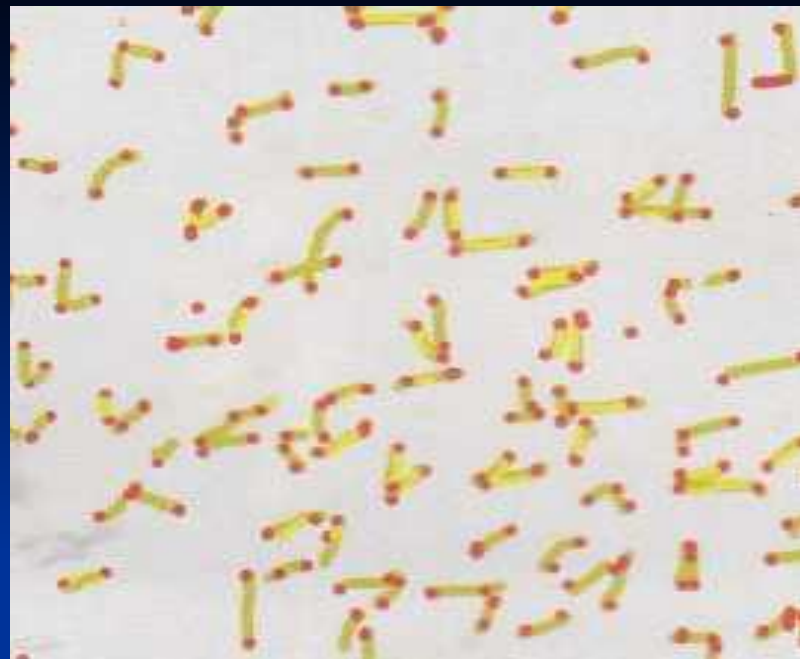


Стрептобактерии-  
палочки располагаются  
цепочкой

Фузобактерии- длинные,  
толстые палочки с  
заостренными концами



Коринебактерии-  
(греч. κορυνη  
—булава) изогнутые  
палочки с булавовидными  
утолщениями на концах

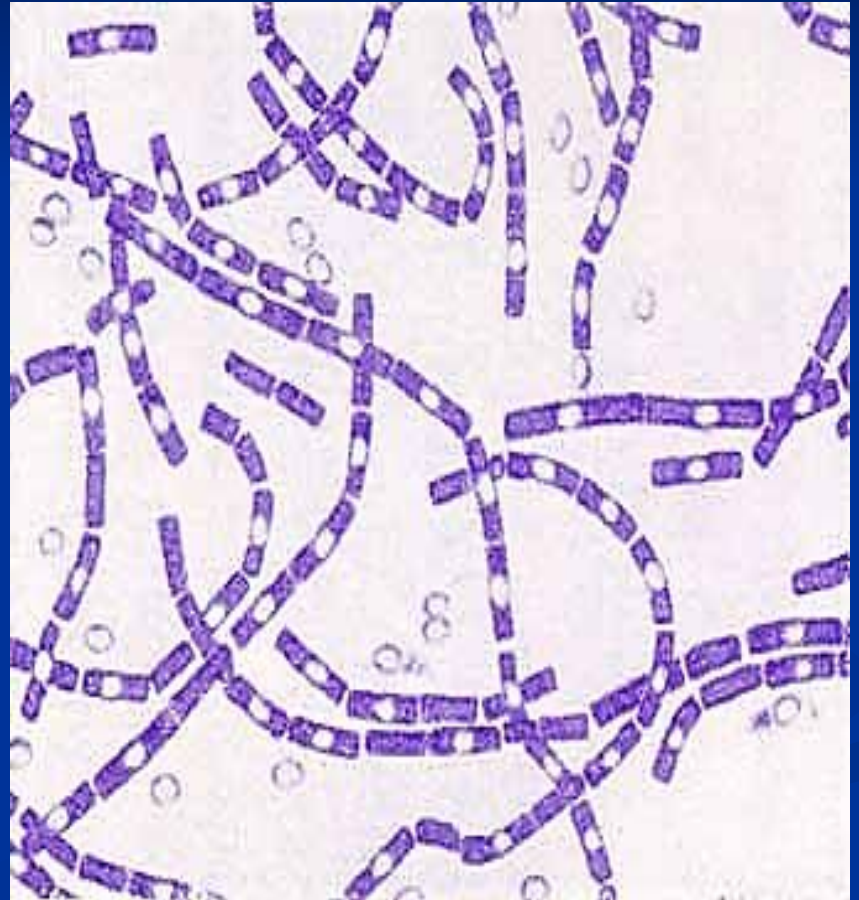


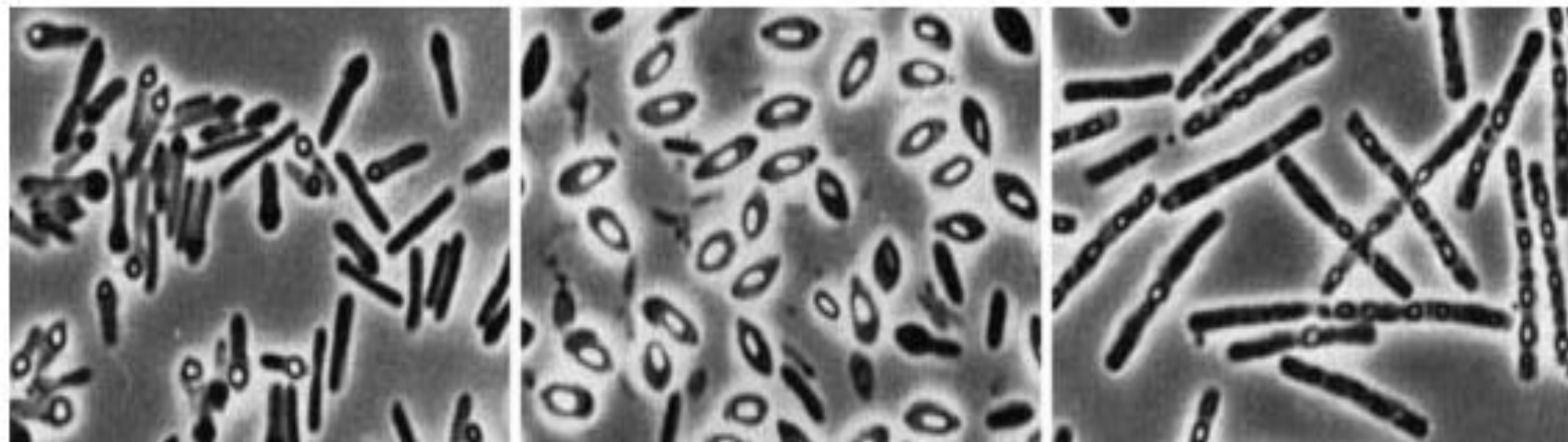
# Спорообразующие палочки

Клостридии (clostrum  
- веретено), диаметр  
споры превышает  
ширину вегетативной  
клетки



- Бациллы- спорообразующие палочки, диаметр споры не превышает ширину микробной клетки





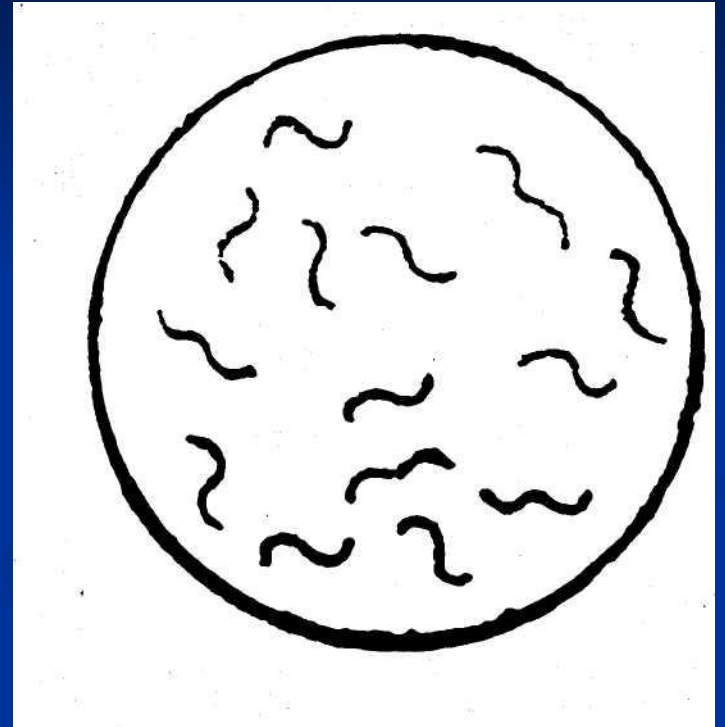
*Рис. 22.* Расположение эндоспор в клетках бактерий (фазово-контрастная микроскопия)

# Извитые формы

Вибрионы- (лат.vibrio  
- извиваюсь) изогнутые  
палочки в виде запятой



Спириллы-(греч. Spira  
изгиб) короткие  
извитые палочки  
с 4-6 завитками





кампилобактерии,  
хеликобактерии -  
имеющие изгибы как у  
крыла летящей чайки;

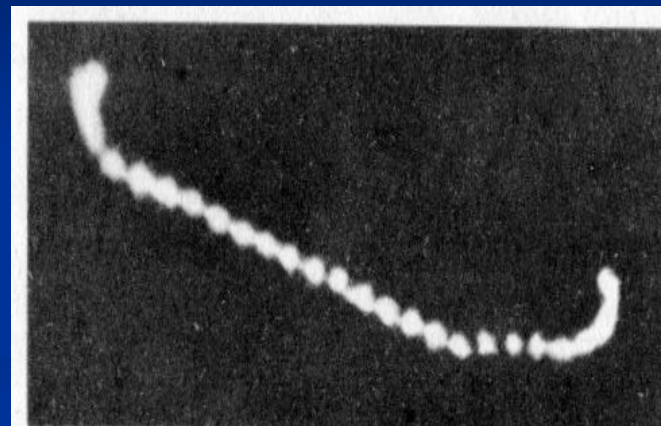


# Спирохеты

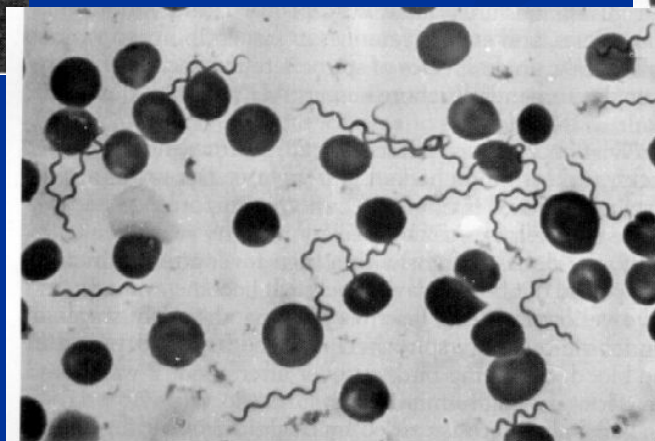
Спирохеты (греч. *chaete*- волосы)- длинные извитые бактерии 8-14 завитков. Представители родов:



**Treponema**



**Leptospira**

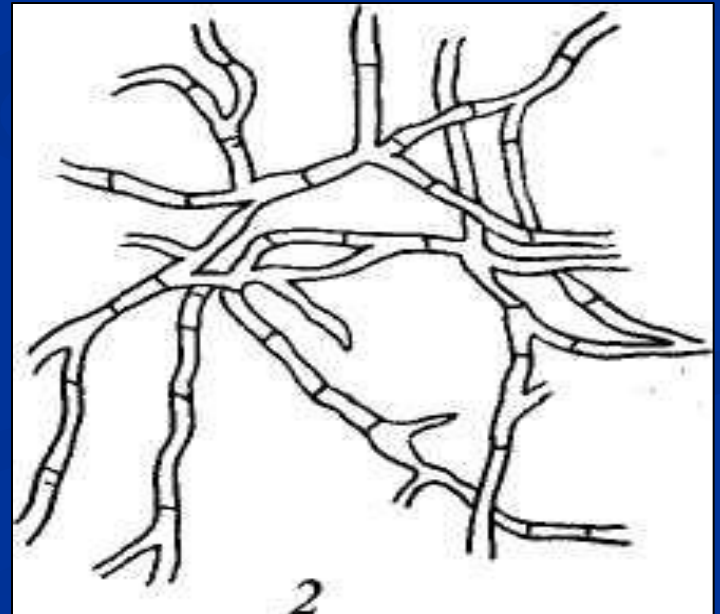
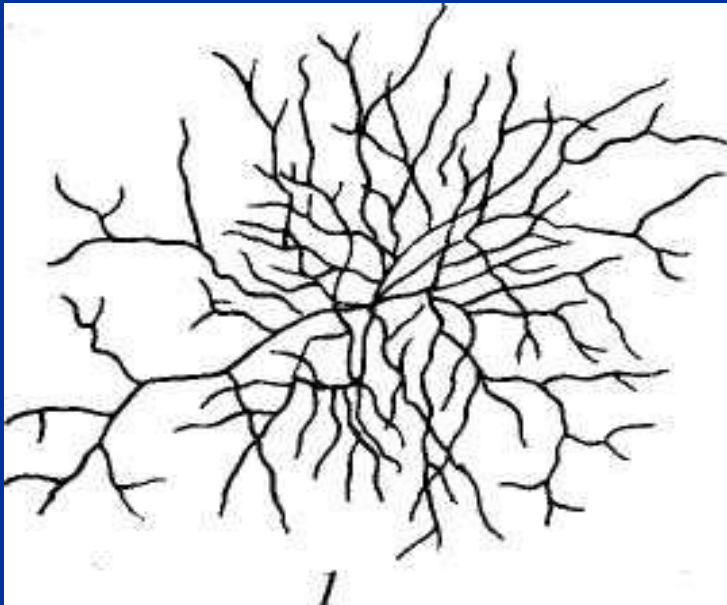


