

Тема занятия: Основы морфологии бактерий

1. Основные морфологические группы бактерий (форма, взаимное расположение)
2. Формы бактерий: кокковидная, палочковидная, извитая, ветвящаяся.
3. Ультраструктурная организация бактерий: оболочка микробной клетки, цитоплазма, органоиды и включения в цитоплазме, нуклеоид.
4. Особенности строения клеточной стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий.
5. Строение и функции цитоплазматической мембраны, цитоплазмы, нуклеоида.
6. Дополнительные образования микробной клетки: капсула, жгутики, спора, пили.

- **Домашнее задание:**

- Литература: Камышева К.С. Микробиология, основы эпидемиологии и методы микробиологических исследований. Уч. пособие. «Феникс», 2015

- с 41-45.

- Составление таблиц по теме: «Формы бактерий».

- Термин «бактерия» происходит от слова *bacclerion*, что означает палочка. Бактерии относятся к прокариотам. Их разделяют на два домена: *Bacteria* и *Archaeobacteria*. Бактерии, входящие в домен *Archaeobacteria*, представляют одну из древнейших форм жизни.
- Они имеют особенности строения клеточной стенки (у них отсутствует пептидогликан) и рибосомальной РНК. Среди них отсутствуют возбудители инфекционных заболеваний.
- Внутри домена бактерии подразделяются на следующие таксономические категории: **класс, тип, порядок, семейство, род, вид**. Одной из основных таксономических категорий является *вид (species)*.

- **Морфология бактерий.**

- Прокариоты отличаются от эукариот по ряду основных признаков.

- 1. Отсутствие истинного дифференцированного ядра (ядерной мембраны).
- 2. Отсутствие развитой эндоплазматической сети, аппарата Гольджи.
- 3. Отсутствие митохондрий, хлоропластов, лизосом.
- 4. Неспособность к эндоцитозу (захвату частиц пищи).
- 5. Клеточное деление не связано с циклическими изменениями строения клетки.
- 6. Значительно меньшие размеры (как правило). Большая часть бактерий имеет размеры 0,5- 0,8 микрометров (мкм) x 2- 3 мкм.

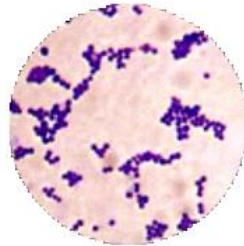
- По форме выделяют следующие основные группы микроорганизмов.
- 1. Шаровидные или кокки (с греч- зерно).

Кокки

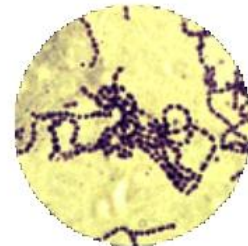
диплококк



стафилококк



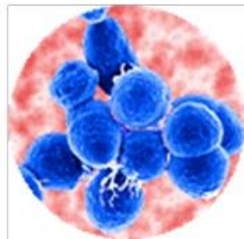
стрептококк



сарцина



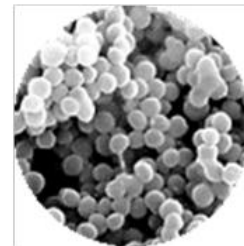
стрептококк



сарцина



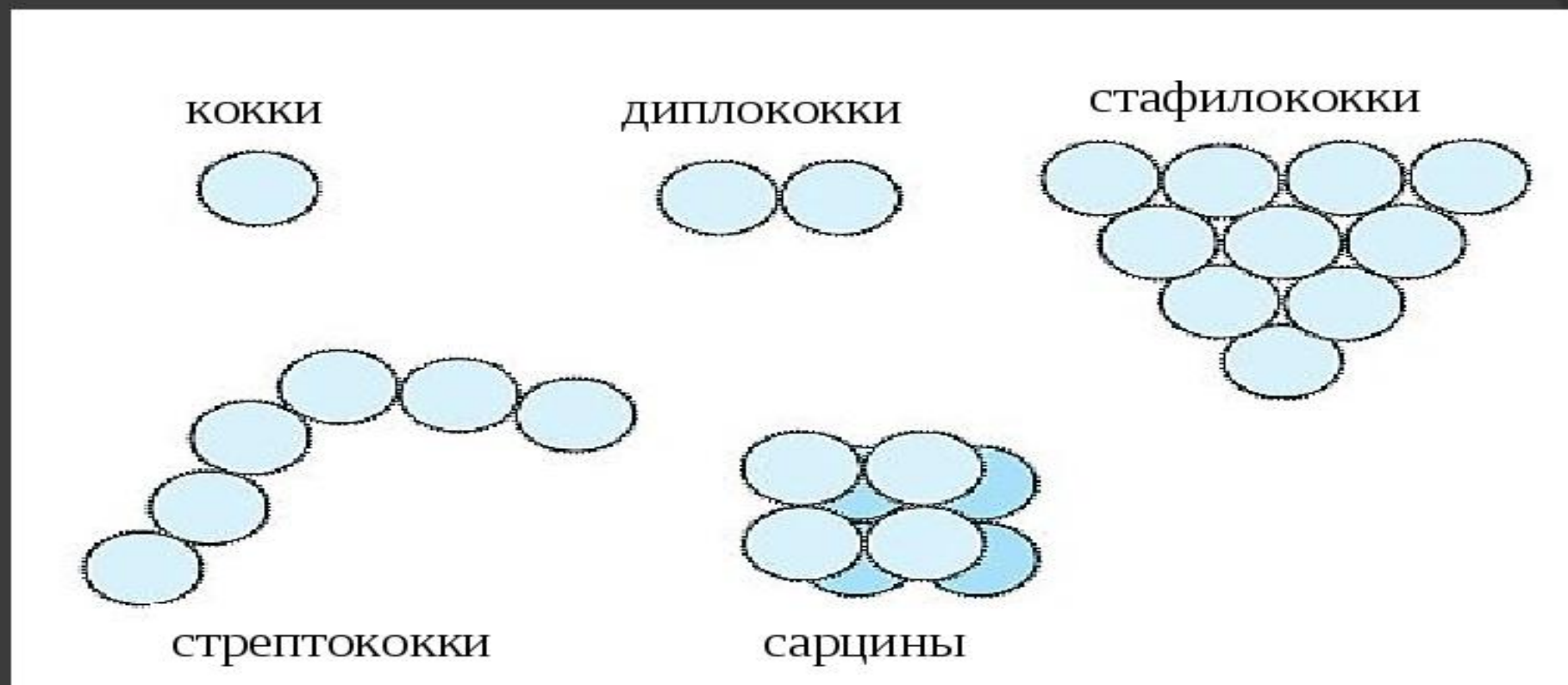
стафилококк



- Кокковидные бактерии (кокки) по характеру взаиморасположения после деления подразделяются на ряд вариантов.
- **1. Микрококки.** Клетки расположены в одиночку. Входят в состав нормальной микрофлоры, находятся во внешней среде. Заболеваний у людей не вызывают.
- **2. Диплококки.** Деление этих микроорганизмов происходит в одной плоскости, образуются пары клеток. Среди диплококков много патогенных микроорганизмов - гонококк, менингококк, пневмококк.
- **3. Стрептококки.** Деление осуществляется в одной плоскости, размножающиеся клетки сохраняют связь (не расходятся), образуя цепочки. Много патогенных микроорганизмов - возбудители ангины, скарлатины, гнойных воспалительных процессов.

- **4. Тетракокки.** Деление в двух взаимоперпендикулярных плоскостях с образованием тетрад (т.е. по четыре клетки). Медицинского значения не имеют.
- **5. Сарцины.** Деление в трех взаимоперпендикулярных плоскостях, образуя тюки (пакеты) из 8, 16 и большего количества клеток. Часто обнаруживают в воздухе.
- **6. Стафилококки** (от лат.- гроздь винограда). Делятся беспорядочно в различных плоскостях, образуя скопления, напоминающие грозди винограда. Вызывают многочисленные болезни, прежде всего гнойно-воспалительные.

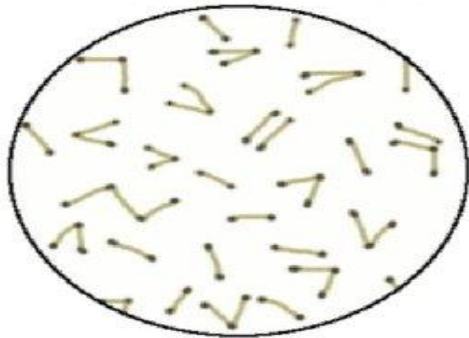
Формы бактериальных клеток- КОККИ



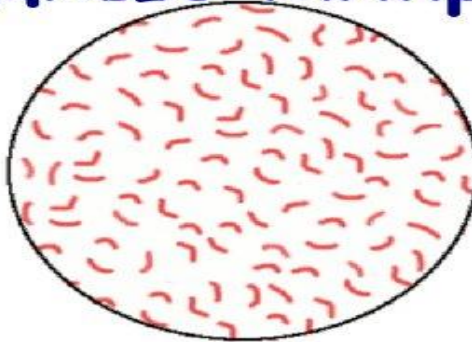
Вызывают заболевания организма человека

- 2. Палочковидные. Палочки могут быть правильной (кишечная палочка др.) и неправильной булавовидной (корине- бактерии и др.) формы, Концы палочек могут быть как бы обрезанными (сибиреязвенная бацилла), закругленными (кишечная палочка), заостренными (фузобактерии) или в виде утолщения. В последнем случае палочка по

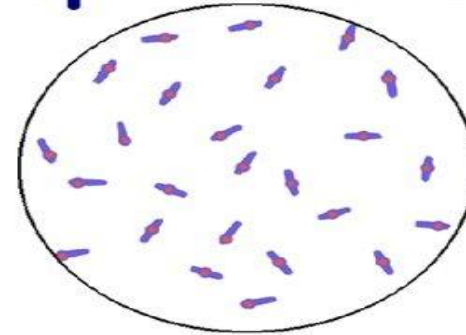
Палочковидные микроорганизмы



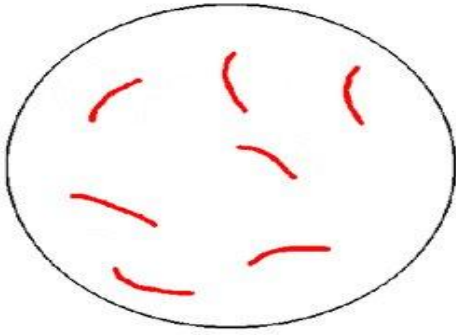
коринебактерии



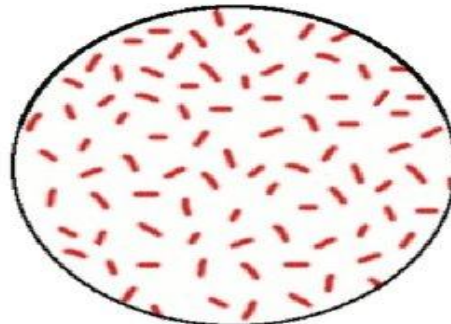
вибрионы



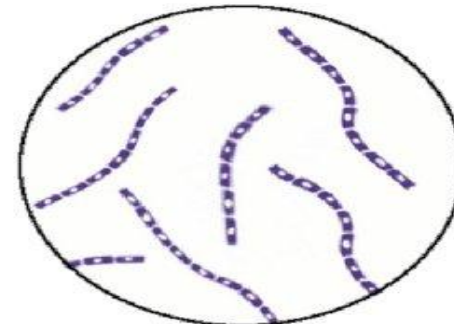
кlostридии



микобактерии



эшерихии



стрептобациллы

МОРФОЛОГИЯ БАКТЕРИЙ

ФОРМЫ БАКТЕРИЙ

ПАЛОЧКОВИДНЫЕ

стрепто- бактерии	корине- бактерии	фузо- бактерии	дипло- бактерии	моно- бактерии	кlostрии (бациллы)	бациллы (стрепто)	бациллы (моно)
							



Палочковидные формы

Фузобактерии- длинные,
толстые палочки с
заостренными концами



• Палочковидные формы микроорганизмов.

- 1. Бактерии - палочки, не образующие спор.
- 2. Бациллы - аэробные спорообразующие микробы. Диаметр споры обычно не превышает размера (“ширины”) клетки (эндоспоры).
- 3. Клостридии - анаэробные спорообразующие микробы. Диаметр споры больше поперечника (диаметра) вегетативной клетки, поэтому клетка напоминает веретено или теннисную ракетку.
- Необходимо иметь в виду, что термин “бактерия” часто используют для обозначения всех микробов - прокариот. В более узком (морфологическом) значении бактерии - палочковидные формы прокариот, не имеющих спор.

