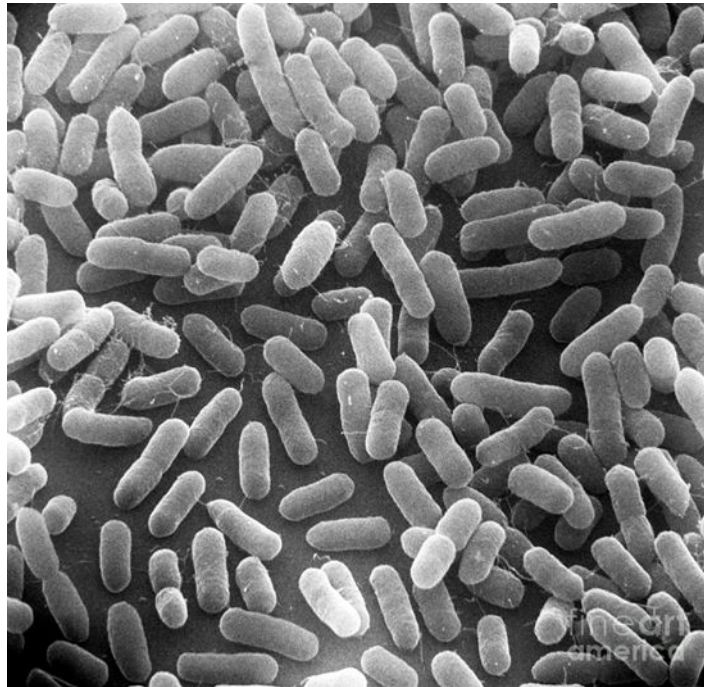


Морфология прокариот

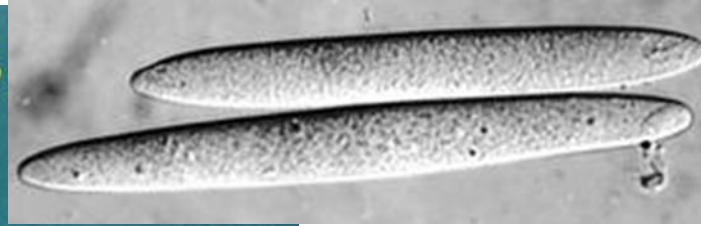
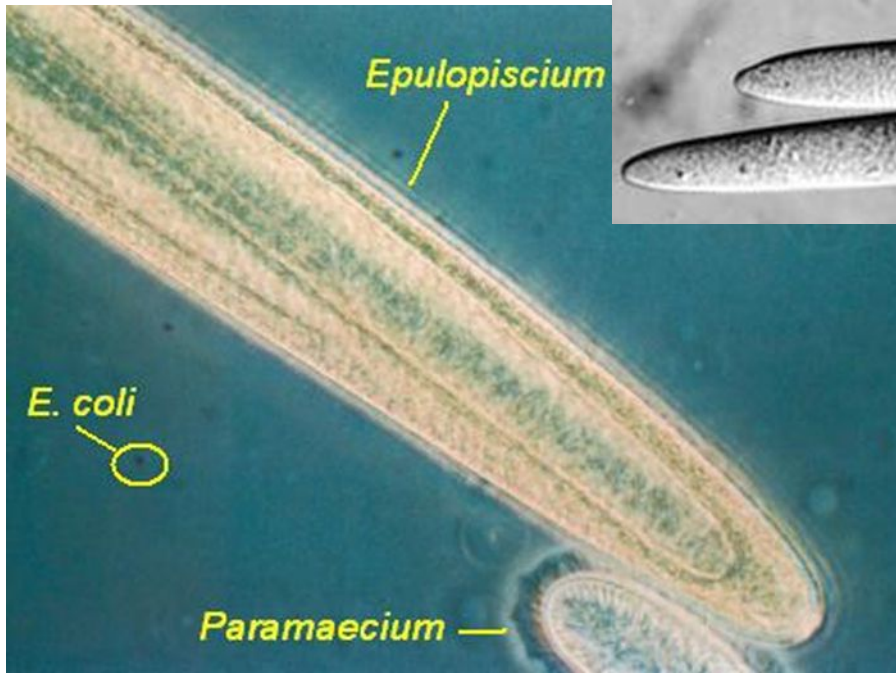
Размеры прокариот

Средний размер клеток прокариот – 0,5 – 3 мкм.

У *Escherichia coli* – 0,4—0,8 × 1—3 мкм.