**Borrelia**

# Нитевидные формы

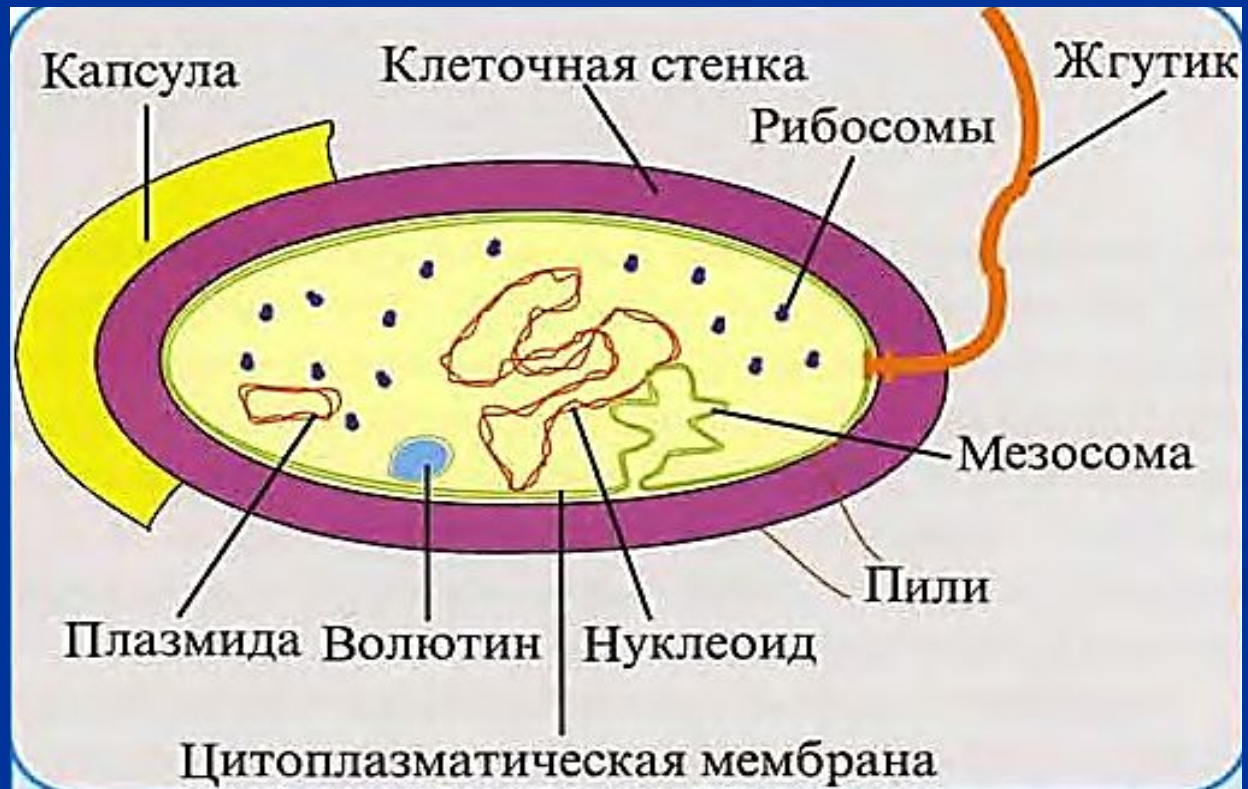
Постоянные и временные

- Постоянные- микроорганизмы, образующие ветвистые нити (актиномицеты). Могут быть соединены посредством футляра или слизи.
- Временные- атипичные формы бактерий



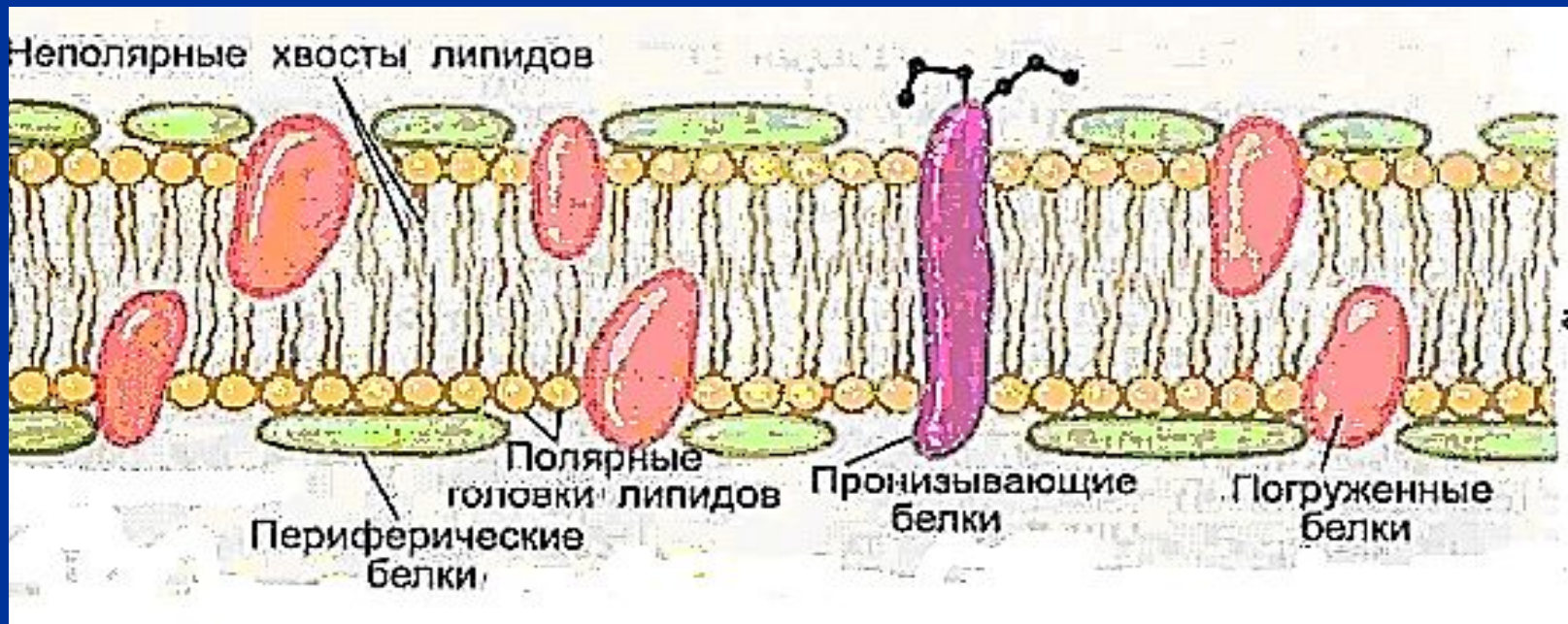
# Строение бактериальной клетки

- Обязательные структуры: нуклеоид, цитоплазма, цитоплазматическая мембрана, клеточная стенка.
- Необязательные структурны: капсула, споры, пили, жгутики.



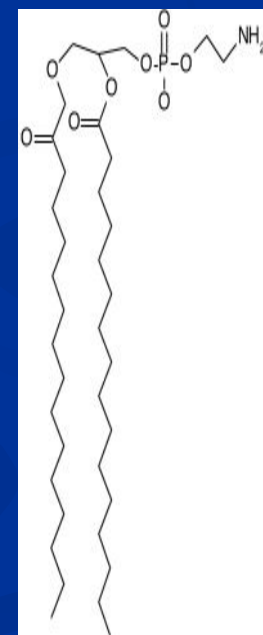
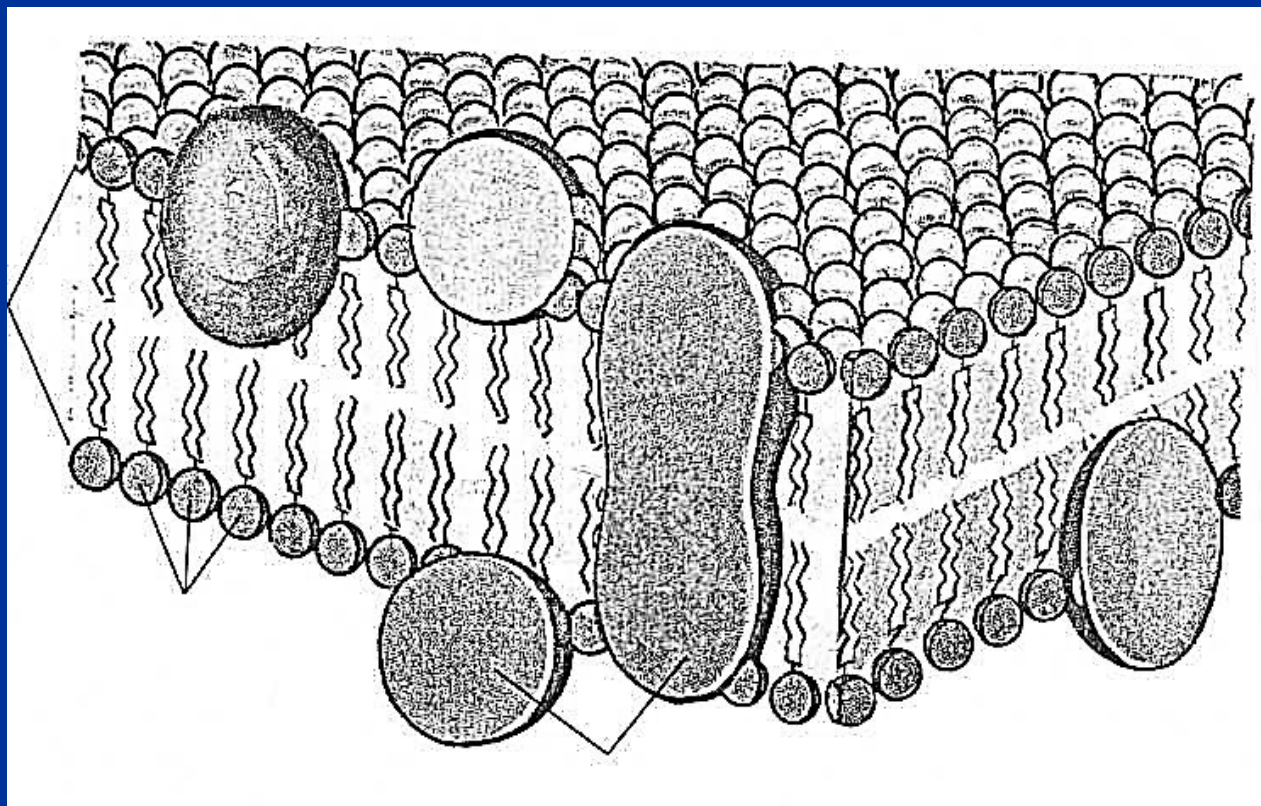
# Цитоплазматическая мембрана

внутренняя оболочка- ограничивает цитоплазму. Представляет собой белково – липидный комплекс. Главным липидным компонентом являются фосфолипиды, белковая фракция представлена структурными белками, обладающими ферментативной активностью.



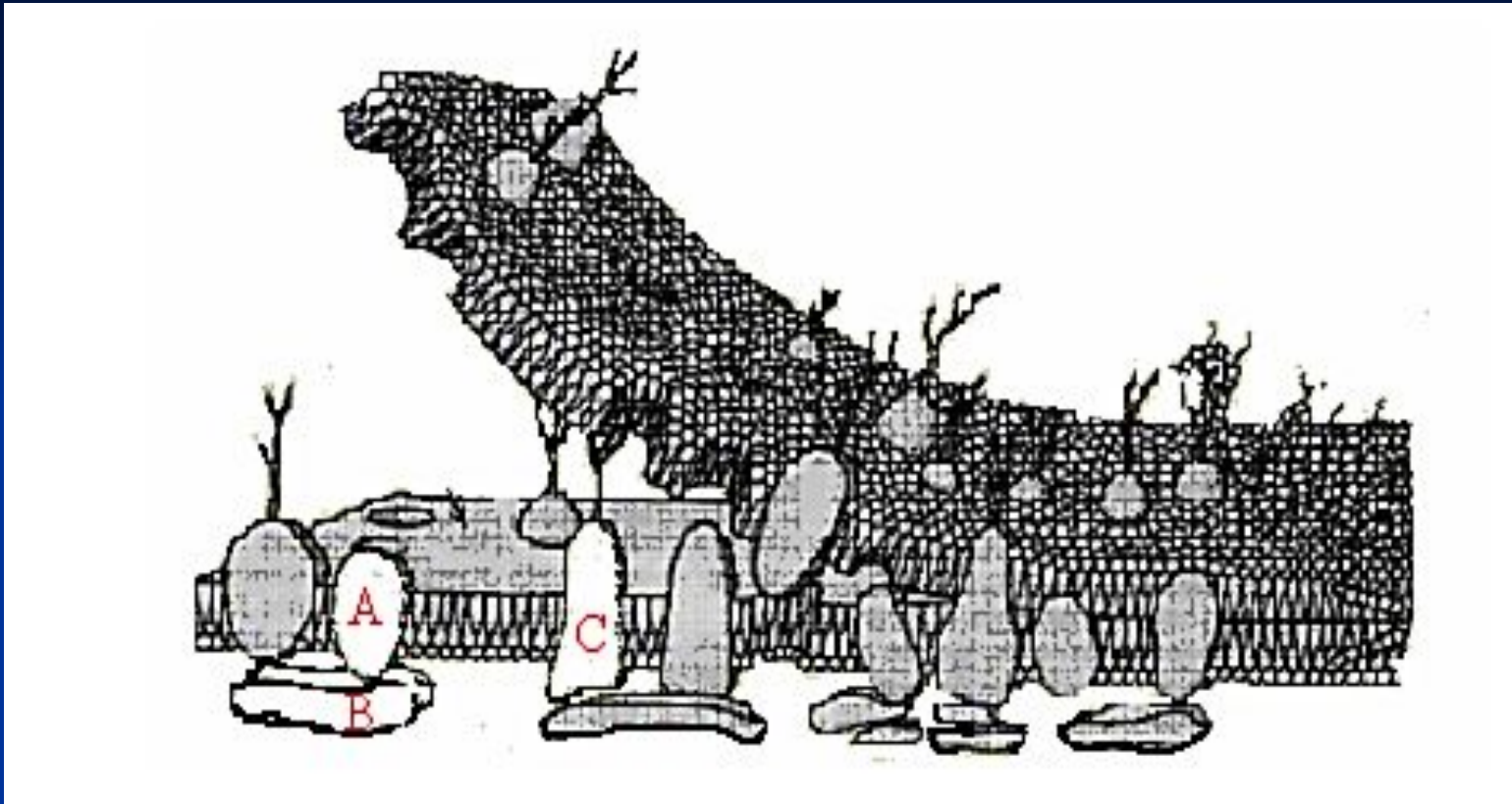
Гидрофобные концы молекул фосфолипидов и триглицеридов направлены внутрь, а гидрофильные головки – наружу.