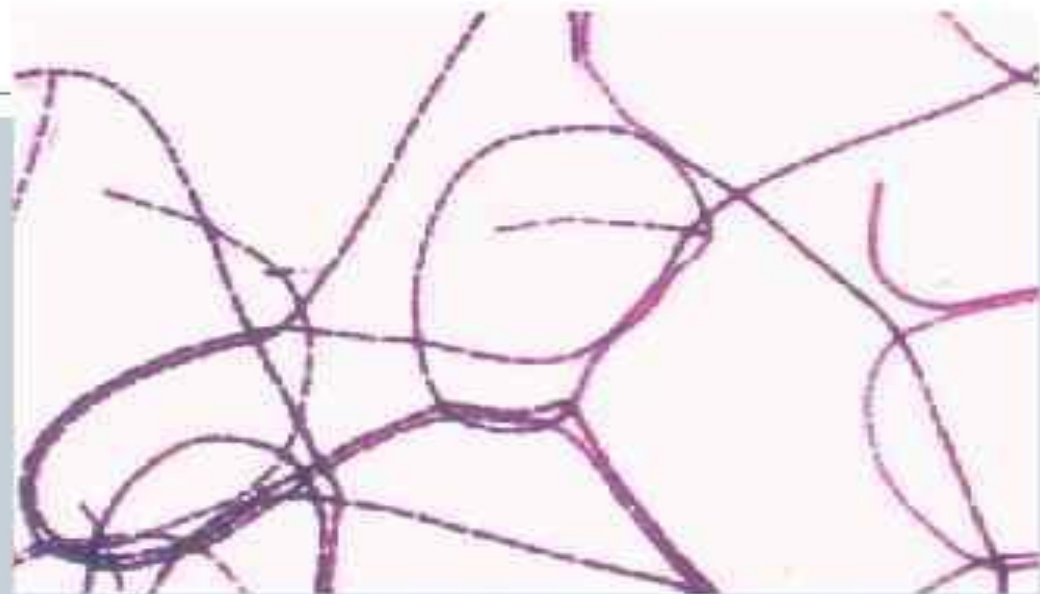
Палочковидные бактерии (продолжение)



Бифидобактерии- грам+ палочки с бифуркацией на конце



Возбудитель дифтерии- грам+ палочки с утолщениями на полюсах



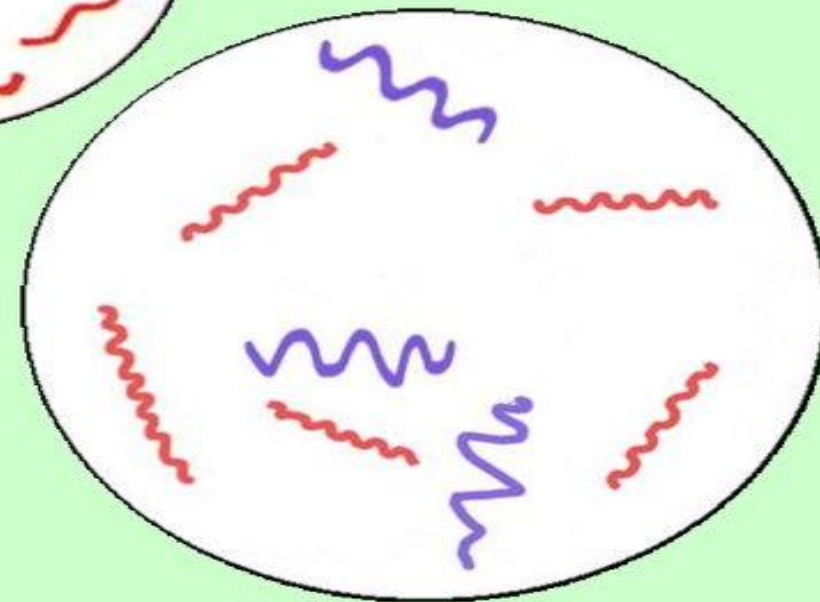
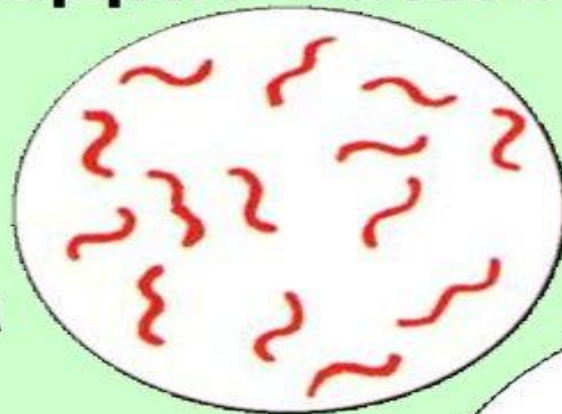
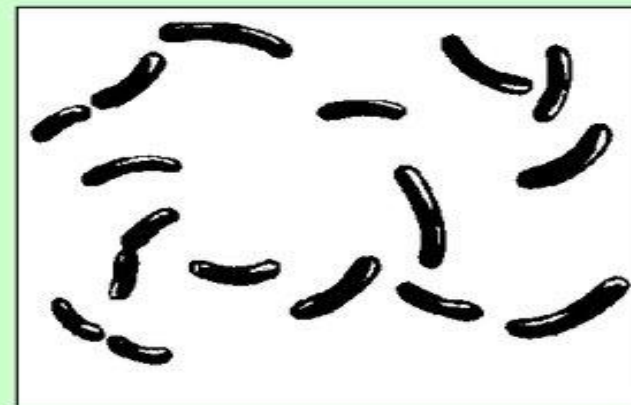
Bacillus Anthracis (возбудитель сибирской язвы) - грам+ палочки с обрубленными концами, расположены цепочками

• Извитые формы микроорганизмов.

- 1. Вибрионы и кампилобактерии- имеют один изгиб, могут быть в форме запятой, короткого завитка.
- 2. Спириллы - имеют 2- 3 завитка.
- 3. Спирохеты - имеют различное число завитков, **аксостиль**- совокупность фибрилл, специфический для различных представителей характер движения и особенности строения (особенно концевых участков). Из большого числа спирохет наибольшее медицинское значение имеют представители трех родов- *Borrelia*, *Treponema*, *Leptospira*.

Извитые формы микроорганизмов

1. **Вибрионы** имеют один изгиб (форма запятой)
2. **Спириллы** имеют 2 - 3 завитка
3. **Спирохеты** имеют различное число завитков



- **Строение бактериальной клетки.**
- Обязательными органоидами являются: ядерный аппарат, цитоплазма, цитоплазматическая мембрана ..
- Необязательными (второстепенными) структурными элементами являются: клеточная стенка, капсула, споры, пили, жгутики.

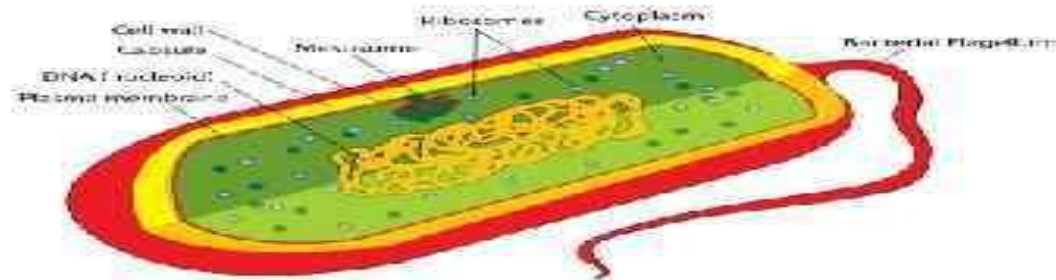
Строение бактериальной клетки



- 1. В центре бактериальной клетки находится **нуклеоид**- ядерное образование, представленное чаще всего одной хромосомой кольцевидной формы. Состоит из двухцепочечной нити ДНК. Нуклеоид не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной.

НУКЛЕОИД

- Он расположен в центральной зоне бактерий в виде ДНК, плотно уложенной на подобии клубка;
- Нуклеоид бактерий не имеет ядерной оболочки, ядрышка и основных белков.
- Нуклеоид выявляется в световом микроскопе после окраски специфическими для ДНК методами.



Рибосомы

**прокариотическая
(бактериальная клетка)**

Плазматическая
мембрана

Клеточная
стенка

Нуклеоид

Включения



- **2. Цитоплазма**- сложная коллоидная система, содержащая различные включения метаболического происхождения (зерна волютина, гликогена, гранулезы и др.), рибосомы и другие элементы белоксинтезирующей системы, плазмиды (вненуклеоидное ДНК), *мезосомы* (образуются в результате инвагинации цитоплазматической мембраны в цитоплазму, участвуют в энергетическом обмене, спорообразовании, формировании межклеточной перегородки при делении).

- **3. Цитоплазматическая мембрана** ограничивает с наружной стороны цитоплазму, имеет трехслойное строение и выполняет ряд важнейших функций - **барьерную** (создает и поддерживает осмотическое давление), **энергетическую** (содержит многие ферментные систем - дыхательные, окислительно-восстановительные, осуществляет перенос электронов), **транспортную** (перенос различных веществ в клетку и из клетки).

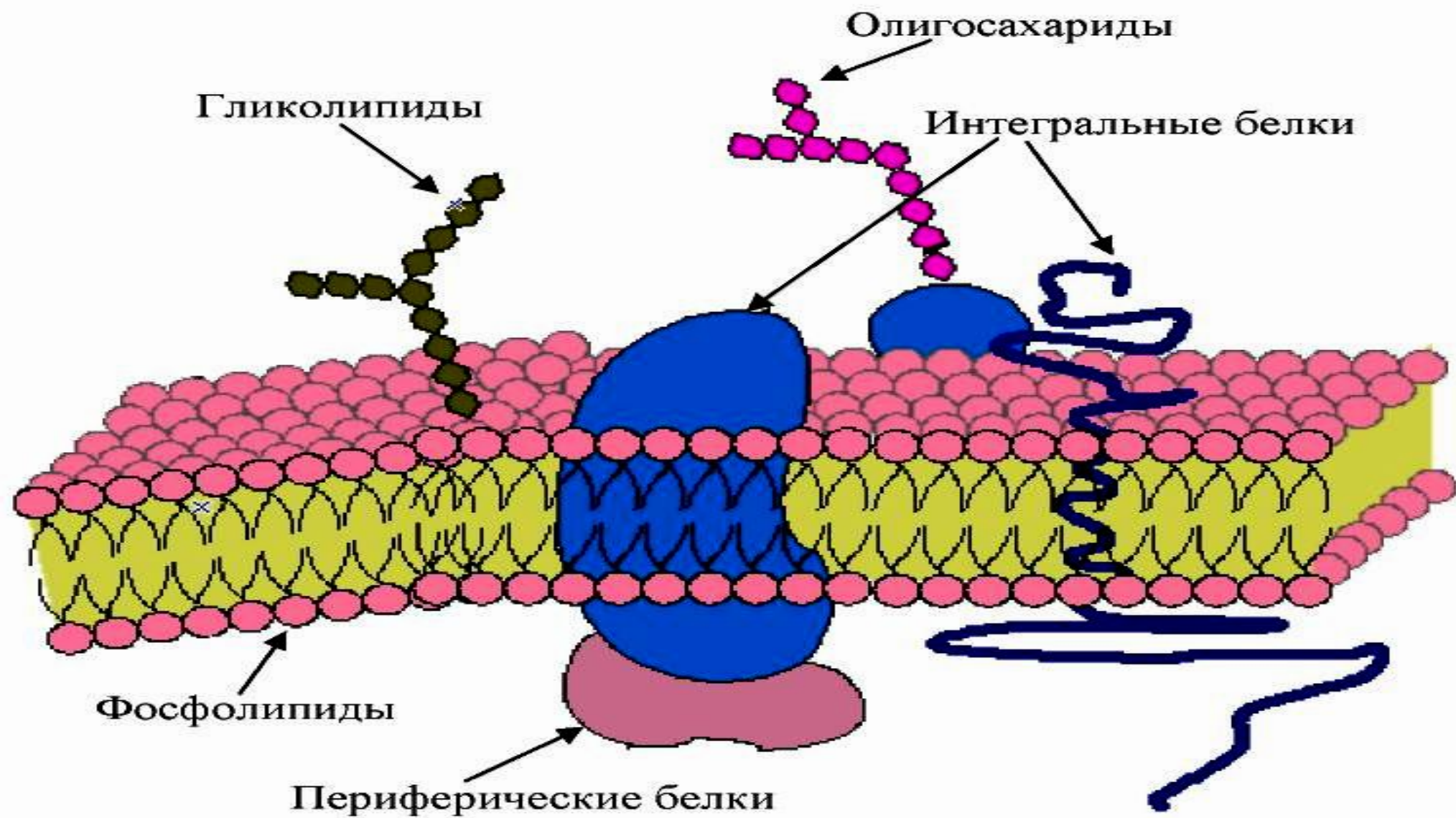
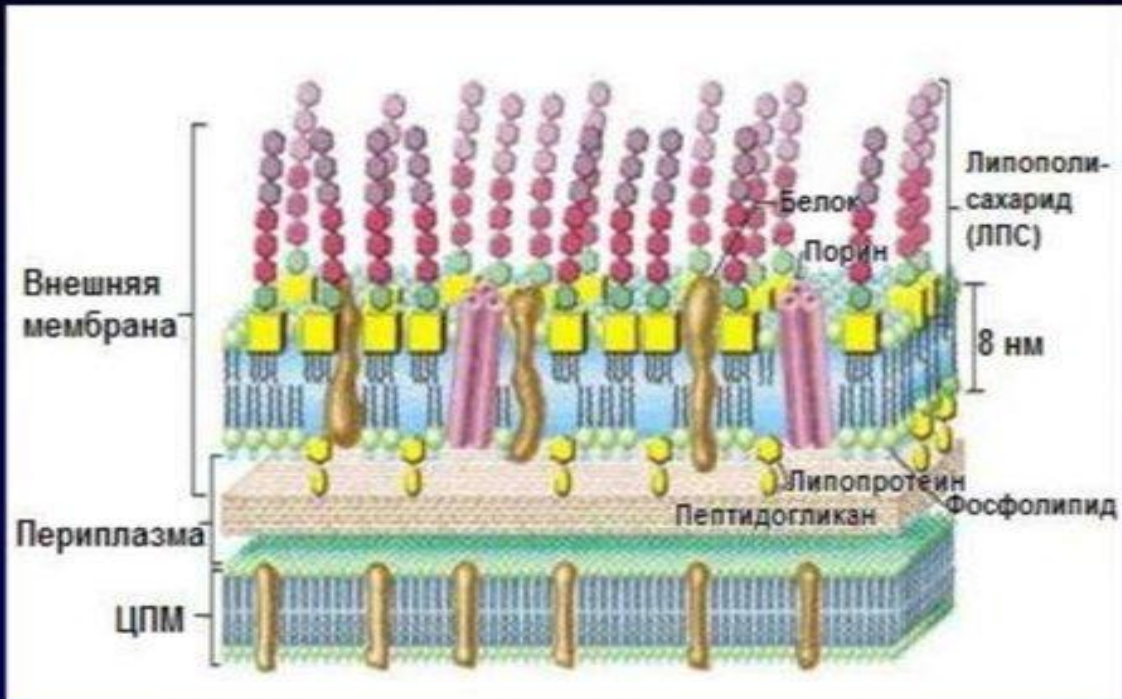