По расположению и характеру взаимодействия с липидным бислоем, белки подразделяются на периферические и интегральные.



Гидрофобный фрагмент

# Структура цитоплазматической мембраны:



- А – белки, погруженные в бислой мембраны;
- В – поверхностные белки;
- С – белки пронизывающие мембрану насквозь.

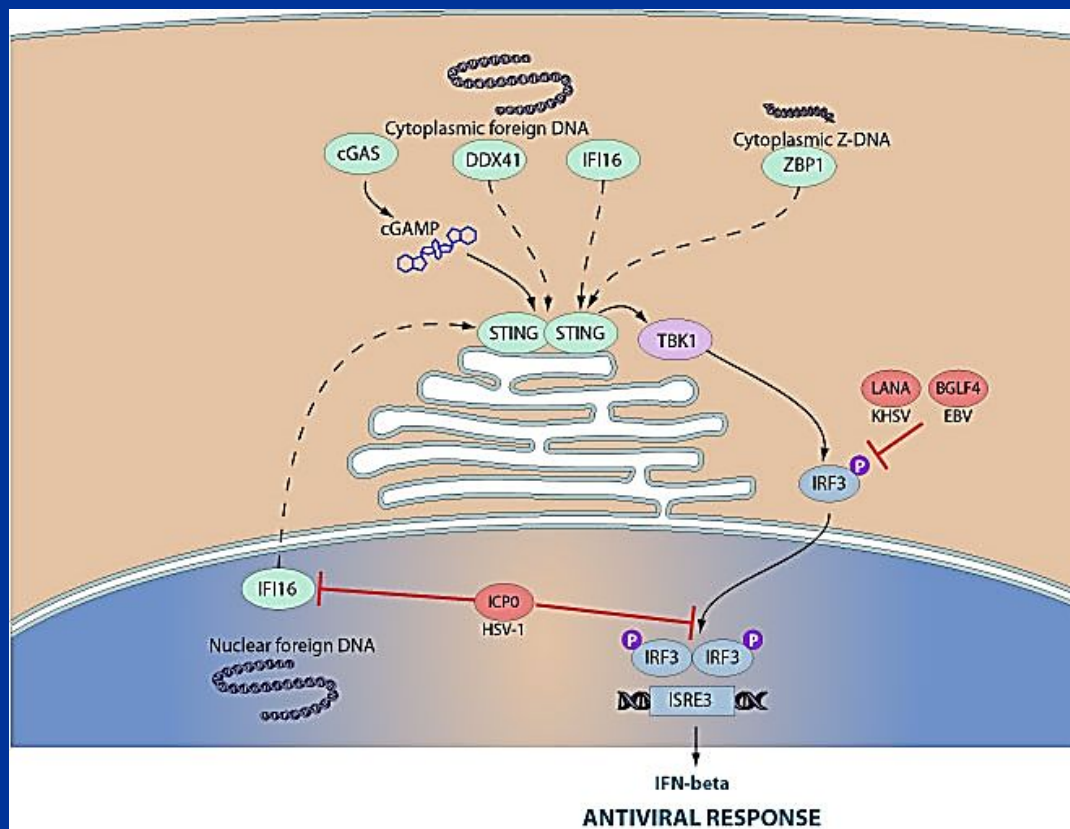
## Функции цитоплазматической мембраны:

- барьерную (создает и поддерживает осмотическое давление),
- энергетическую (содержит ферментные системы - дыхательные, окислительно - восстановительные, осуществляет перенос электронов),
- транспортную (перенос различных веществ в клетку и из клетки).
- Участвует в синтезе вещества КС, делении, спорообразовании



Пространство между цитоплазматической и наружной мембраной называется **периплазматическим**.

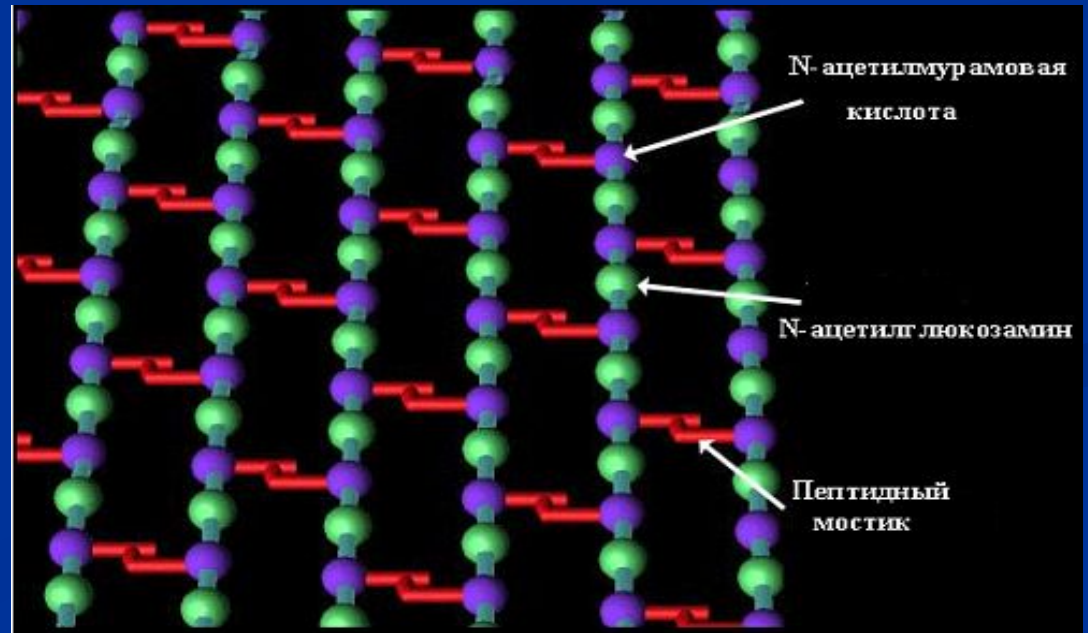
В периплазматическом пространстве находятся белки (протеиназы, нуклеазы, рестриктазы, пермеазы), которые участвуют в расщеплении и переносе субстратов в цитоплазму.



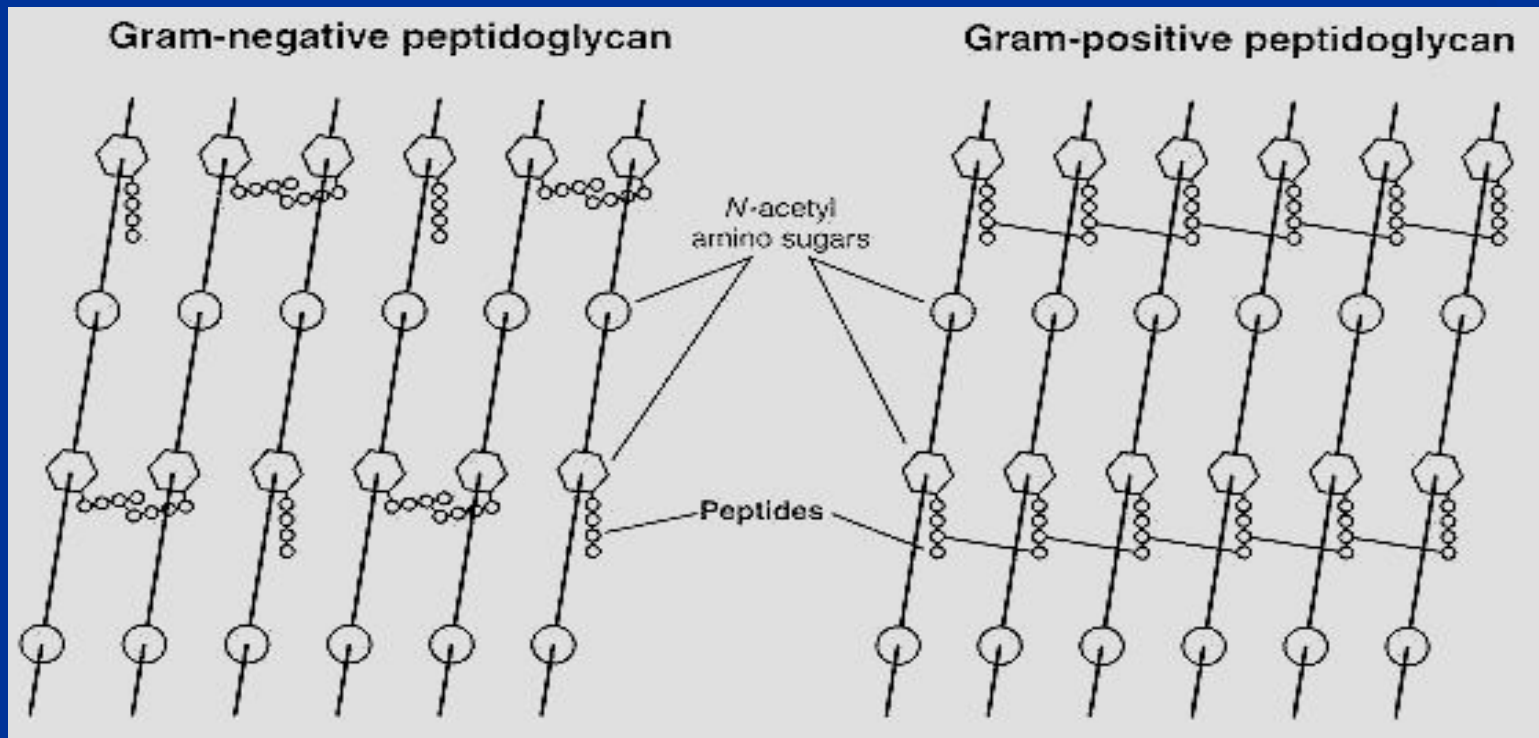
# Клеточная стенка

Основное химическое соединение клеточной стенки - пептидогликан (муреин).

Пептидогликан образован чередующимися звеньями N – ацетилглюкозамина и N – ацетилмурамовой кислоты, они связаны между собой боковыми и поперечными цепочками (пептидными мостиками).

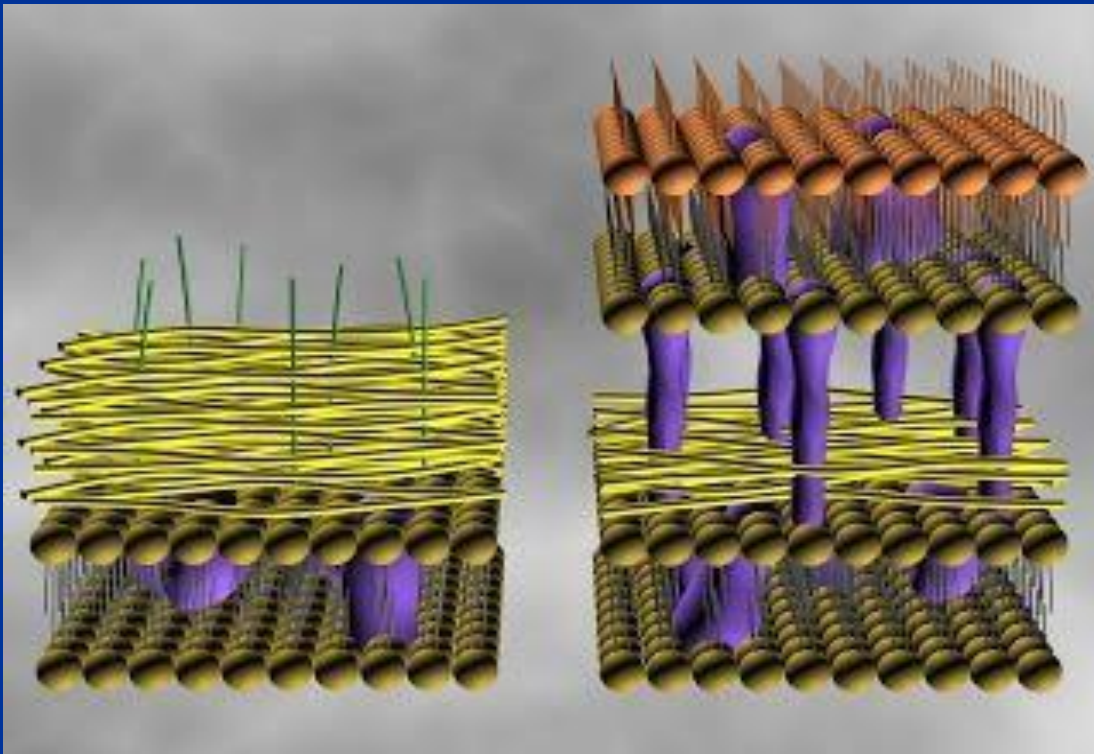


К N -ацетилмурамовой кислоте ковалентно присоединен тетрапептид: L-аланин; D-глутамин, у грамположительных бактерий L-лизин, а у грамотрицательных бактерий — диаминопимелиновая кислота (ДАП) и D-аланин.