Рис. 15. Структура цитоплазматической мембраны

- **4. Клеточная стенка** - присуща большинству бактерий (кроме микоплазм, ахолоплазм и некоторых других не имеющих истинной клеточной стенки микроорганизмов).
- Она обладает рядом функций, прежде всего обеспечивает механическую защиту и постоянную форму клеток, с ее наличием в значительной степени связаны антигенные свойства бактерий.
- В составе - два основных слоя, из которых наружный - более пластичный, внутренний - ригидный.
- Основное химическое соединение клеточной стенки, которое специфично только для бактерий - *пептидогликан* (муреиновые кислоты). От структуры и химического состава клеточной стенки бактерий зависит важный для систематики признак бактерий - отношение к окраске по Граму.

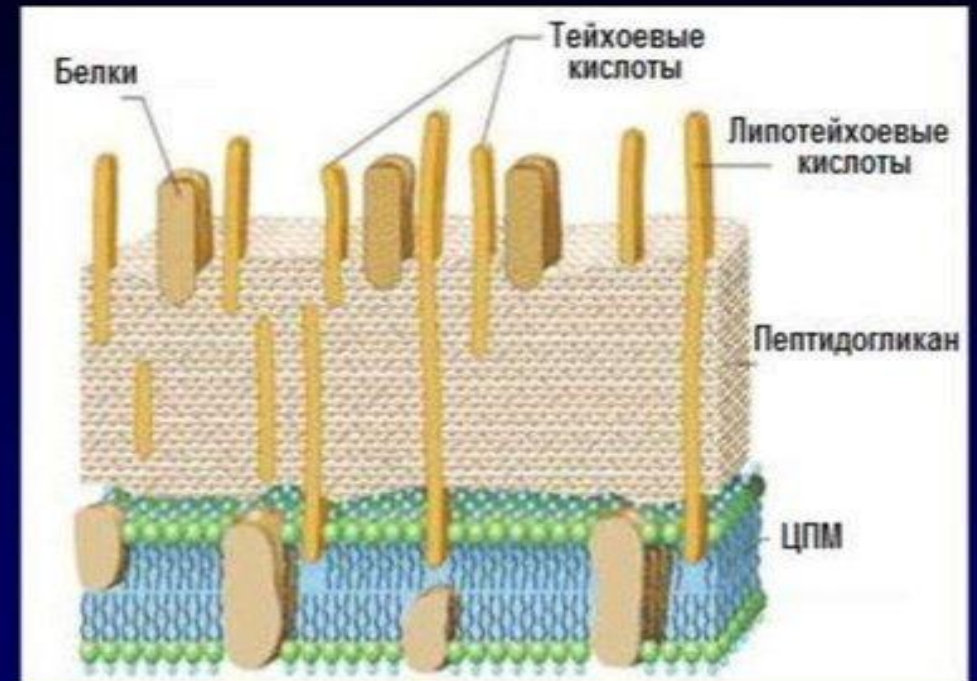
Строение клеточной стенки бактерий

Клеточная стенка грамотрицательных бактерий



www.unb.br

Клеточная стенка грамположительных бактерий

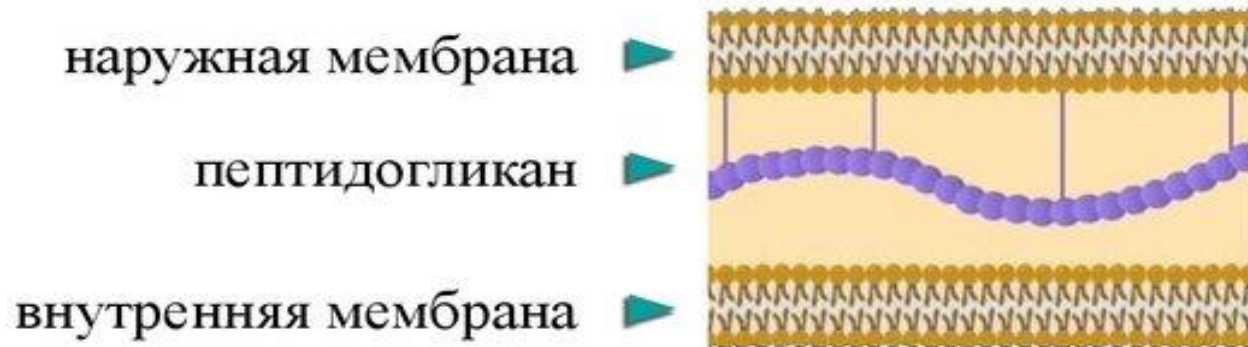


www.unb.br

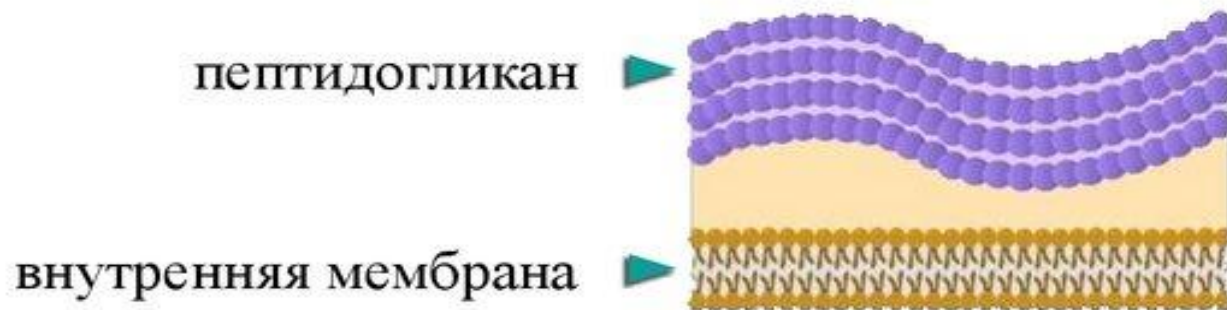
- В соответствии с ним выделяют две большие группы - грамположительные (“грам+”) и грамотрицательные (“грам - “) бактерии.
- Стенка грамположительных бактерий после окраски по Граму сохраняет комплекс йода с *генциановым фиолетовым* (окрашены в сине-фиолетовый цвет), грамотрицательные бактерии теряют этот комплекс и соответствующий цвет после обработки и окрашены в розовый цвет за счет докраски фуксином.

Клеточная стенка бактерий

Грам - отрицательные



Грам - положительные

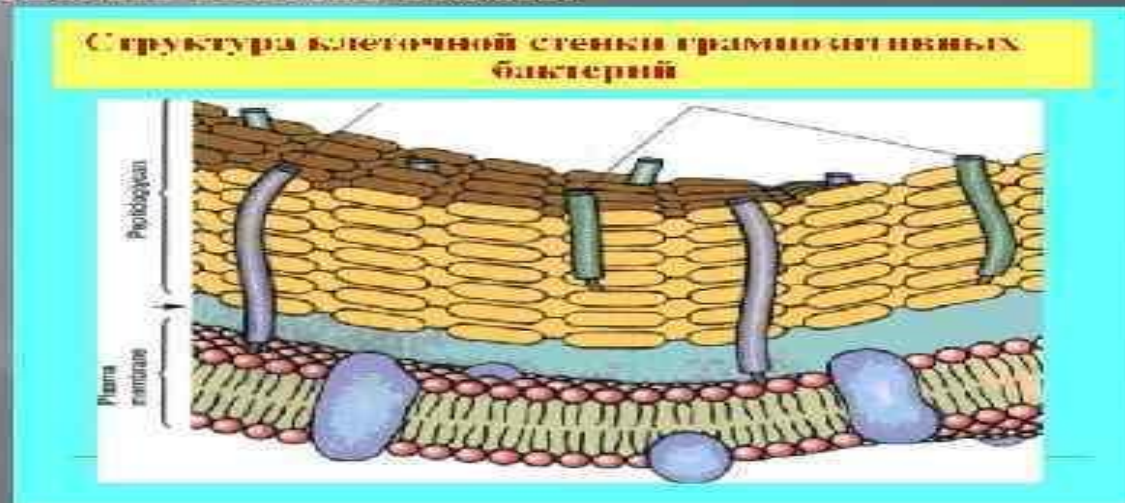


Оболочка любой бактерии состоит из специального вещества - муреина. Его молекула представляет собой цепи полисахаридов, расположенных параллельно. У отрицательных видов строение клеточной оболочки значительно сложнее, что позволяет ей быть защищенной от действия таких сред, как слюна, желудочный сок, другие жидкости с содержащимся в них лизоцимом - ферментом, обладающим антибактериальными свойствами.

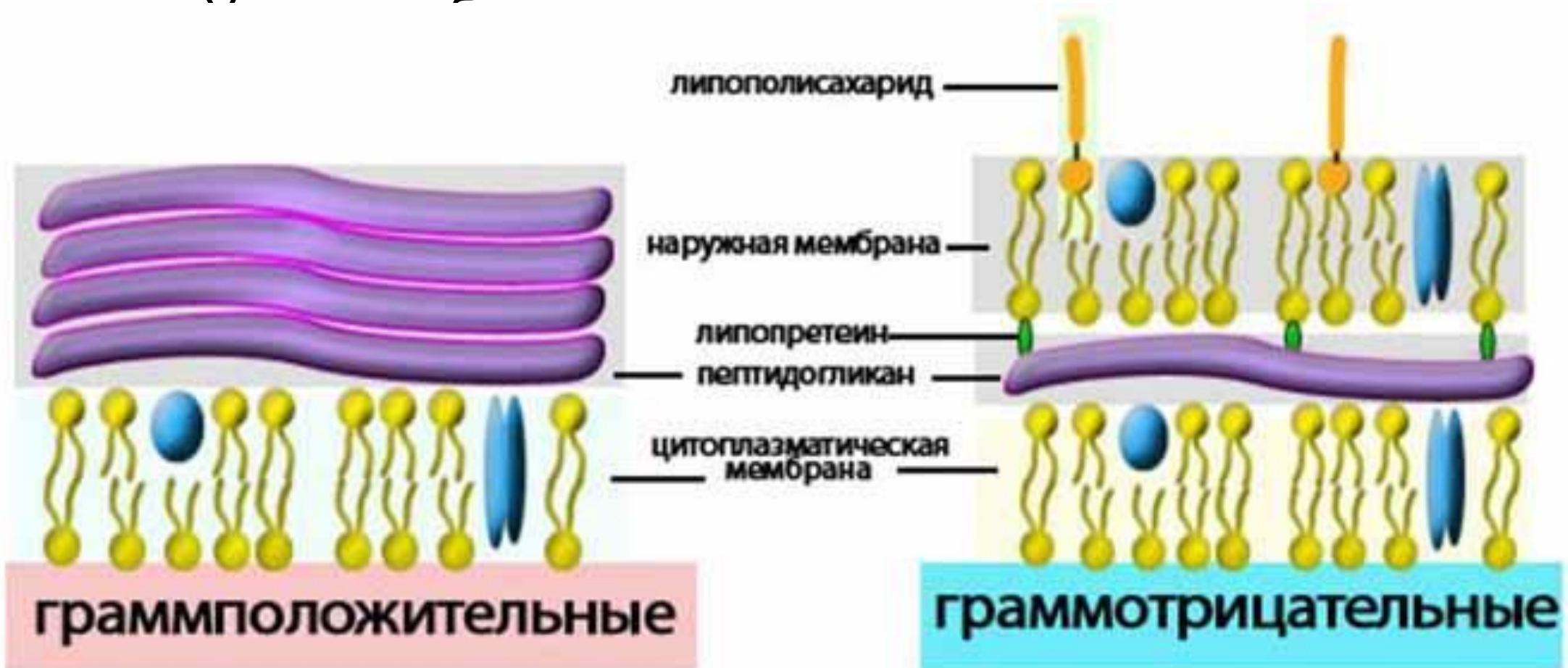
- Особенности клеточной стенки грамположительных бактерий.
- Мощная, толстая, несложно организованная клеточная стенка, в составе которой преобладают пептидогликан и тейхоевые кислоты, нет липополисахаридов (ЛПС), часто нет диаминопимелиновой кислоты.