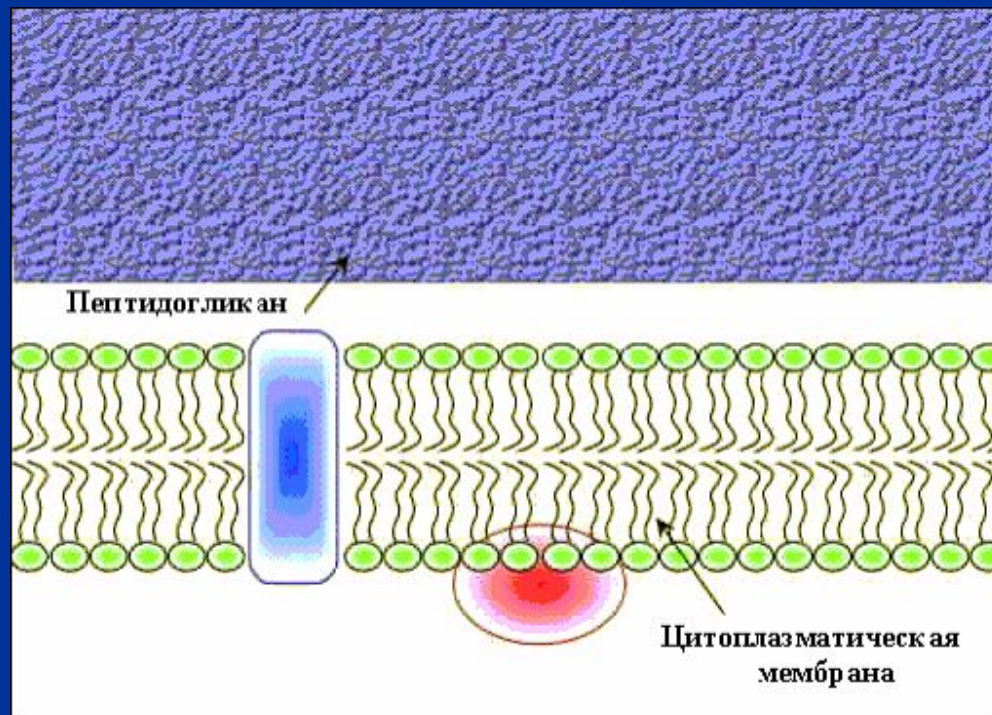
В 1884 году датским ученым Х. Грамом предложена окраска, позволяющая судить о строении клеточной стенки.

Выделяют две большие группы - “грам+” и “грам - “ бактерии.

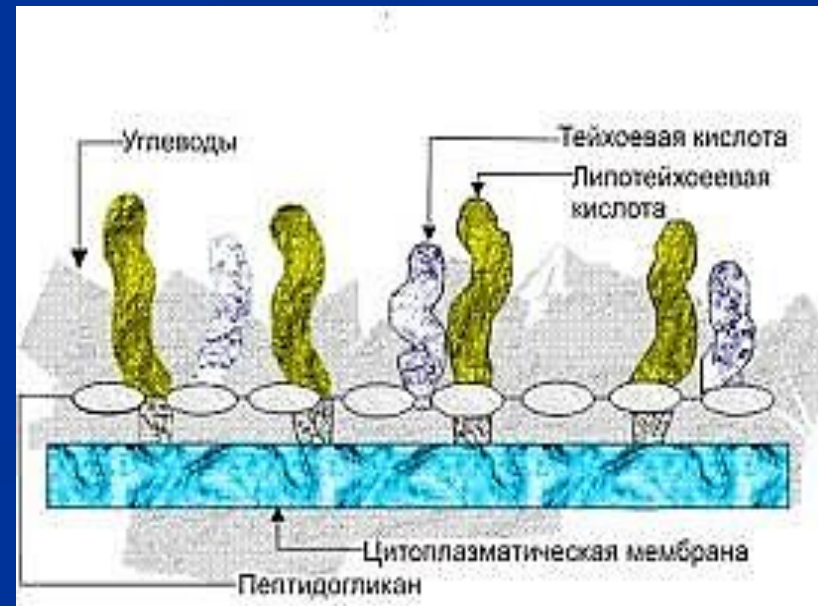


# Строение клеточной стенки грамположительных бактерий

Толстая (20 – 80 нм), в составе преобладают пептидогликан и тейхоевые кислоты. Клеточная стенка плотно прилегает к цитоплазматической мембране, периплазматического пространства нет.



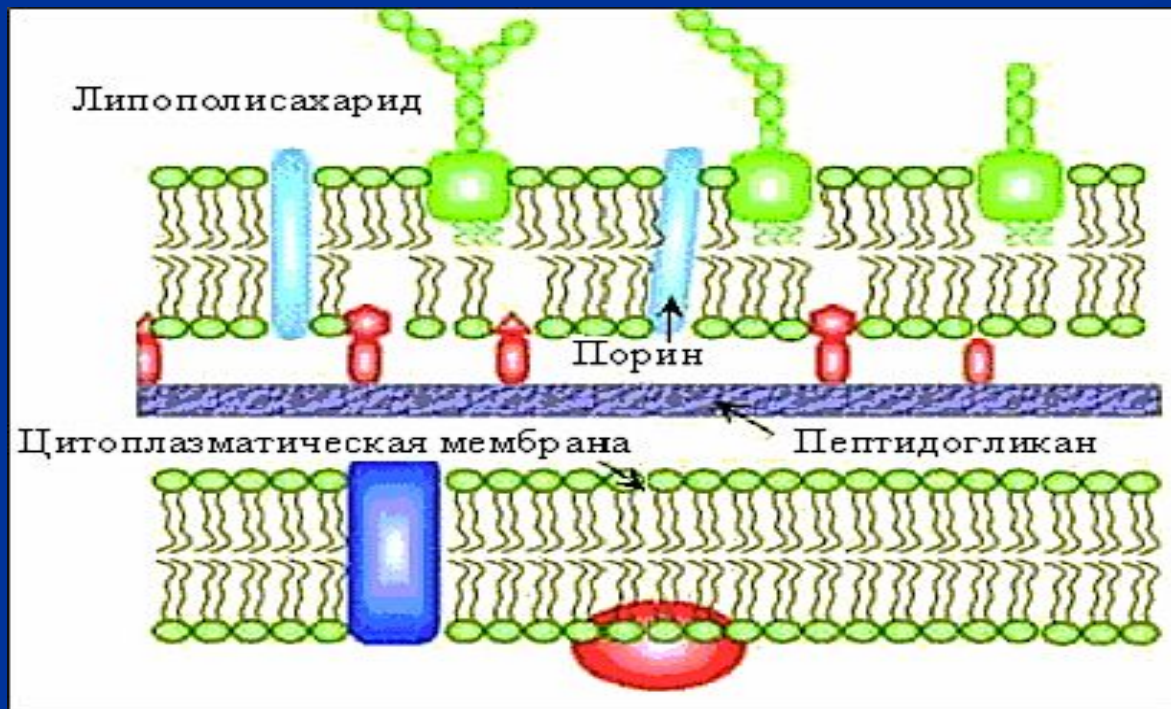
- Тейхоевые кислоты- полимеры, построенные на основе рибита и глицерина, соединенные фосфодиэфирными связями.



# Клеточная стенка грамотрицательных бактерий

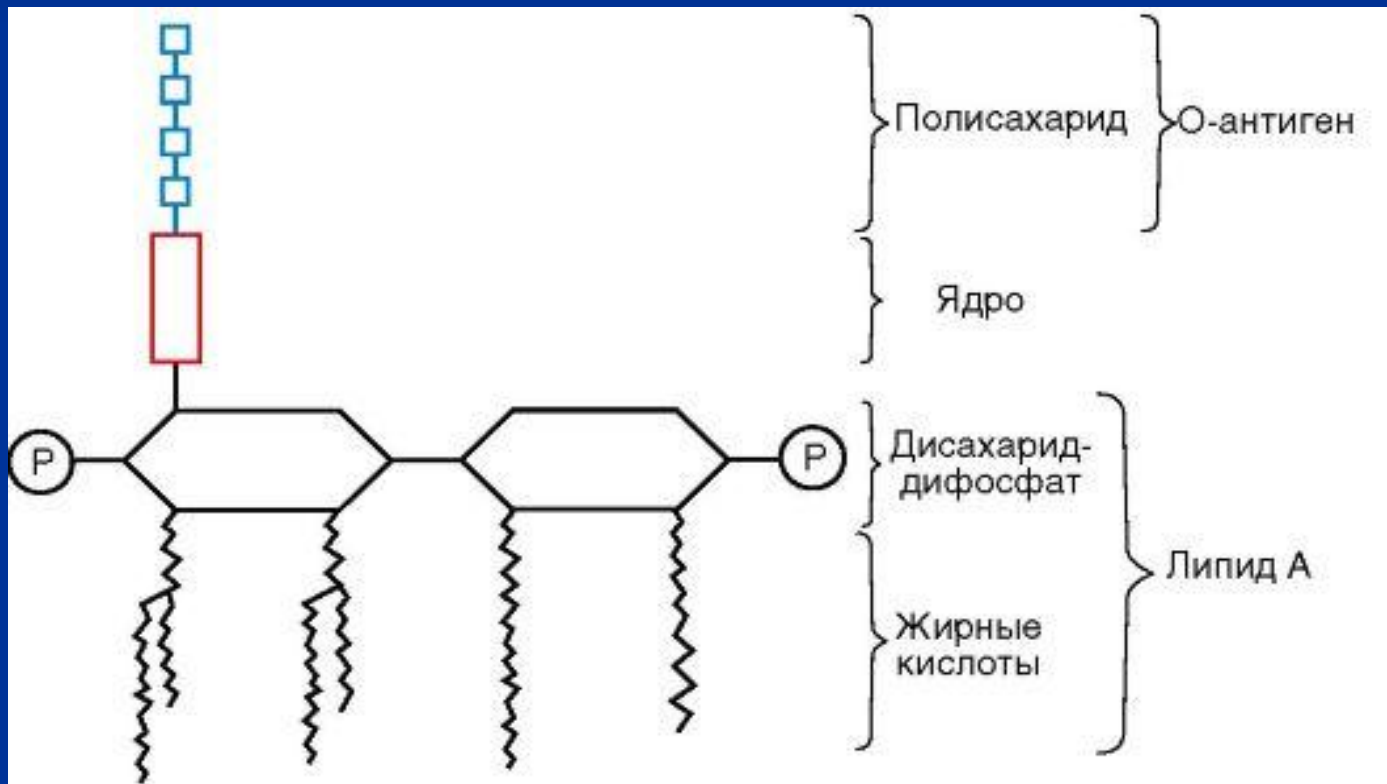
Клеточная стенка трехслойная.

Она значительно тоньше (14 – 17 нм), содержит ЛПС, липопротеины, фосфолипиды, диаминопимелиновую кислоту. Снаружи имеется внешняя мембрана, внутренний слой представлен пептидогликаном.