Строение клеточной стенки Грамположительных бактерий

- ▣ 1 слой муреина (пептидогликана) , пронизанный тейхоевыми кислотами.



- Особенности клеточной стенки грамотрицательных бактерий.
- Клеточная стенка значительно тоньше, чем у грамположительных бактерий, содержит ЛПС, липопротейны, фосфолипиды, диаминопимелиновую



- При обработке грамположительных бактерий ферментами, разрушающими пептидогликан, возникают полностью лишённые клеточной стенки структуры- **протопласты**.
- Обработка грамотрицательных бактерий лизоцимом разрушает только слой пептидогликана, не разрушая полностью внешней мембраны; такие структуры называют **сферопластами**.
- Протопласты и сферопласты имеют сферическую форму (это свойство связано с осмотическим давлением и характерно для всех безклеточных форм бактерий).

- Имеются также стабильные L- формы бактерий, отсутствие клеточной стенки и неспособность реверсировать которых в классические формы бактерий закреплены генетически.
- Они по ряду признаков очень напоминают микоплазмы и другие *молликуты*- бактерии, у которых клеточная стенка отсутствует как таксономический признак.
- Микроорганизмы, относящиеся к микоплазмам- самые мелкие прокариоты, не имеют клеточной стенки и как все бактериальные бесстеночные структуры имеют сферическую форму.

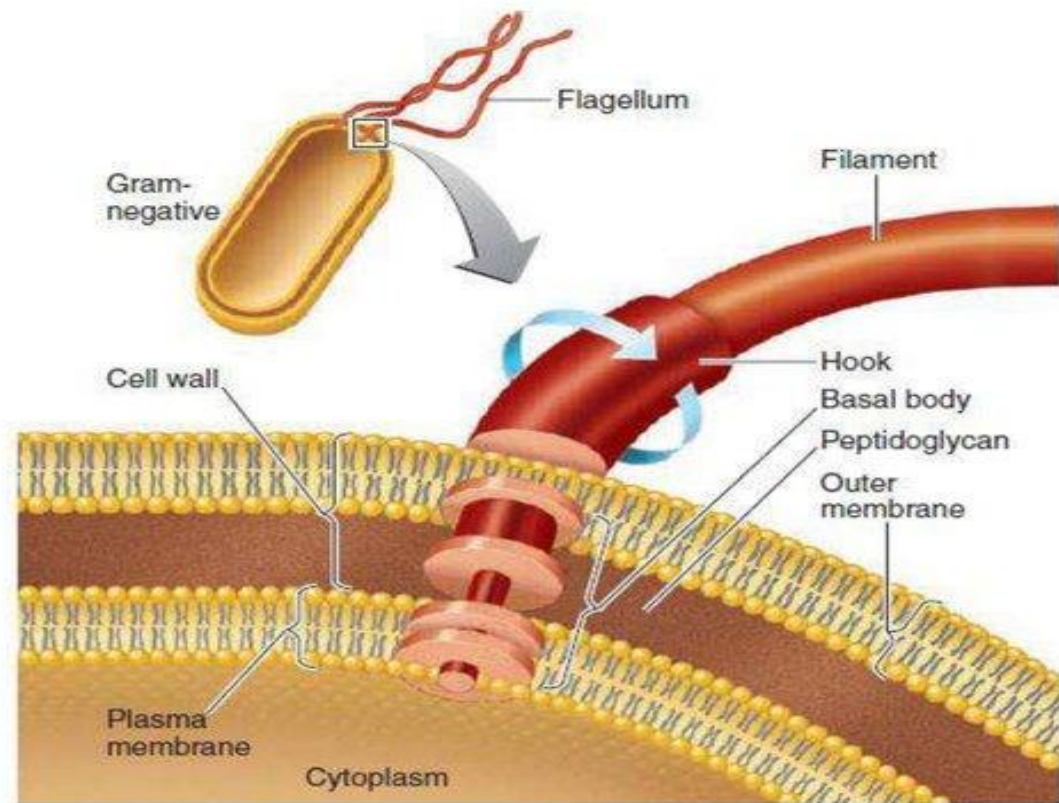
- К поверхностным структурам бактерий (необязательным, как и клеточная стенка), относятся *капсула, жгутики, микроворсинки*.
- Капсула или слизистый слой окружает оболочку ряда бактерий. Выделяют *микрокапсулу*, выявляемую при электронной микроскопии в виде слоя микрофибрилл, и *макрокапсулу*, обнаруживаемую при световой микроскопии.
- **Капсула является защитной структурой** (прежде всего от высыхания), у ряда микробов - фактором патогенности, препятствует фагоцитозу, ингибирует первые этапы защитных реакций- распознавание и поглощение.

- У сапрофитов капсулы образуются во внешней среде, у патогенов - чаще в организме хозяина. Существуют ряд методов окраски капсул в зависимости от их химического состава. Капсула чаще состоит из полисахаридов (наиболее распространенная окраска - по Гинсу), реже - из полипептидов.
- Жгутики. Подвижные бактерии могут быть скользящие (передвигаются по твердой поверхности в результате волнообразных сокращений) или плавающие, передвигающиеся за счет нитевидных спирально изогнутых белковых (*флагеллиновых* по химическому составу) образований - жгутиков.

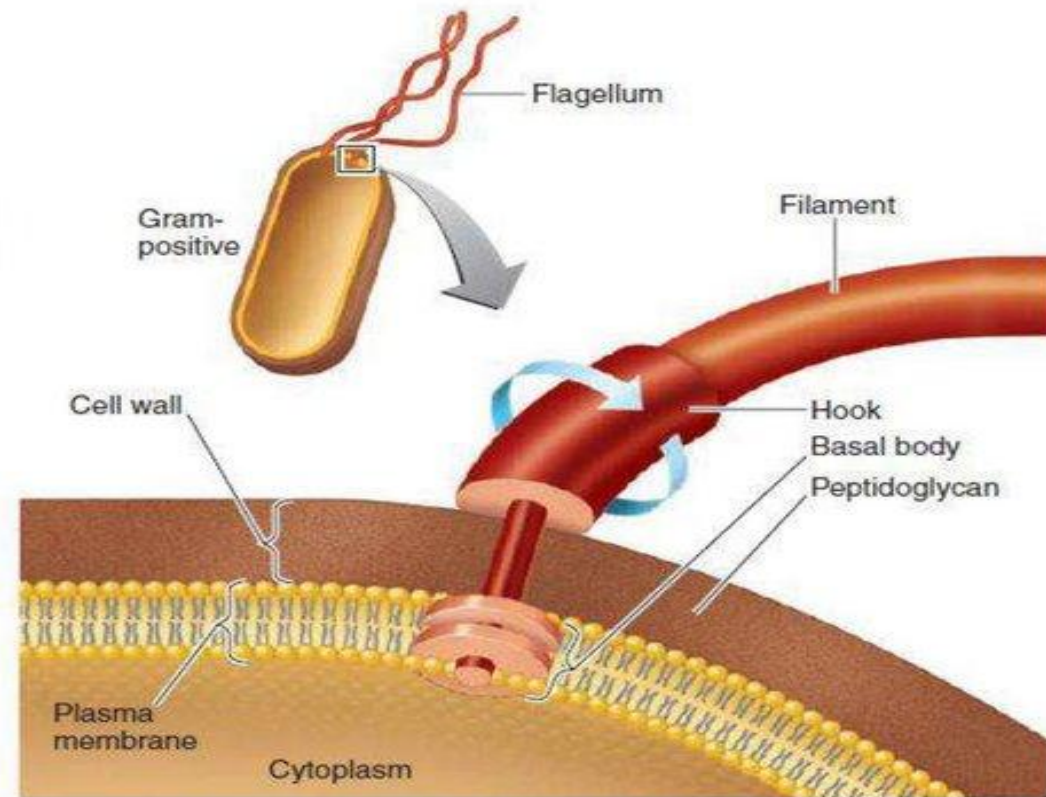
Жгутик бактерий

белок жгута бактерий – *флагеллин*

жгутик *не* окружен *плазматической мембраной*



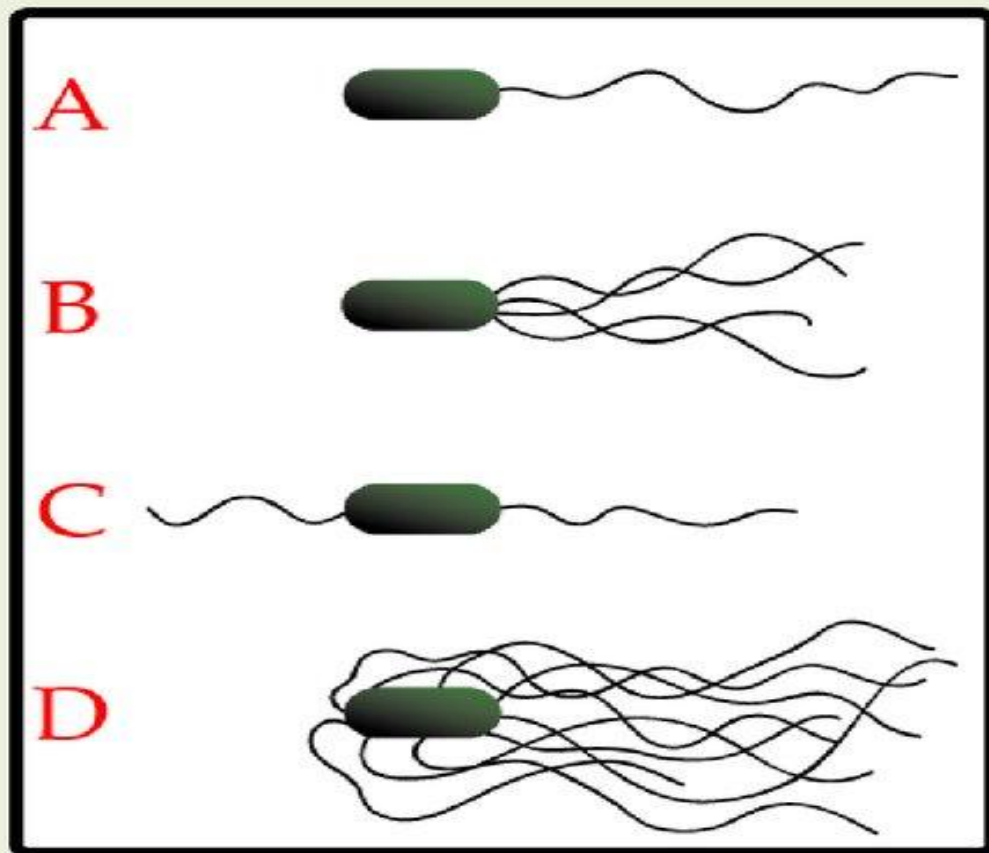
(a) Parts and attachment of a flagellum of a gram-negative bacterium



(b) Parts and attachment of a flagellum of a gram-positive bacterium

- По расположению и количеству жгутиков выделяют ряд форм бактерий.
- **1. Монотрихи** - имеют один полярный жгутик.
- **2. Лофотрихи** - имеют полярно расположенный пучок жгутиков.
- **3. Амфитрихи** - имеют жгутики по диаметрально противоположным полюсам.
- **4. Перитрихи** - имеют жгутики по всему периметру бактериальной клетки.
- Способность к целенаправленному движению (хемотаксис, аэротаксис, фототаксис) у бактерий генетически детерминирована.

Расположение жгутиков у бактерий



- A – монотрихи
- B – лофотрихи
- C – амфитрихи
- D - перитрихи

- Фимбрии или реснички - короткие нити, в большом количестве окружающую бактериальную клетку, с помощью которых бактерии прикрепляются к субстратам (например, к поверхности слизистых оболочек). Таким образом, фимбрии являются *факторами адгезии и колонизации*.
- F- пили (фактор фертильности) - аппарат *конъюгации бактерий*, встречаются в небольшом количестве в виде тонких белковых ворсинок.

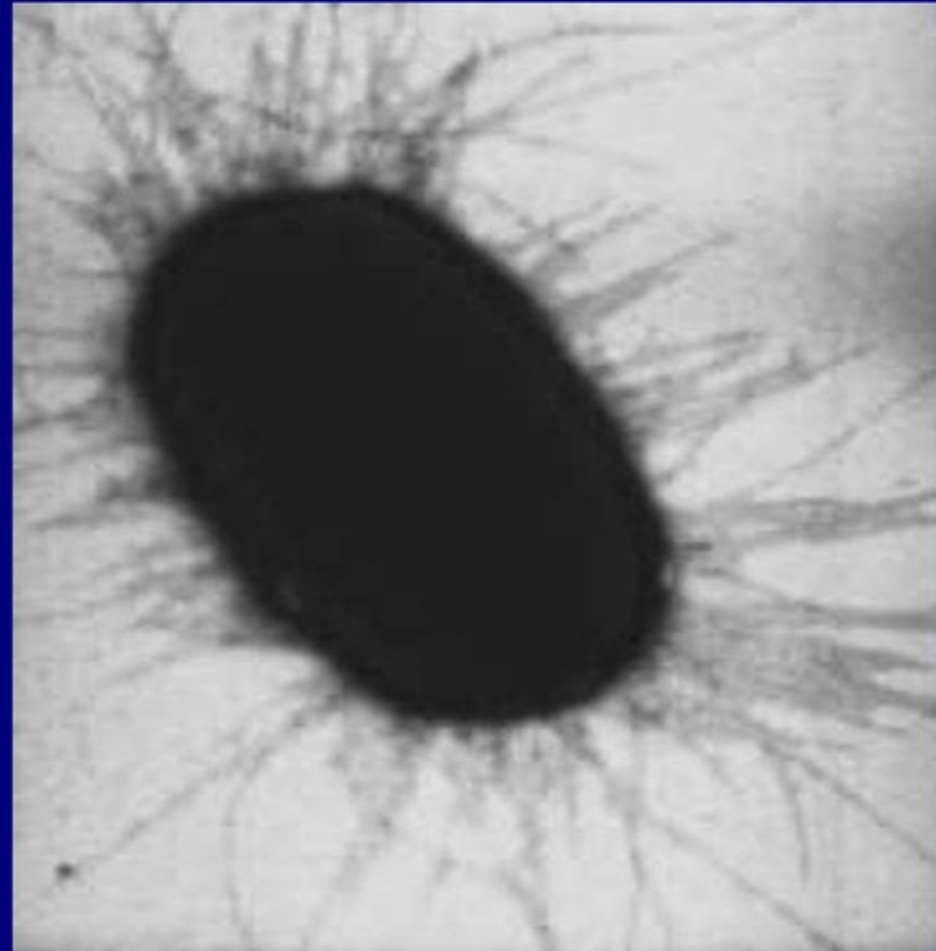
Реснички бактерии

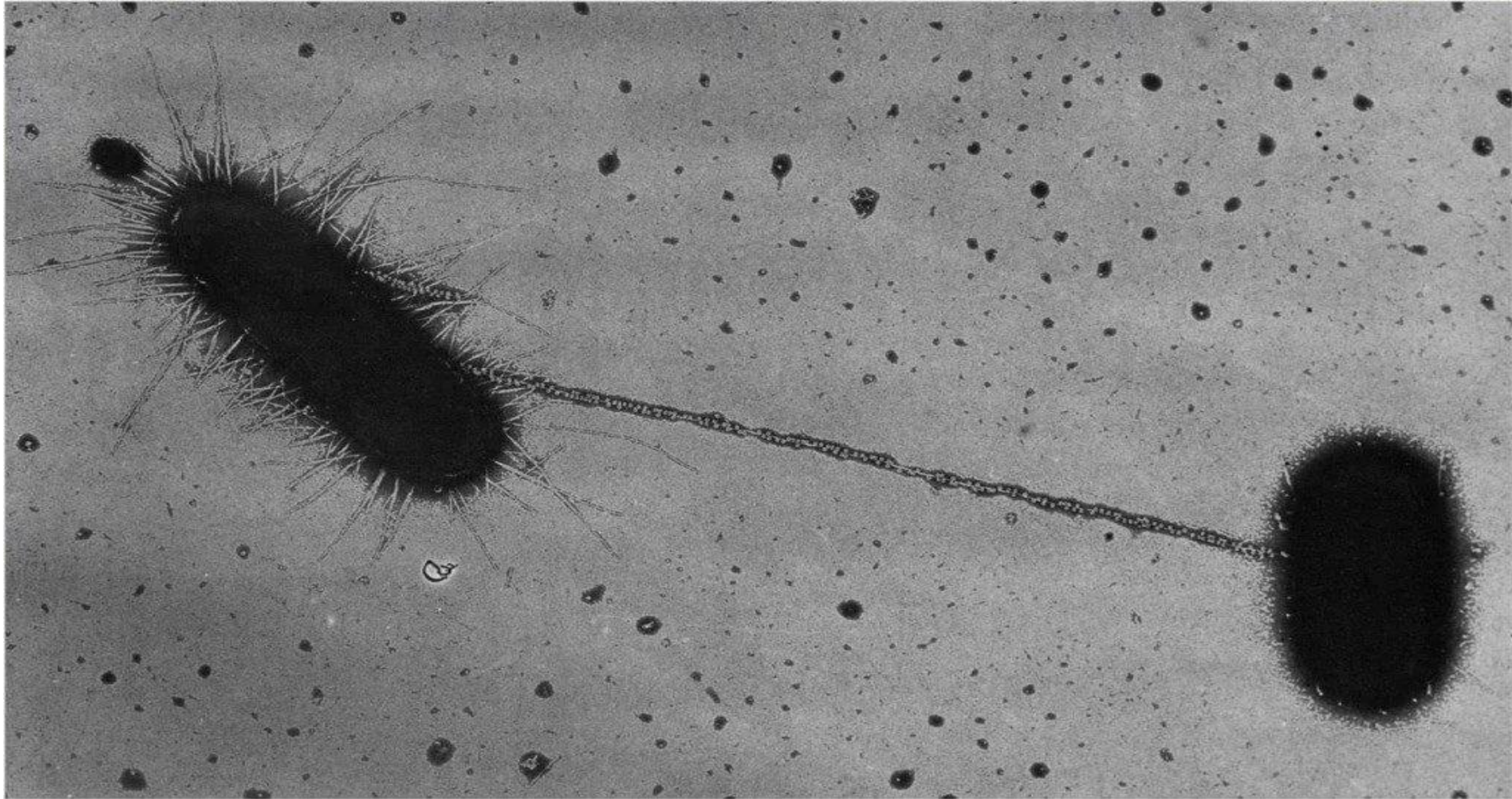


ПИЛИ

**тонкие, полые
нити белковой
природы,
покрывающие
поверхность
бактериальных
клеток.**

Электронная
микроскопия



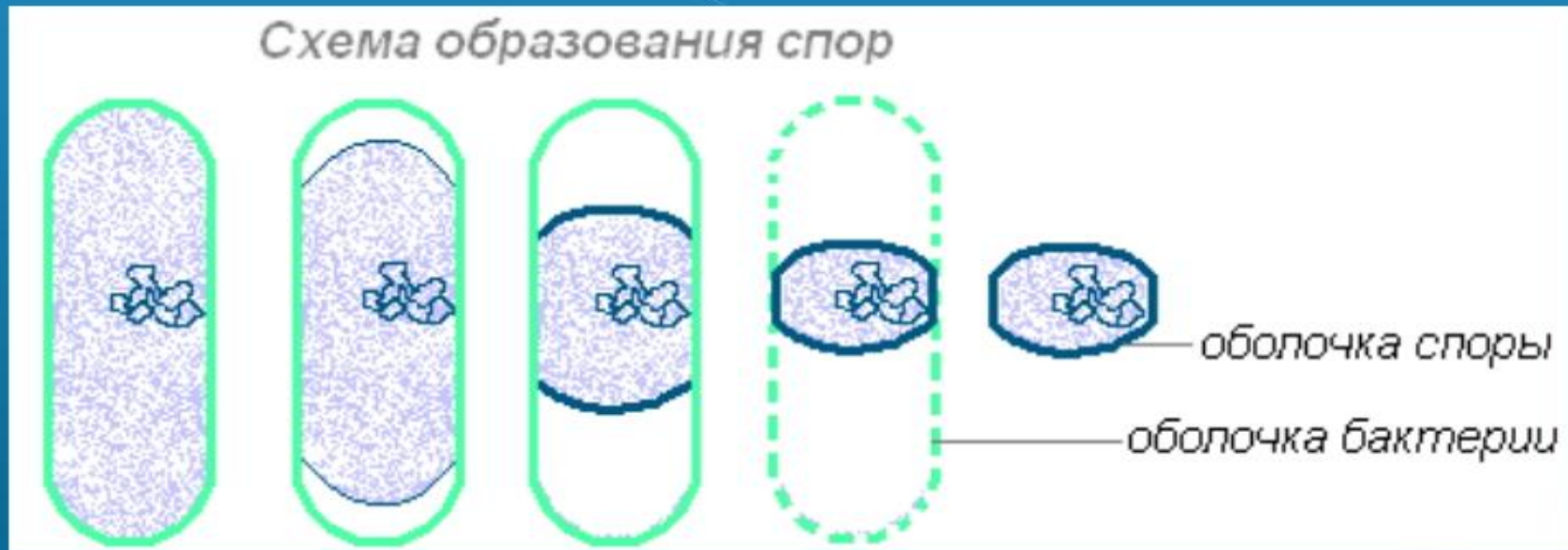


- Эндоспоры и спорообразование.
- **Спорообразование** - способ сохранения определенных видов бактерий в неблагоприятных условиях среды.
- *Эндоспоры* образуются в цитоплазме, представляют собой клетки с низкой метаболической активностью и высокой устойчивостью (*резистентностью*) к высушиванию, действию химических факторов, высокой температуры и других неблагоприятных факторов окружающей среды.
- При световой микроскопии часто используют метод выявления спор *по Ожешко*. Высокая резистентность связана с большим содержанием *кальциевой соли дипиколиновой кислоты* в оболочке спор. Расположение и размеры спор у различных микроорганизмов отличается, что имеет дифференциально - диагностическое (таксономическое) значение.

- Основные фазы “жизненного цикла” спор - *споруляция* (включает подготовительную стадию, стадию предспоры, образования оболочки, созревания и покоя) и *прорастание*, заканчивающееся образованием вегетативной формы. Процесс спорообразования генетически обусловлен.

Образование спор

Спора бактерий – это приспособление к выживанию в неблагоприятных условиях.



• Некультивируемые формы бактерий.

• У многих видов грамотрицательных бактерий, не образующих спор, существует особое приспособительное состояние - некультивируемые формы.