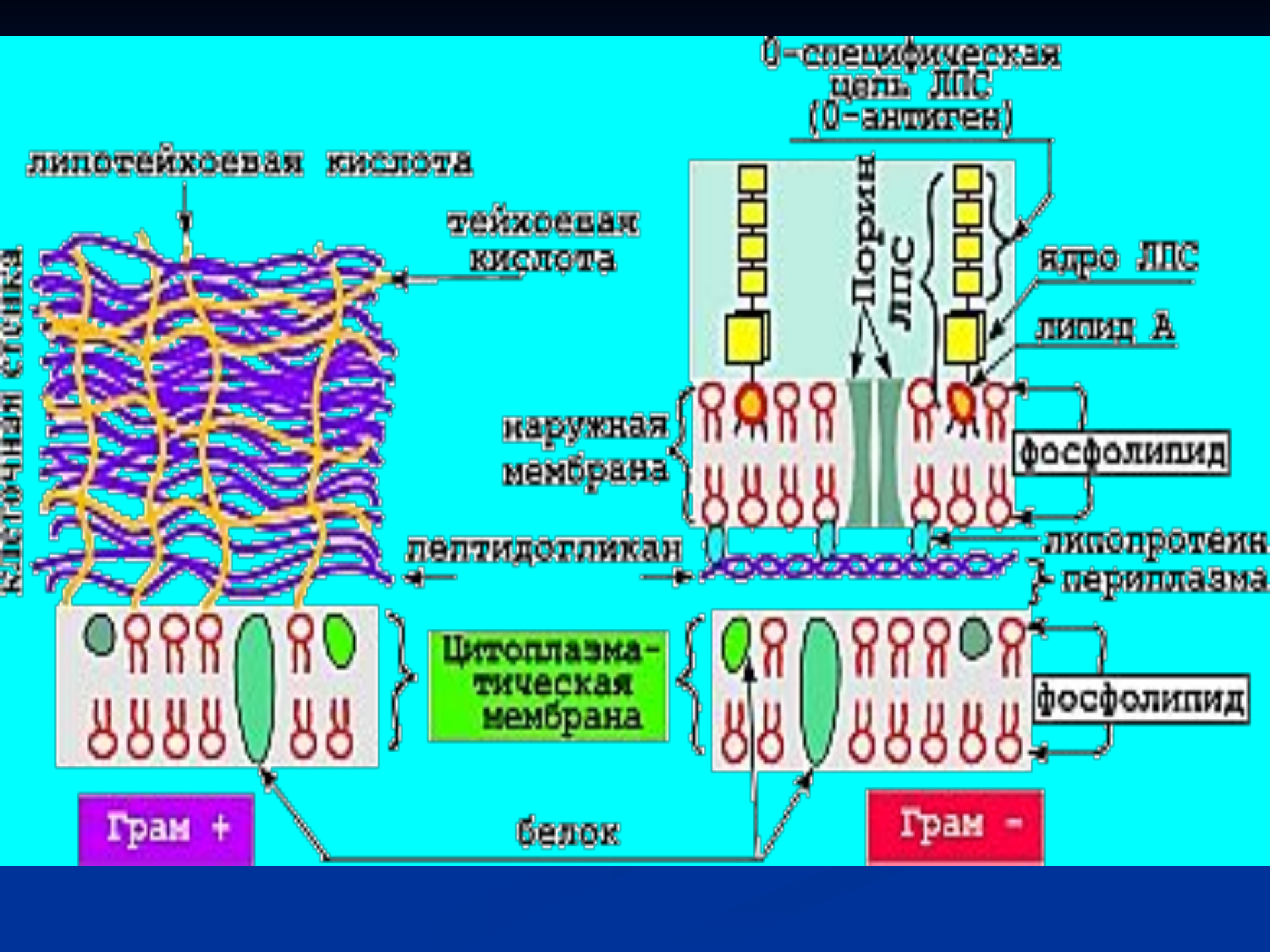


Наружная мембрана образована фосфолипидами, липополисахаридами.

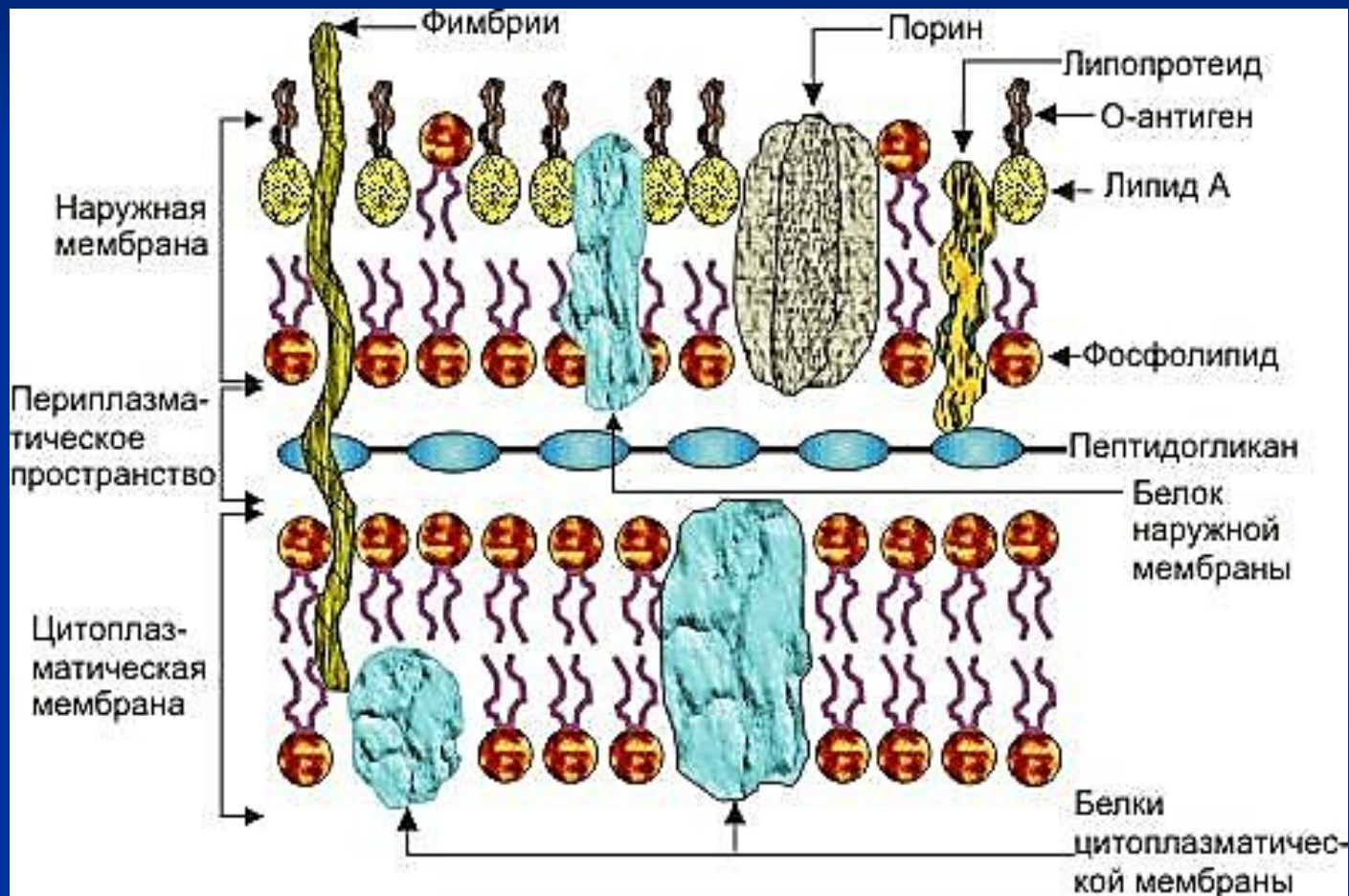
С липидным слоем связаны токсические свойства, ЛПС слой выступает в качестве эндотоксина.





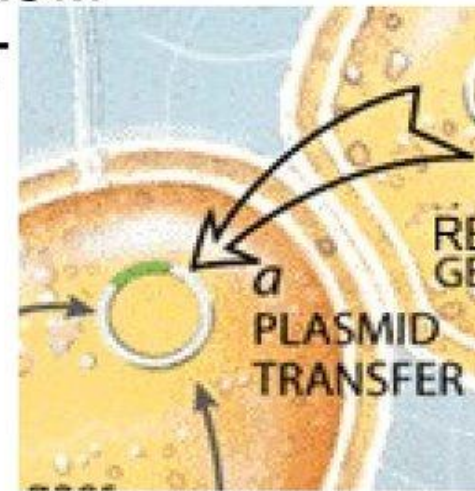


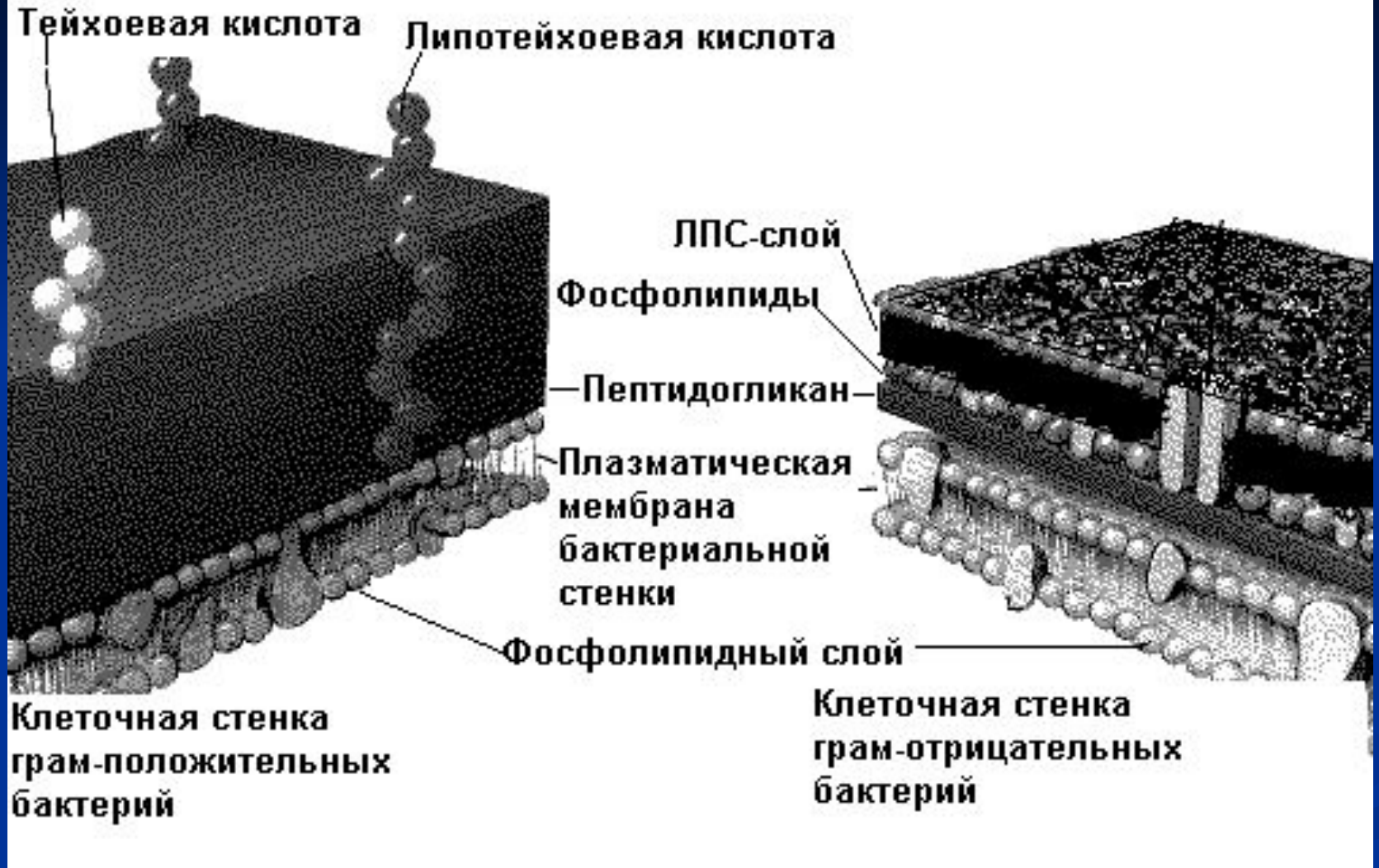
В наружной мембране находятся трансмембранные белки - порины, которые насквозь пронизывают мембрану, формируя каналы через которые осуществляется транспорт веществ.



# Порины

- Белки массой до 700, окаймляют гидрофильные поры, обеспечивают диффузию химических веществ в микробную клетку.
- Функции: метаболизм, конъюгация.
- Порины I (полностью пронизывают КС), II (прерываются в периплазматическом пространстве) и III порядка (имеют вставочный белок).
- $\Gamma^+$  – порины I и III порядка;
- $\Gamma^-$  – порины I и II порядка.