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

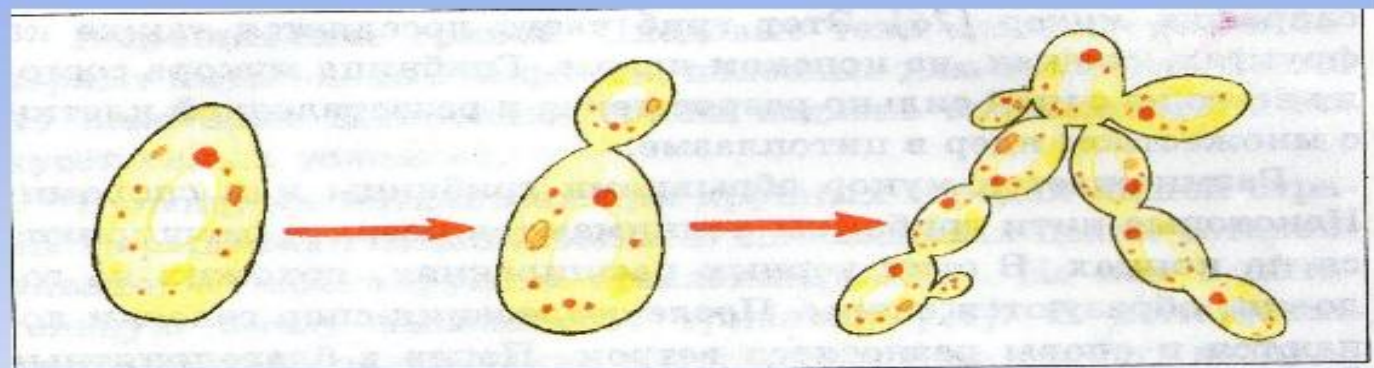
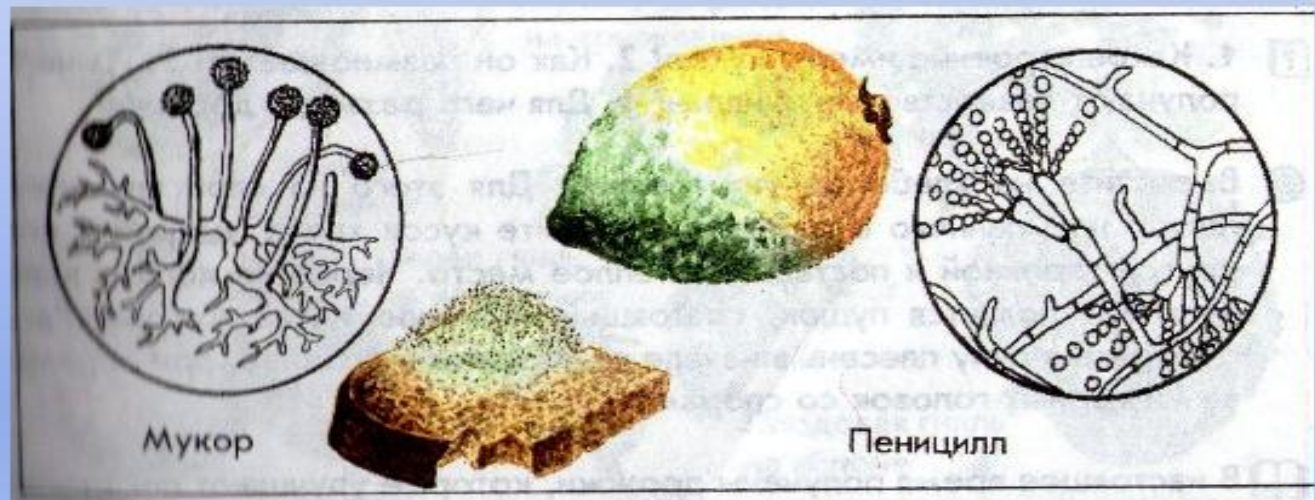
• Обладают высокой устойчивостью и могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет.

• Не выявляются классическими бактериологическими методами, обнаруживаются только при помощи генетических методов (*полимеразной цепной реакции* -

• **Морфологическая характеристика грибов.**

- Грибы и простейшие имеют четко ограниченное ядро и относятся к эукариотам.
- Грибы крупнее бактерий, в эволюционном плане близки к растениям (наличие клеточной стенки, содержащей хитин или целлюлозу, вакуолей с клеточным соком, неспособность к перемещению, видимое движение цитоплазмы). Ядерный материал грибов отделен от цитоплазмы ядерной мембраной. *Дрожжевые* грибы образуют отдельные овальные клетки. *Плесневые* грибы формируют клеточные нитеподобные структуры - **гифы**.

Плесневые грибы и дрожжи

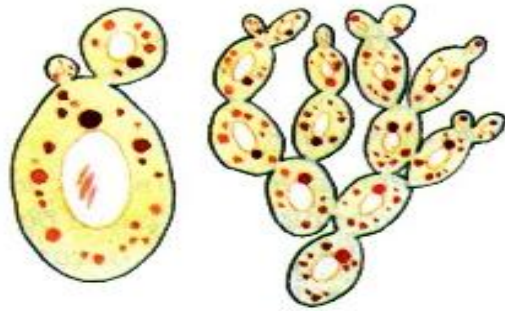


- **Мицелий** - переплетение гифов - основная морфологическая структура. У низших грибов мицелий одноклеточный, не имеет внутренних перегородок (*септ*).
- Грибы размножаются половым и бесполом (вегетативным) способом. При вегетативном размножении образуются специализированные репродуктивные структуры – споры - *конидии*.
- Они могут располагаться в специализированных вместилищах - *спорангиях* (эндоспоры) или отшнуровываться от плодоносящих гиф (экзоспоры).

Размножение грибов

Вегетативное

1. Частями грибницы
2. Почкованием



Почкование дрожжей

Бесполое

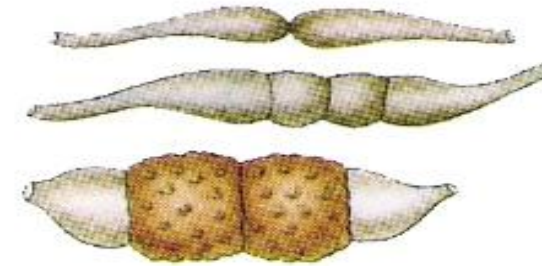
Спорами –
специализированными
клетками



Размножение спорами
пеницилла

Половое

Гаметами – половыми
клетками



Слияние гамет

Бесполое размножение плесневых грибов

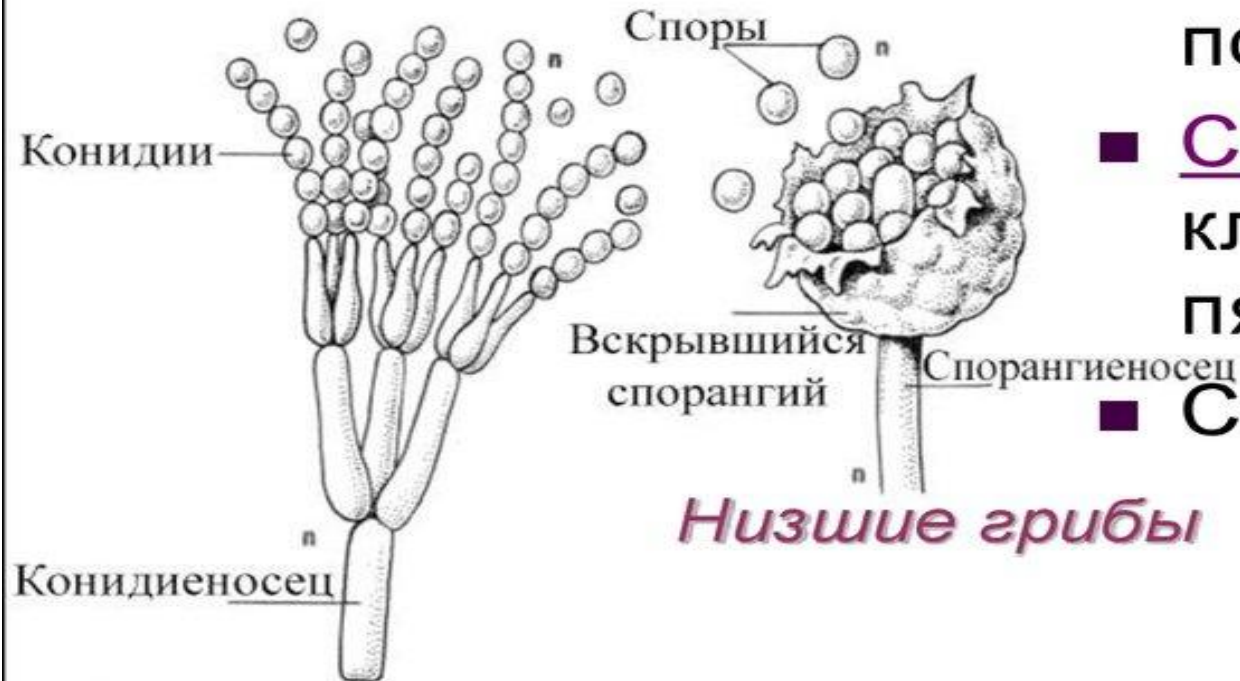
- Осуществляется посредством **спор**.

- **Спора** – зародышевая клетка гриба, покрытая пятислойной оболочкой.

- Споры могут быть:

- **Эндогенные** образуются внутри **спорангиев**.

- **Экзогенные или конидии** возникают открыто на концах **конидиеносцев**.



Высшие грибы

Низшие грибы

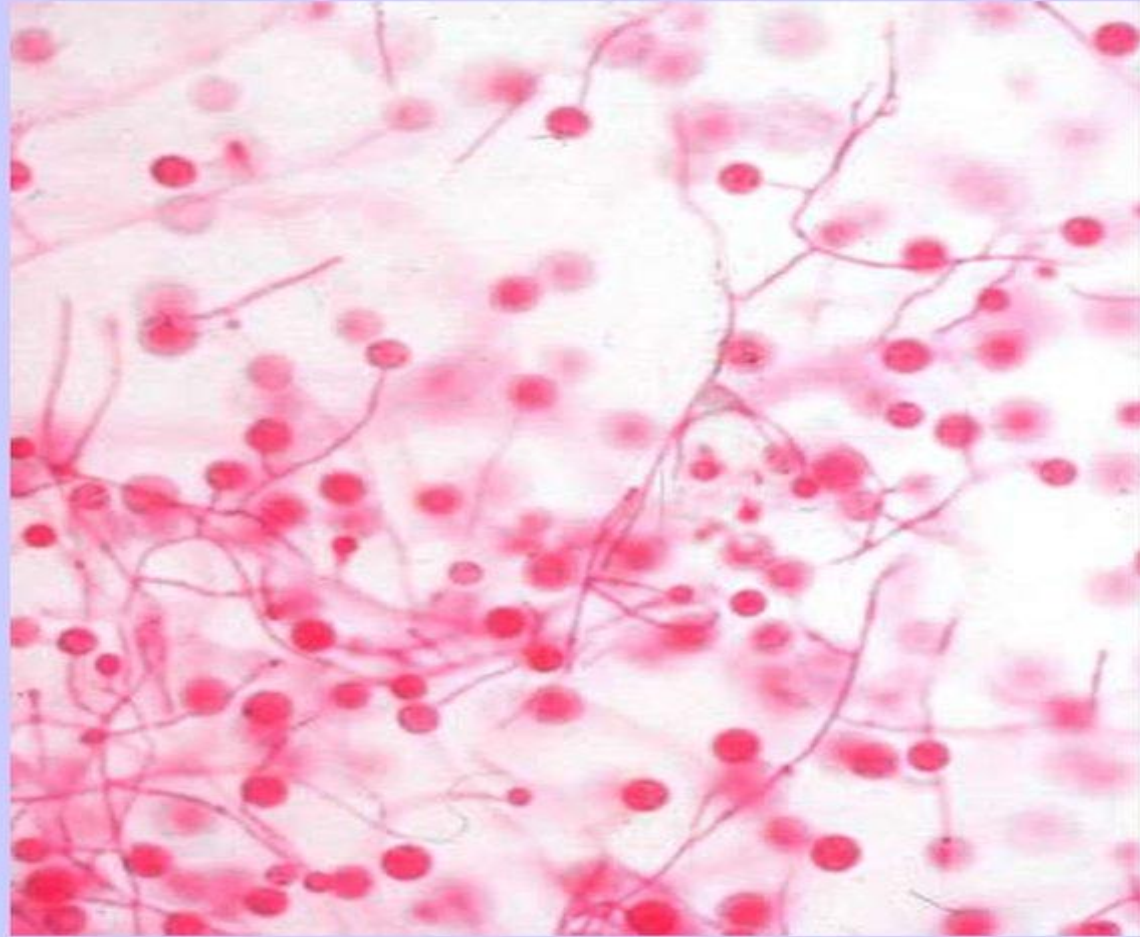
- В благоприятных условиях, спора прорастает, и из нее формируется новый мицелий

- Реже наблюдают образование спор внутри клеток (*оидии*), являющихся сегментами гиф.
- Дрожжевые клетки размножаются почкованием, мицелий не образуют.
- Половое размножение включает взаимодействие специализированных клеток, имеющих существенные различия в морфологии у различных грибов и часто используемых как дифференциально-диагностический признак.

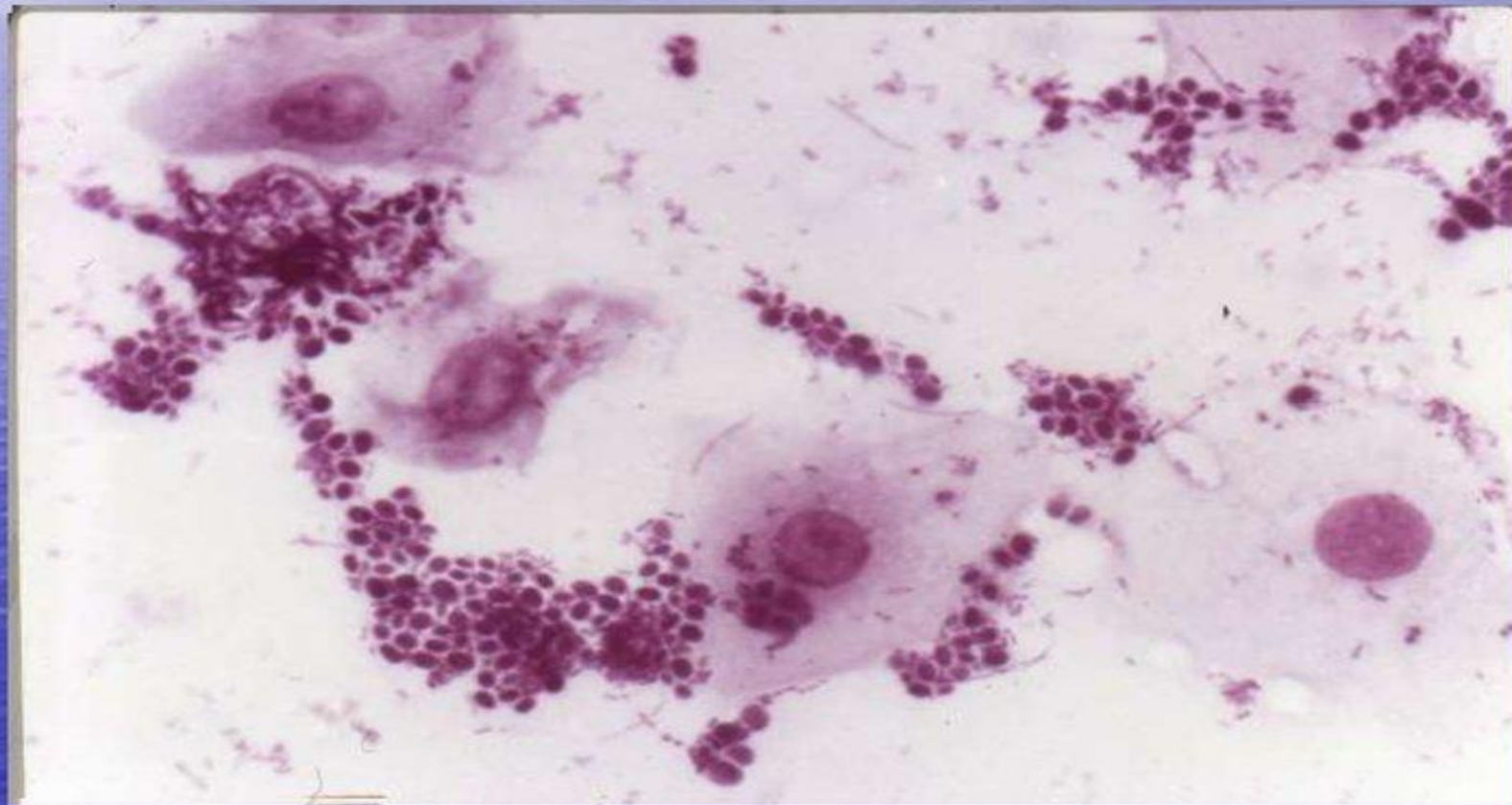
- Для большинства видов грибов, имеющих медицинское значение, характерно наличие конидий (или экзоспор), являющихся формами неполового размножения.
- Их классификация во многом основывается на морфологических формах конидий.
- Их наиболее частые формы - *бластоспоры, хламидоспоры, артроспоры, конидиоспоры.*

Бластоспоры

- Бластоспоры-простые структуры, котрые образуются в результате почкования, с последующим отделением почки от родительской клетки,
- например у дрожжевых грибов.



Бластоспоры гриба Candida

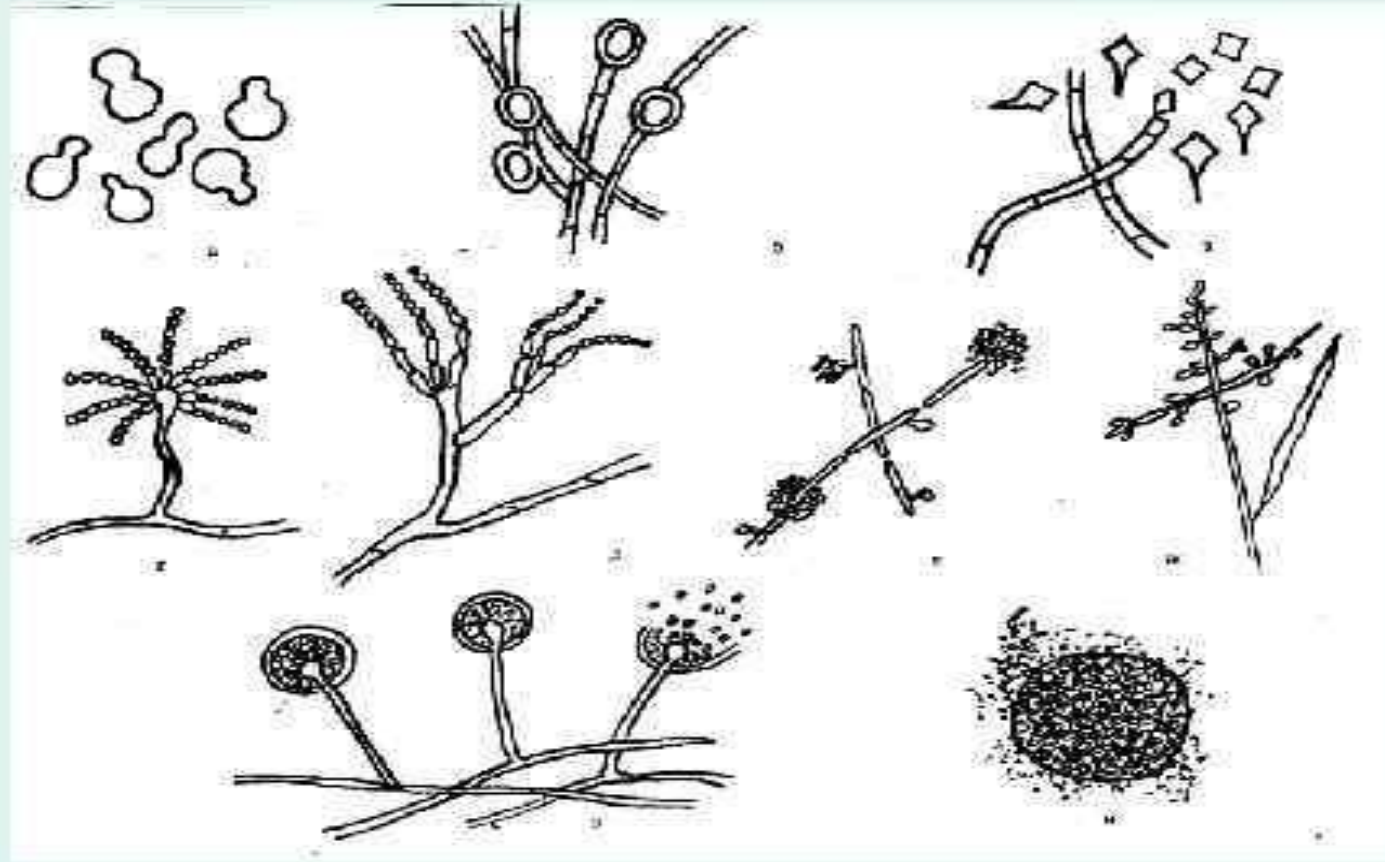


- Бластоспоры- простые структуры, которые образуются в результате почкования, с последующим отделением почки от родительской клетки, например у дрожжевых грибов.
- Хламидоспоры образуются в результате увеличения гифальных клеток с образованием толстой оболочки, защищающей споры от неблагоприятных условий окружающей среды.
- Артроспоры- споры, образующиеся путем фрагментации гиф на отдельные клетки. Они встречаются у дрожжеподобных грибов, возбудителя кокцидиоидоза, тканевых форм дерматофитов в волосе, кожных чешуйках и в ногтях.
- Конидиоспоры- зрелые наружные споры, возникающие на дифференцированных конидиофорах (конидионосцах), отличающихся от других нитей мицелия по форме и размерам (у аспергилл, пеницилл) или располагающиеся по бокам и на концах любой ветви мицелия, прикрепляясь к ней непосредственно или тонкой ножкой.

- К эндоспорам совершенных грибов относятся спорангиоспоры мукоровых грибов, развивающихся в специальных органах (спорангиях), располагающихся на вершине спорангиеносца. Споры освобождаются при разрыве стенки спорангия.
- Эндоспоры обнаруживают также у тканевых форм возбудителей кокцидиоидоза. Они развиваются в круглых образованиях - сферулах, при разрыве стенки зрелой сферулы попадают во внешнюю среду.

Неполовое размножение грибов, морфология спор

а – бластоспоры; б – промежуточные и терминальные (концевые) хламидиоспоры; в – артроспоры; г – конидии аспергилла; д - конидии пеницилла; е – конидии споротрихума; ж – алейрии; з – спорангии с эндоспорами у мукора; и – сферулы кокцидоидного гриба (Кашкин Н.П., 1979)



- Основное функциональное отличие спор у бактерий и грибов: у бактерий споры обеспечивают переживание в неблагоприятных условиях окружающей среды, у грибов образование спор - способ размножения.
- Для некоторых бактерий характерны отклонения от трёх основных форм. Среди коринебактерий часто встречаются булабовидные формы, а у некоторых микобактерий, актиномицетов и нокардий — ветвление клеток.

- **Актиномицеты** — палочковидные грамположительные бактерии, способные к ветвлению.
- В очагах поражения образуют скопления-друзы, напоминающие отходящие от центра лучи с утолщёнными концами.
- Именно отсюда произошло их сегодняшнее название [от греч. actis, луч + mykes, гриб].
- В отличие от грибов, актиномицеты имеют прокариотическое строение клетки, не содержат в клеточной стенке хитина или целлюлозы, размножаются только бесполым путем.

АКТИНОМИЦЕТЫ



- **Классификация:**

- **Тип:** Actinobacteria

- **Класс:** Actinobacteria

- **Роды:** - Actinomyces (A.bovis)
- Nocardia (N.asteroides)

- **Медицинское значение**

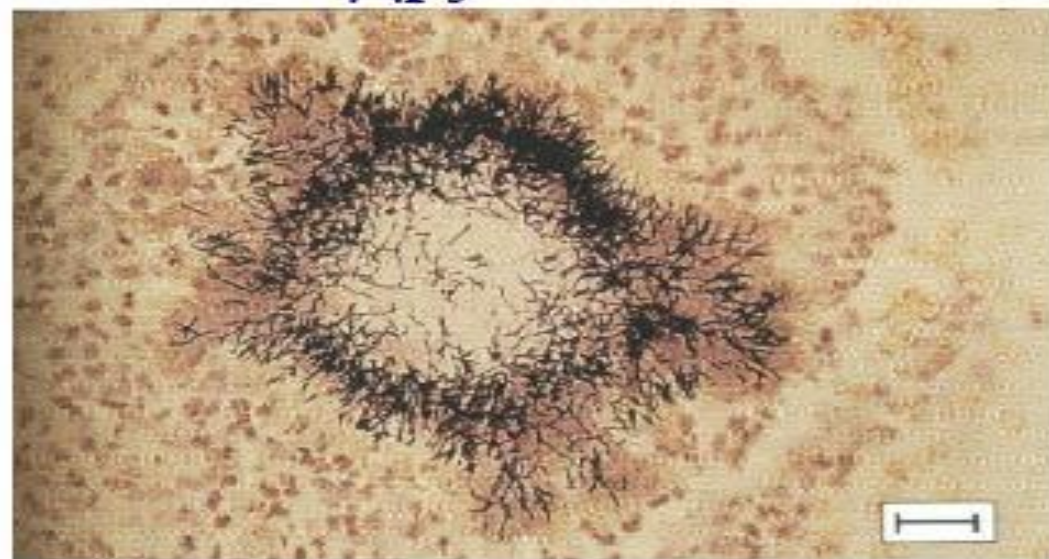
- вызывают **актиномикоз** (в пораженных тканях образуют переплетения гиф – **друзы**, которые в центре кальцинируются) и **нокардиоз**

Актиномицеты

Чистая культура



Друза



Размножаются: делением, фрагментацией, спорами.

Большинство – свободноживущие организмы, продуценты антибиотиков.

Наиболее частый возбудитель актиномикоза – *Actinomyces israelii*.