## Функции клеточной стенки

- Механически защищает клетку
- придает бактериям форму
- участвует в процессе деления клетки
- транспорте метаболитов,
- имеет рецепторы для бактериофагов, бактериоцинов и различных веществ.
- Обладает АГ- и токсическими свойствами
- Обладает иммуногенными свойствами
- Участвует в обмене генетической информацией

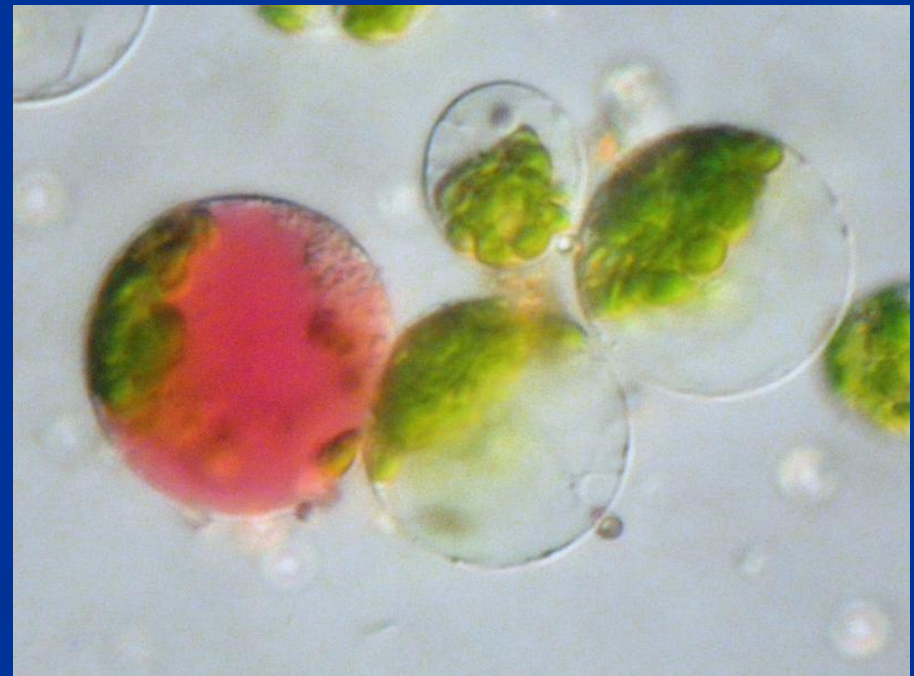
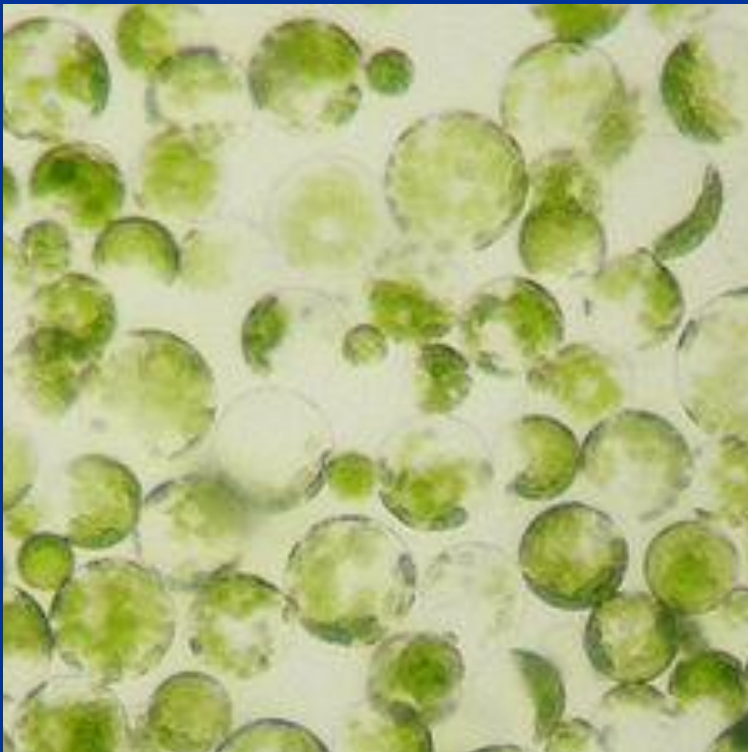
# Атипичные формы бактерий:

- Протопласты,
- Сферопласты
- L – формы
- Инволютивные формы



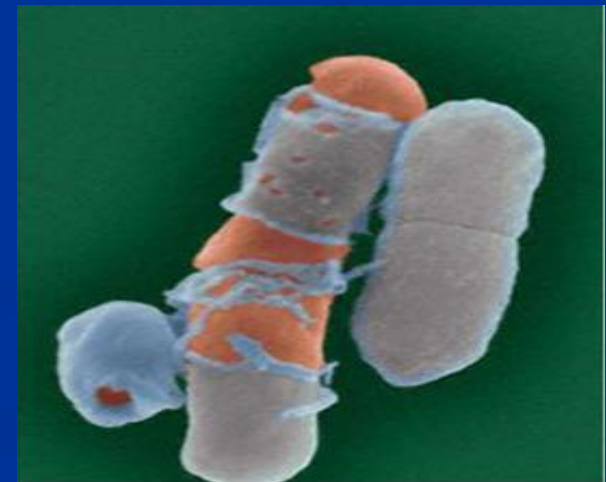
Рис. 12 Ульграмелкие микобактерии туберкулеза. Контрастирование уранилцетатом и цитратом свинца.  $\times 35\ 000$

**Протопласты** - полностью лишены клеточной стенки, образуются при обработке грамположительных бактерий ферментами, разрушающими пептидогликан. Это осмотически лабильные формы бактерий.



**Сферопласты** – структуры, которые образуются при обработке грамотрицательных бактерий лизоцимом, ингибиторами метаболизма или при недостатке факторов роста, у них разрушается только слой пептидогликана.

Протопласты и сферопласты имеют округлую форму (это свойство связано с осмотическим давлением и характерно для всех безклеточных форм бактерий).



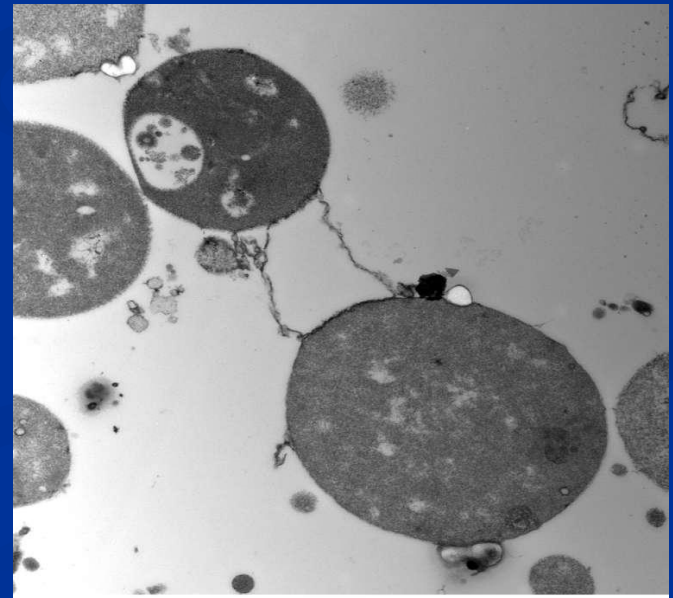


# L- формы бактерий

Образуются при действии антибиотиков, ферментов, антител и др. Впервые обнаружены в 1894 году Н.Ф. Гамалея.

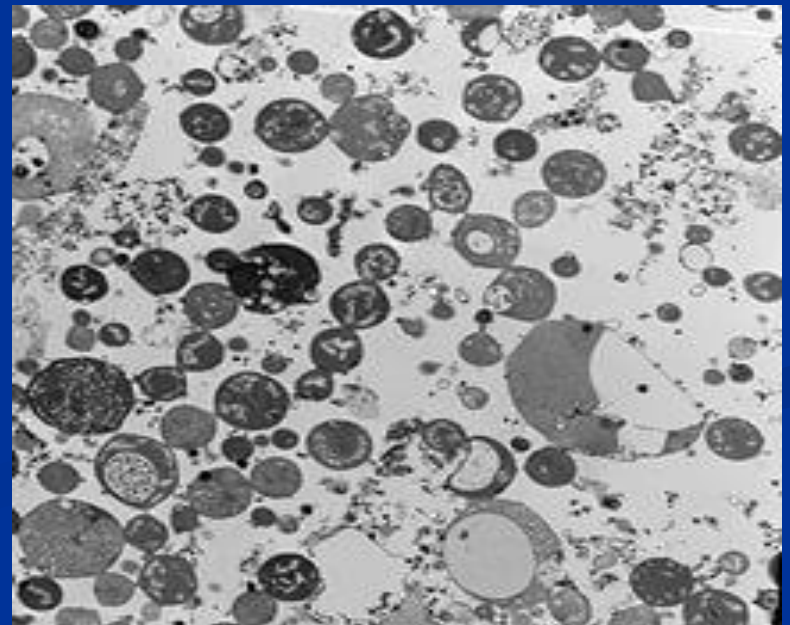
L- формы изменяют антигенные свойства, снижается вирулентность. Способны длительно находиться (персистировать) в организме хозяина, поддерживая вяло текущий инфекционный процесс.

L- формы нечувствительными к антибиотикам, антителам и различным химиопрепаратам.



- Нестабильные L- формы способны восстанавливать клеточную стенку, реверсировать в исходные формы бактерий.
- Стабильные L- формы бактерий неспособны реверсировать.

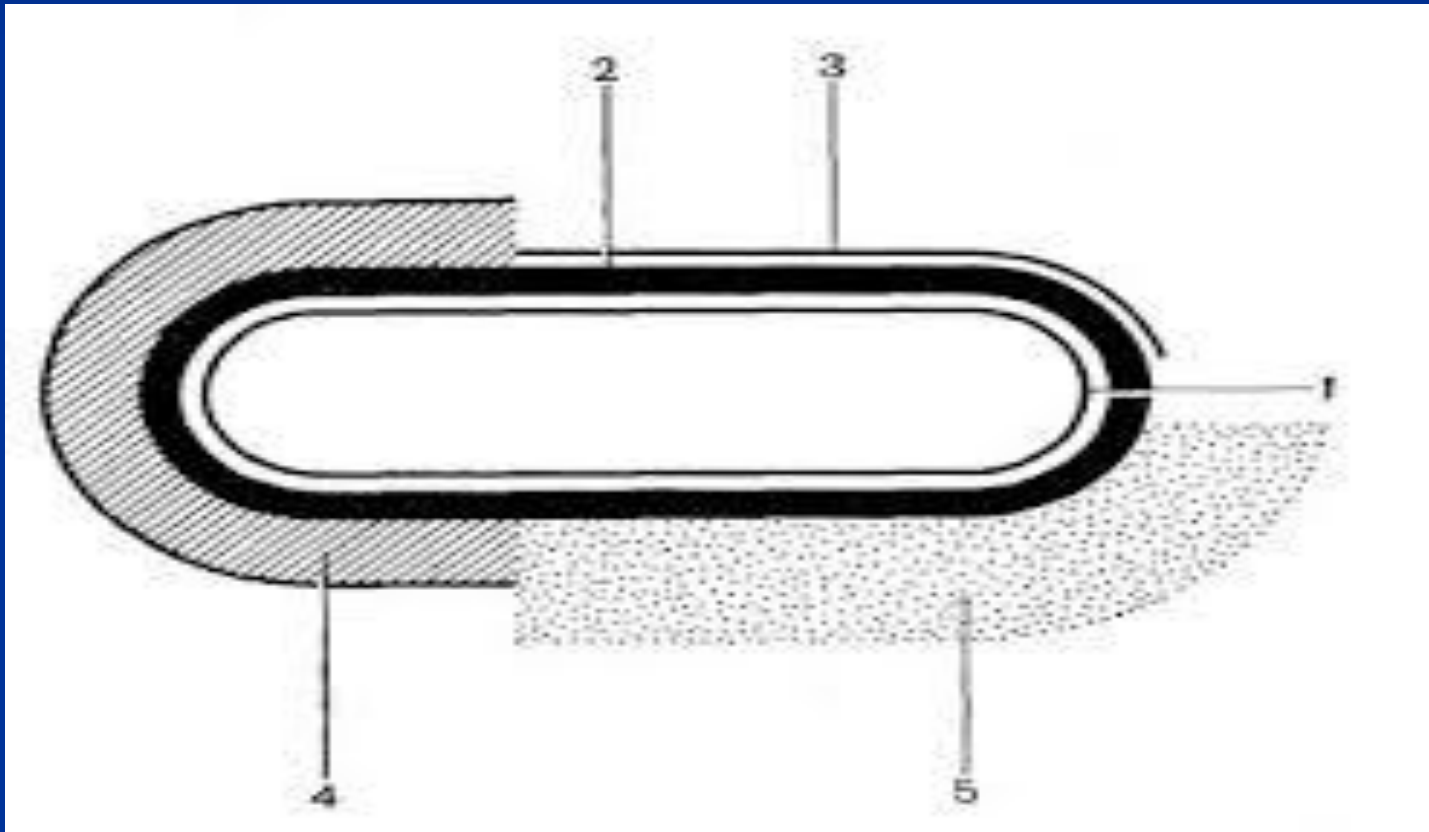
L - формы бактерий проникают через бактериальные фильтры, трансплацентарный барьер.



# Капсула

Окружает бактерии снаружи.

Имеет фибриллярное строение, микрофибриллы расположены параллельно или перпендикулярно. Основное химическое вещество – мукополисахарид.



**Микрокапсула** (до 0,2 мкм), выявляется при электронной микроскопии в виде слоя микрофибрилл.

**Макрокапсула** (более 0,2 мкм), обнаруживается при световой микроскопии.

У сапрофитов капсулы образуются во внешней среде, у патогенов - в организме хозяина. Капсулу выявляют окраской - по *Бури - Гинсу*.

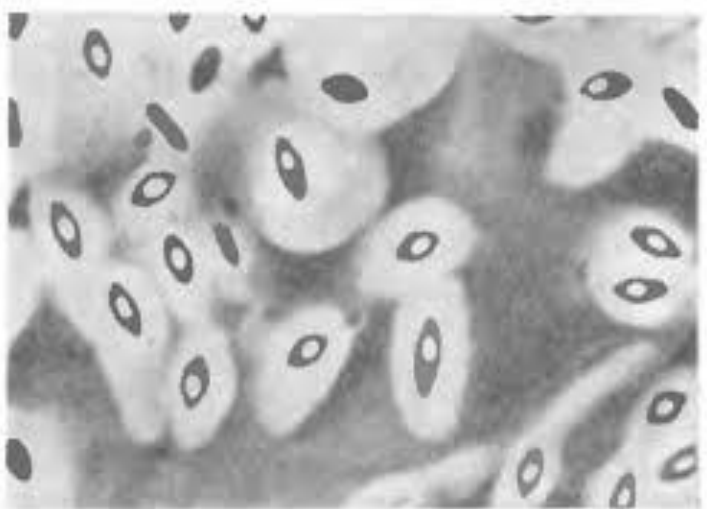


Рис. 42. Капсулы вокруг клеток Clostridium.  
Увел.  $\times 2200$ .