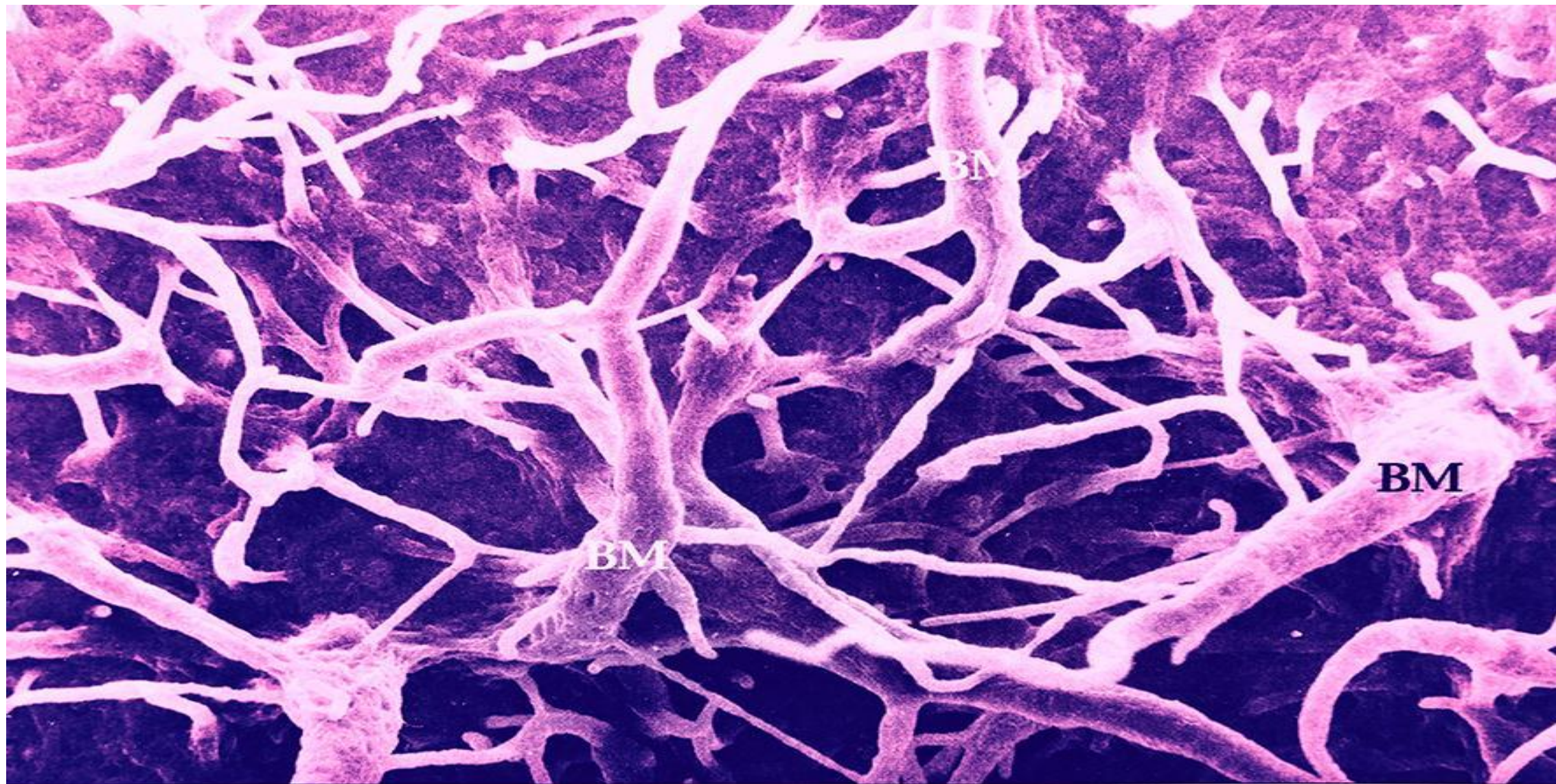
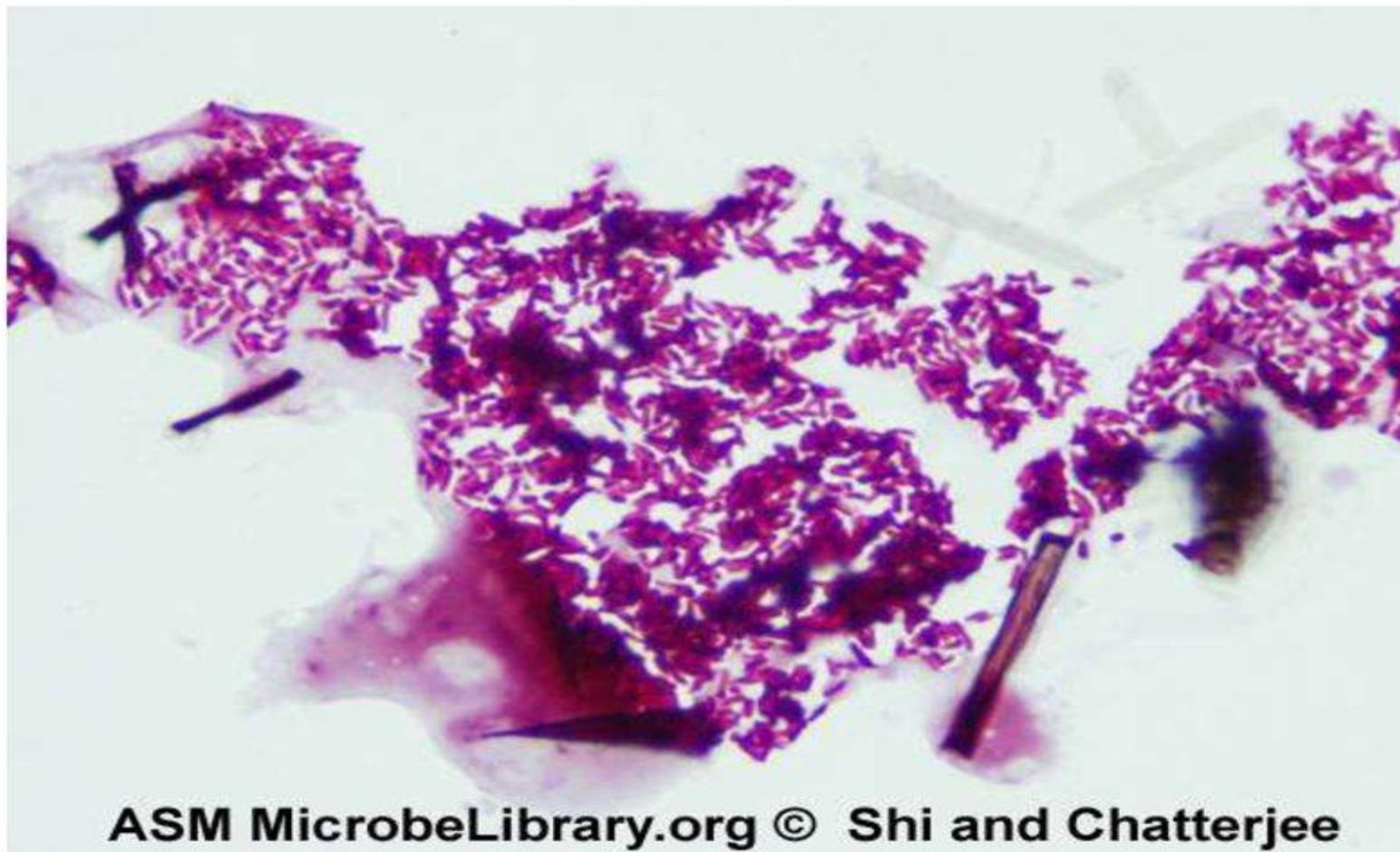


Рис. 4.13. СЭМ поверхности колонии *Actinomyces* sp. Воздушный мицелий.
Ув. × 4500

- К мицелиальным бактериям относят микобактерии, рода накардий и актиномицетов, несколько родов высших актиномицет.
- Представители рода *Mycobacterium*, в который входят возбудители туберкулеза, являются кислотоустойчивыми микроорганизмами, плохо воспринимающими краски. Их высокая резистентность во внешней среде, кислотоустойчивость и ряд других свойств связан с особым составом клеточной стенки, большим содержанием липидов и воска.

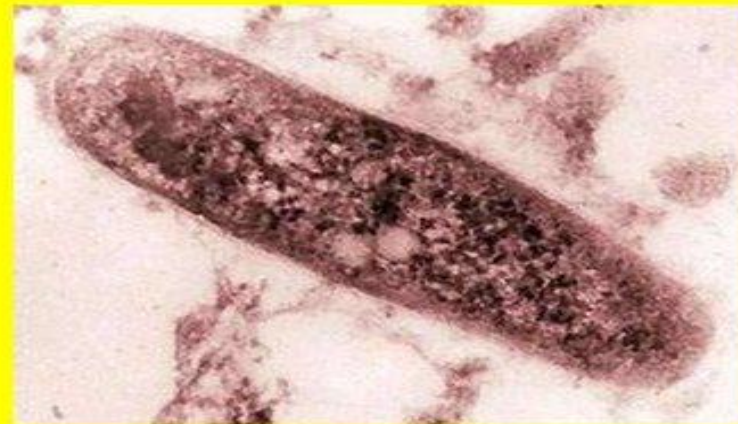
Микобактерии туберкулёза (гр. +)



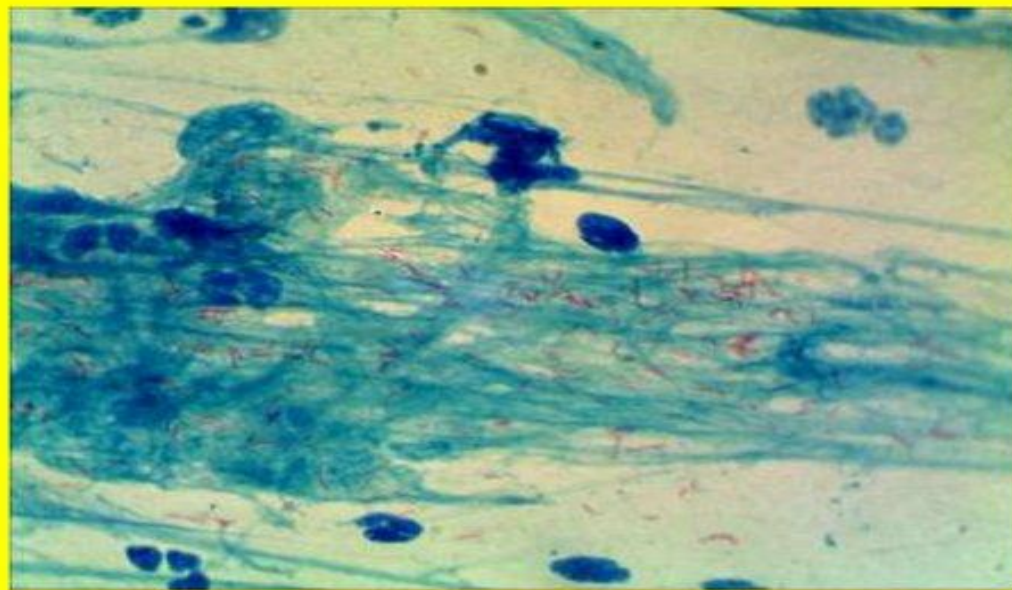
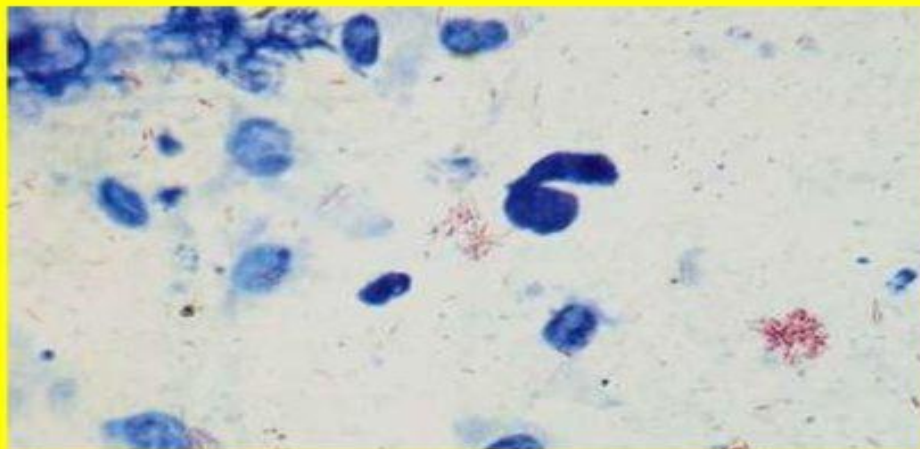
ASM MicrobeLibrary.org © Shi and Chatterjee

Морфология:

- Микобактерии туберкулеза тонкие, прямые или незначительно изогнутые Гр+ палочки длиной 1-10 (чаще 1-4) мкм, шириной 0,2-0,6 мкм, гомогенные или зернистые со слегка закругленными концами.
- Неподвижны, не образуют спор, конидий и капсул.
- Кислото-спирто-щелочеустойчивые (в клеточной стенке 40% липидов, воска)



- По Цилю-Нильсену окрашиваются в **красный** цвет. При окраске видна зернистость



- На питательных средах актиномицеты формируют как субстратный, так и воздушный мицелий, на концах которого могут образовываться споры.
- По мере старения культуры мицелий распадается на отдельные палочковидные и кокковидные клетки, морфологически близкие так называемым грамположительным палочкам неправильной формы — микобактериям, нокардиям, коринебактериям и др.