# Функции капсулы:

- защитная (от фагоцитоза и взаимодействия с АТ);
- у некоторых бактерий является фактором вирулентности;
- препятствует адсорбции на клетках бактериофагов;
- капсульная слизь является дополнительным химическим барьером;
- за счет наличия капсулы и слизи осуществляется объединение клеток в цепочки, колонии;
- обеспечение прикрепления клеток к поверхности субстрата.

# Цитоплазма

сложная коллоидная система, содержащая различные включения (зерна волютина, гликогена, гранулезы и др.), рибосомы и другие элементы белоксинтезирующей системы, плазмиды, мезосомы.

Её основные составляющие — растворимые ферменты и растворимые РНК (мРНК и тРНК).

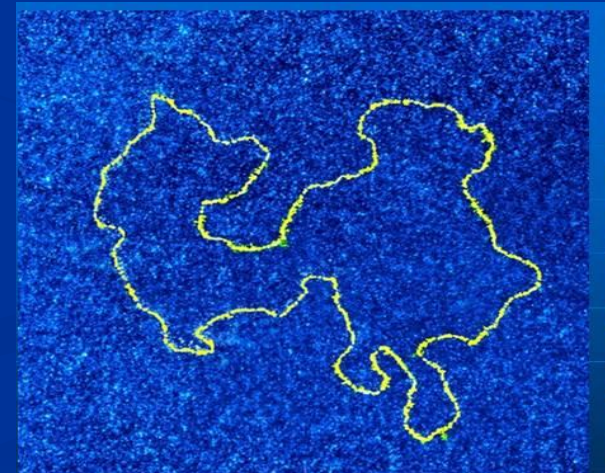
Объединяет все компоненты микробной клетки и обеспечивает их взаимодействие.

Источник: <http://meduniver.com/Medical/Microbiology/46.html> MedUniver

# Нуклеоид

образование, представленное чаще всего одной хромосомой кольцевидной формы. Состоит из двухцепочечной нити ДНК, суперспирализованной (генофор).

Нуклеоид не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной. Помимо хромосомы в бактериальной клетке могут находиться внехромосомные генетические элементы.



Кольцо бактериальной ДНК в поле электронного микроскопа  
(фото J. C. Revy, ISM).

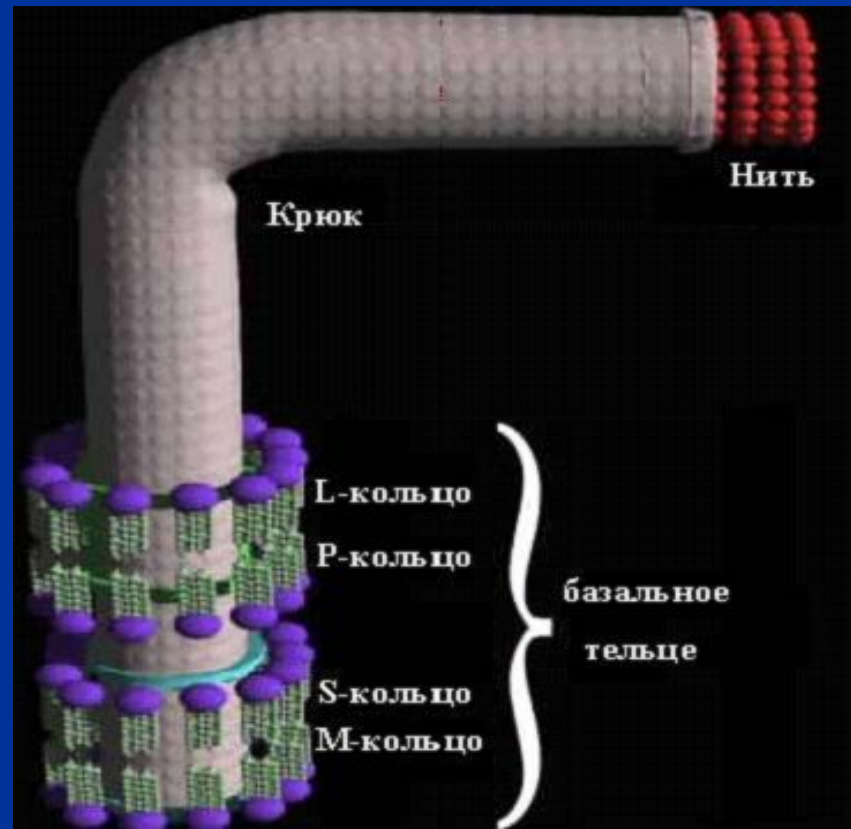
# Жгутики

Органы движения, состоящие из белка флагеллина.

Жгутик состоит из трех частей: нити, крюка и базального тельца.

С помощью базального тельца (состоит из центрального стержня и колец),

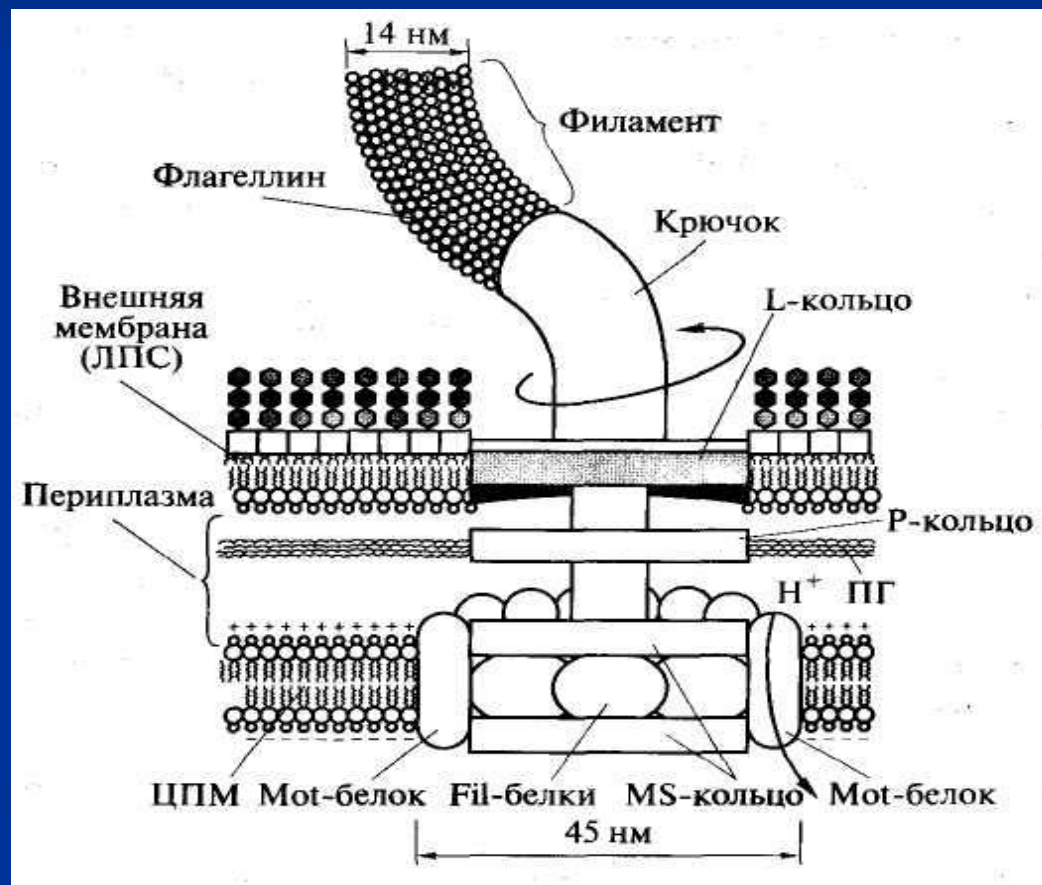
жгутик закреплен в цитоплазматической мембране и клеточной стенке.



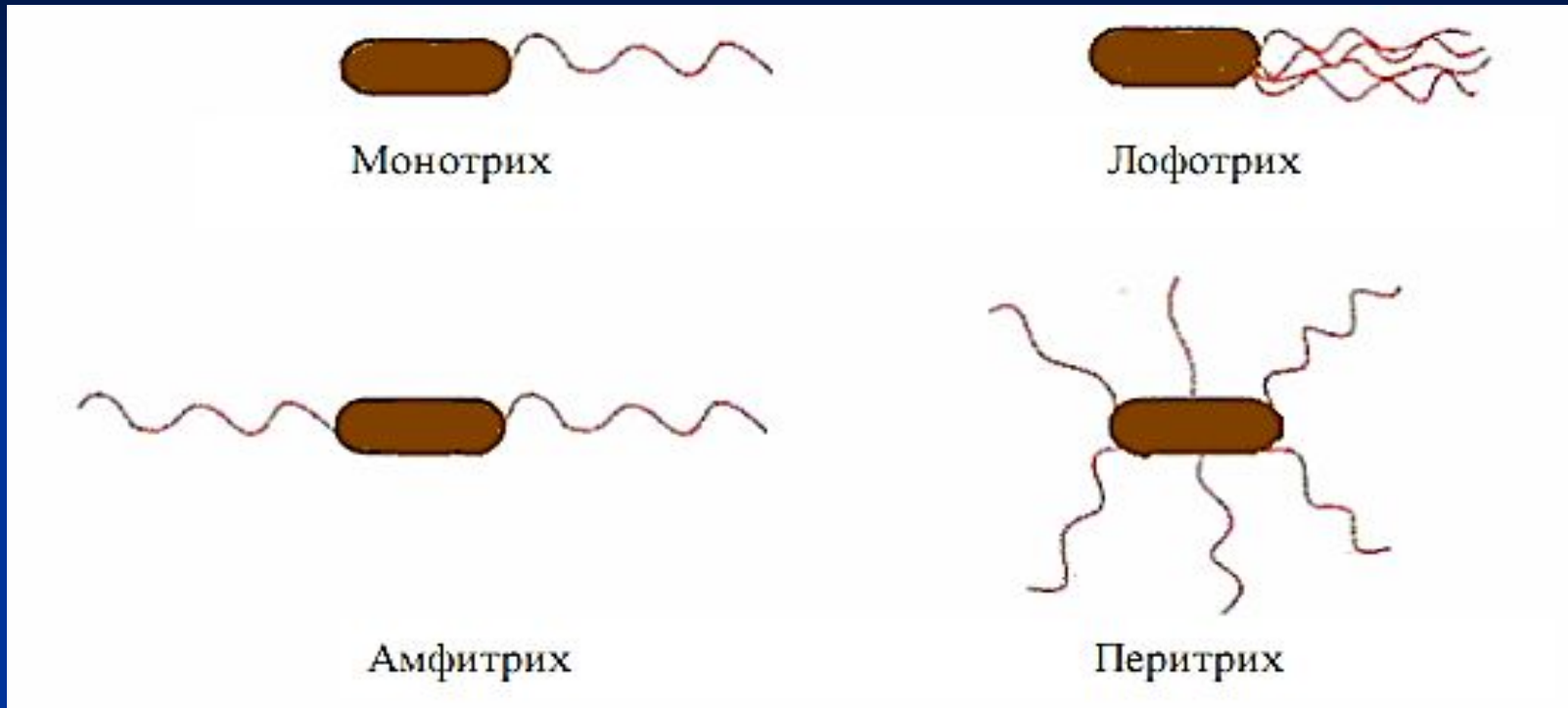


У грамотрицательных бактерий имеется 4 кольца:  
L кольцо расположено в наружной мембране,  
P – в пептидогликановом слое клеточной стенки,  
S – в периплазматическом пространстве,  
M – в цитоплазматической мембране.

У грамположительных бактерий базальное тельце состоит только из двух колец: S и M, т. е. только внутренней пары колец.



# Типы жгутикования у бактерий



Способность к целенаправленному движению (хемотаксис, аэротаксис, фототаксис и др.) у бактерий генетически детерминирована.

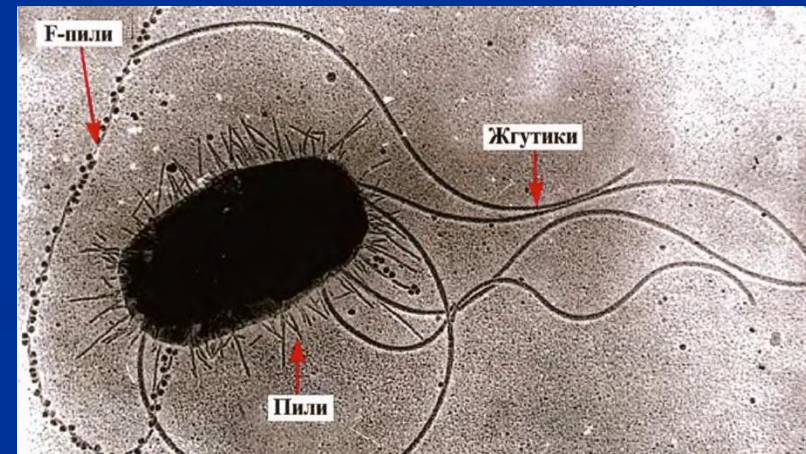
# Фимбрии или реснички

короткие нити белковой природы, в большом количестве окружающую бактериальную клетку.

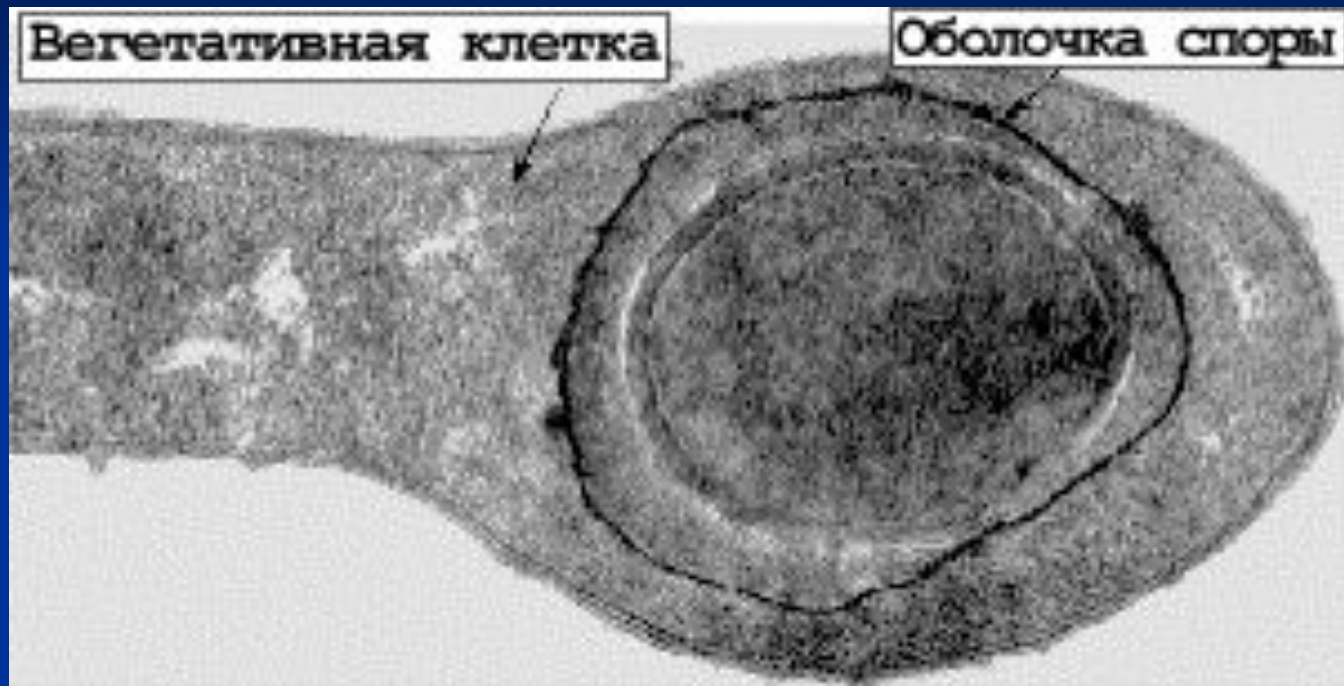
Различают:

Общие фимбрии- бактерии прикрепляются к субстратам (например, к поверхности слизистых оболочек), являются факторами адгезии и колонизации.

Специфические фимбрии – (половые) участвуют в передаче генетической информации от клеток – доноров, клеткам реципиентам.



# Покоящиеся формы



**Спорообразование** - способ сохранения бактерий в неблагоприятных условиях среды.

# Эндоспоры и спорообразование

Эндоспоры образуются в цитоплазме, характеризуются низкой метаболической активностью и высокой устойчивостью к высушиванию, действию химических факторов, высокой температуры и других неблагоприятных факторов окружающей среды.

В оболочке спора содержится большое количество кальциевой соли дипиколиновой кислоты.

Процесс спорообразования является энергозависимым. В зависимости от того, откуда поступает энергия, различают эндотрофную и экзотрофную споруляцию.

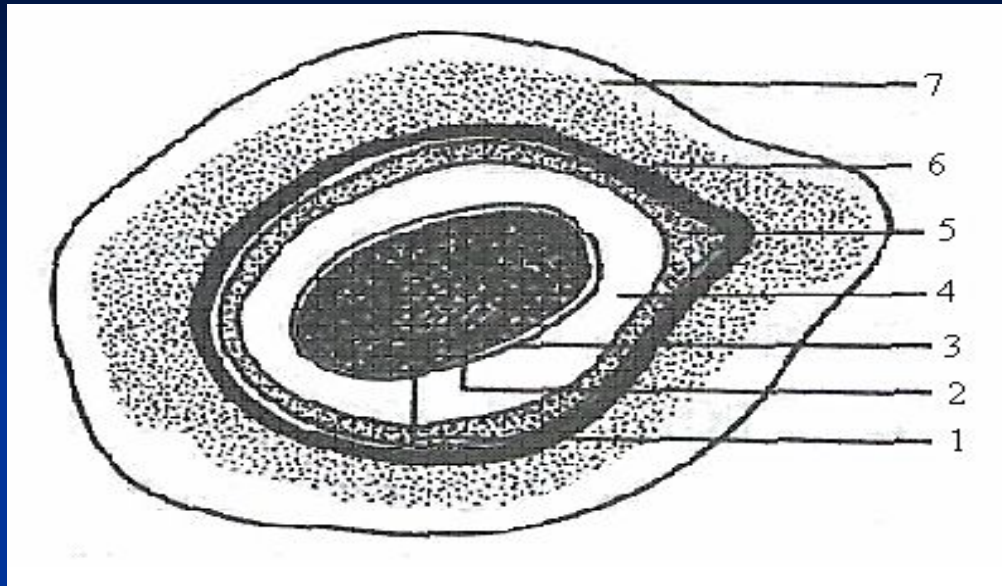
# Этапы спорообразования:

**1 этап – подготовительный.** В клетке бактерий прекращаются ростовые процессы, завершается репликация ДНК, изменяется метаболизм, образуется специфическое для спор вещество – дипиколиновая кислота;

**2 этап – формирование споры** – цитоплазматическая мембрана вегетативной клетки образует инвагинацию от периферии к центру и отделяет часть протопласта микробной клетки, образуется предспора. Формируются оболочки споры – кора (кортекс), состоящий из нескольких слоев пептидогликана; наружная оболочка, состоящая из полипептидов; экзоспориум, состоящий из белков, липидов, углеводов;

**3 этап – созревание споры,** она приобретает характерную форму и занимает определенное положение в клетке, клетка приобретает форму веретена или теннисной ракетки.

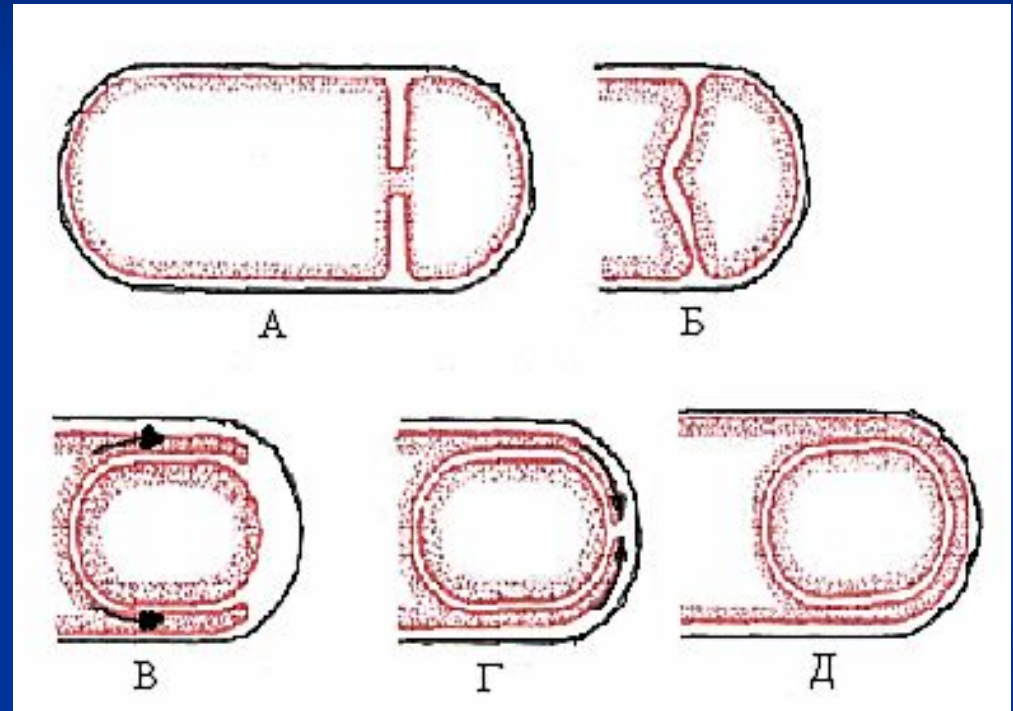
# Схема строения зрелой споры:



- 1 – цитоплазма;
- 2 – цитоплазматическая мембрана;
- 3 – клеточная стенка ;
- 4 – кора споры;
- 5 – внутренняя оболочка споры;
- 6 – наружная оболочка споры;
- 7 – экзоспориум.

- При попадании в благоприятные условия споры прорастают в вегетативные клетки. Процесс прорастания спор начинается с поглощения воды и гидратации структур споры.

А, Б – процесс отделения протопласта споры;  
В, Г, Д – образование предспоры.





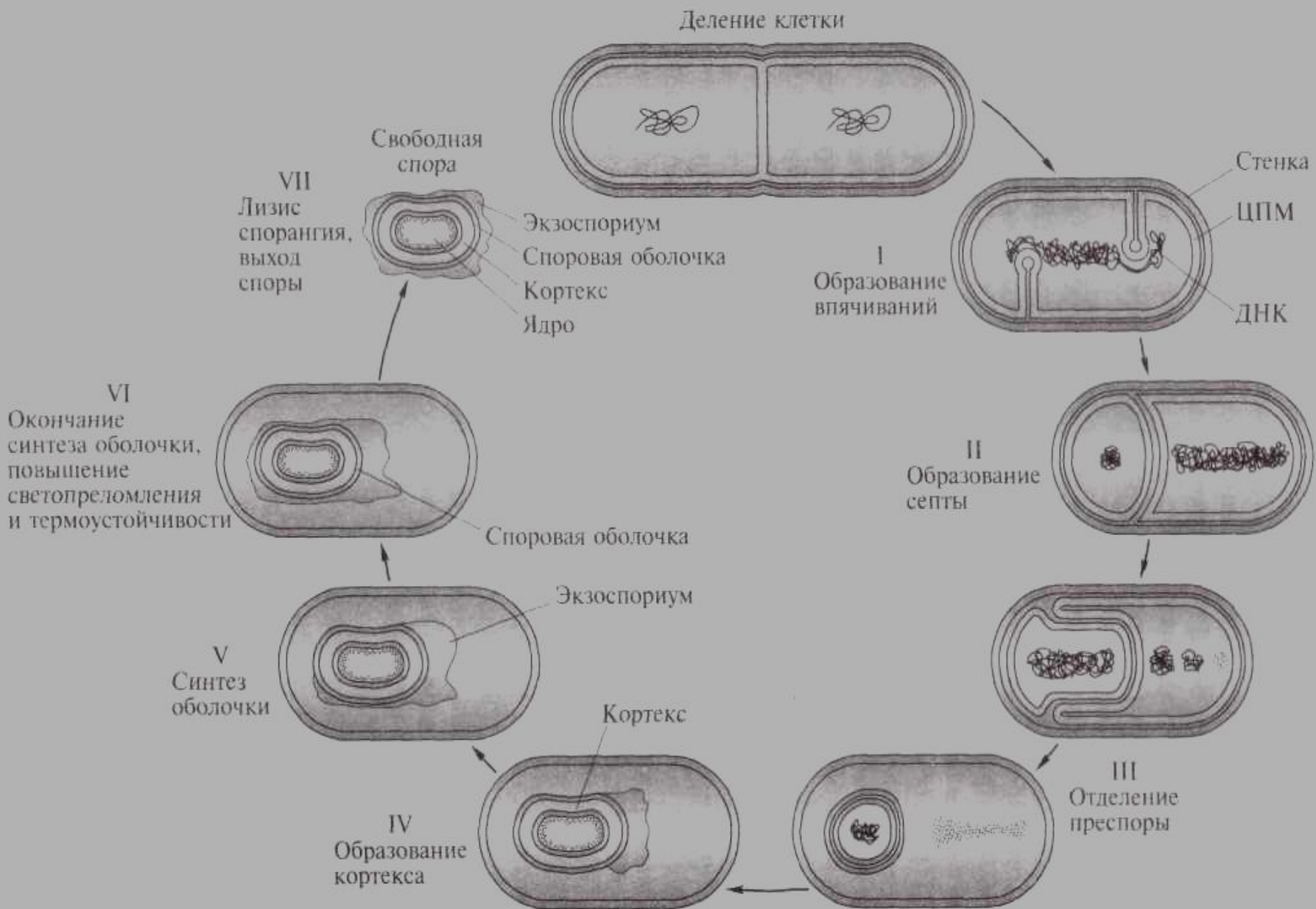


Рис. 52. Цикл образования эндоспоры (I–VII – стадии процесса)

# Некультивируемые формы бактерий

Это приспособительное состояние многих видов грамотрицательных бактерий, не образующих спор.

Они обладают низкой метаболической активностью и активно не размножаются, т.е. не образуют колоний на плотных питательных средах, при посевах не выявляются.

Обладают высокой устойчивостью и могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет. Не выявляются классическими бактериологическими методами, обнаруживаются только при помощи генетических методов (ПЦР).

**Спасибо за внимание!**