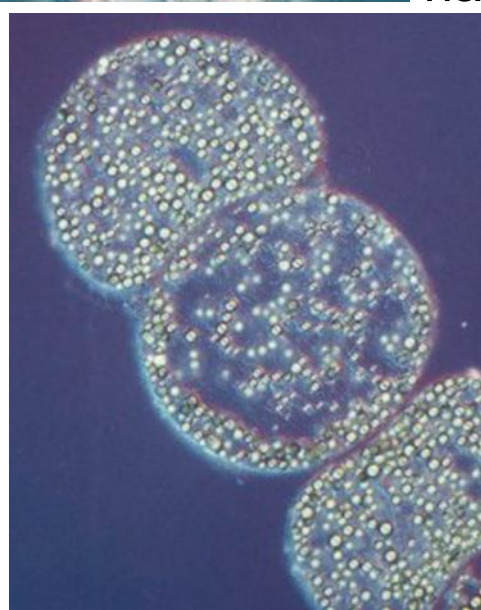
Гигантские клетки прокариот



Epulopiscium fishelsoni – гигантская бактерия размером — 80 × 600 мкм (до 700 мкм); населяет пищеварительный тракт б-хирургов.

Thiomargarita namibiensis

– шаровидные клетки 0,1—0,3 мм в диаметре (до 0,75 мм), видна невооружённым глазом. В клетках – включения серы. Обнаружена в придонных осадках континентального шельфа Намибии.



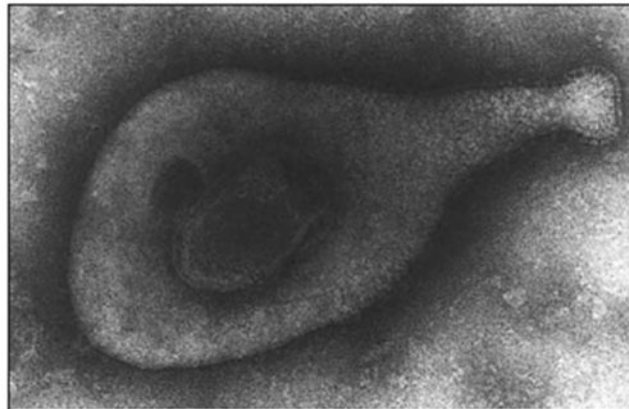
«Карликовые» прокариоты

(нанобактерии) имеют размер $< 0,5$ мкм

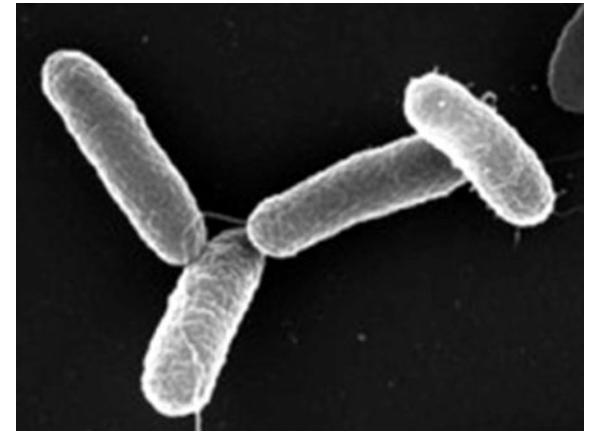
- Микоплазмы - 0,1 – 0,15 мкм
- Хламидии - 0,5 мкм
- Риккетсии – 0,3 мкм



Chlamydia trachomatis
(внутриклеточный паразит, вызывает трахому, урогенит. хламидиоз)



Mycoplasma hominis –
возбудитель
урогенитального
микоплазмоза



Rickettsia prowazekii –
внутриклеточный
паразит, возбудитель
эпидемического сыпного
тифа

Форма клеток прокариот

Три основные группы прокариот по морфологии:

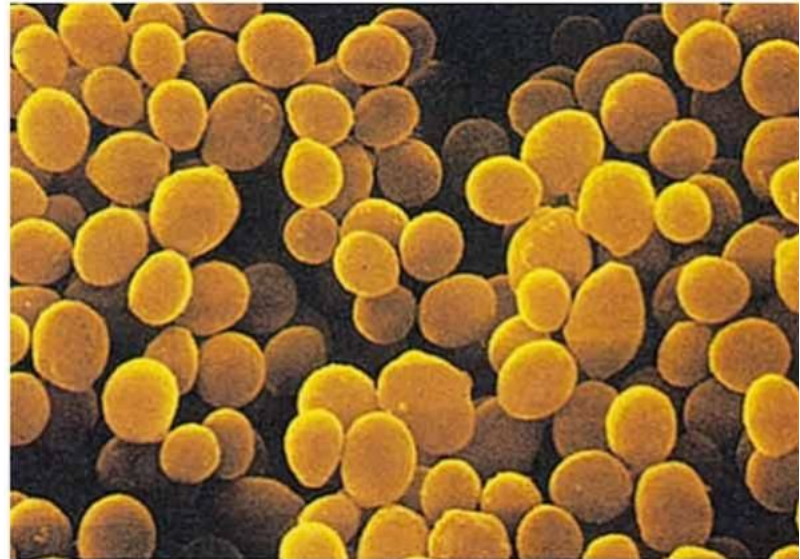
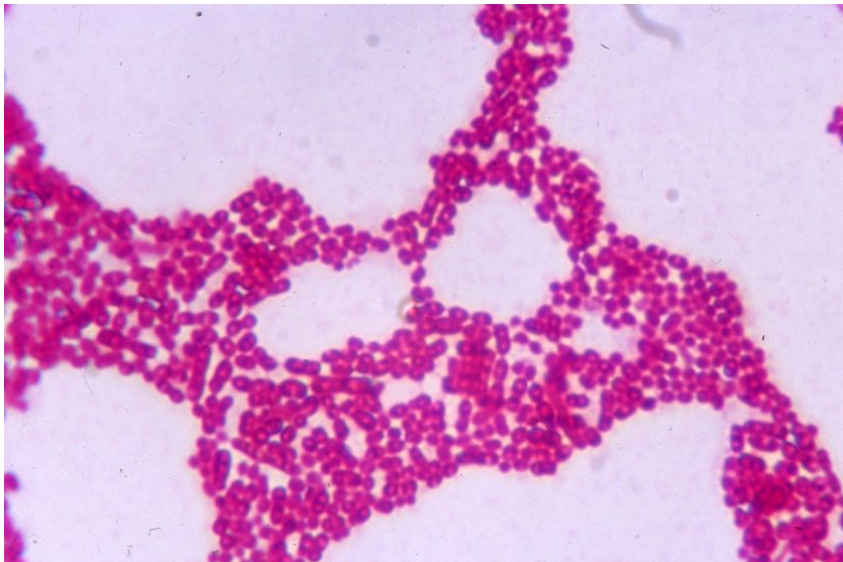
1. **Кокки** – клетки округлой формы (от лат. «соссос» - семя).
2. **Палочковидные бактерии.**
3. **Извитые формы.**

Кокки

Кокки могут быть объединены в различные агрегаты:

Одиночные кокки – р. *Micrococcus*.

Micrococcus luteus

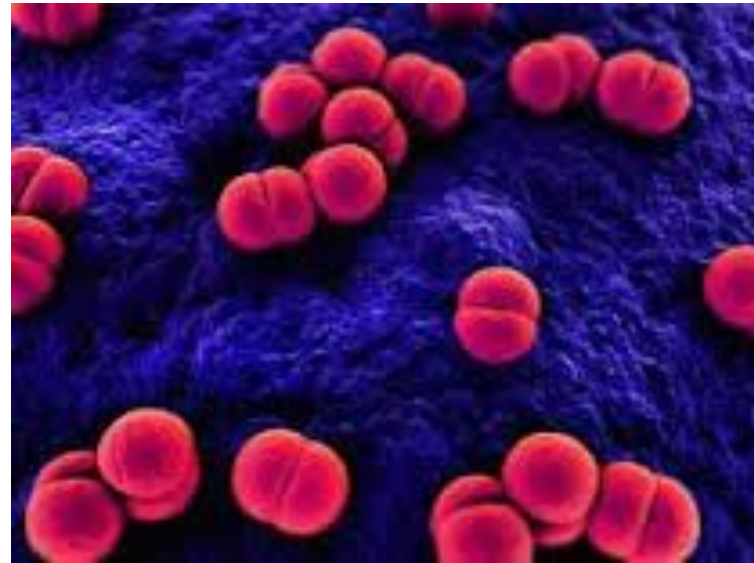


Диплококки – попарно соединенные кокки –
р. *Neisseria*

N. gonorrhoeae
(возбудитель гонореи)
менингита)



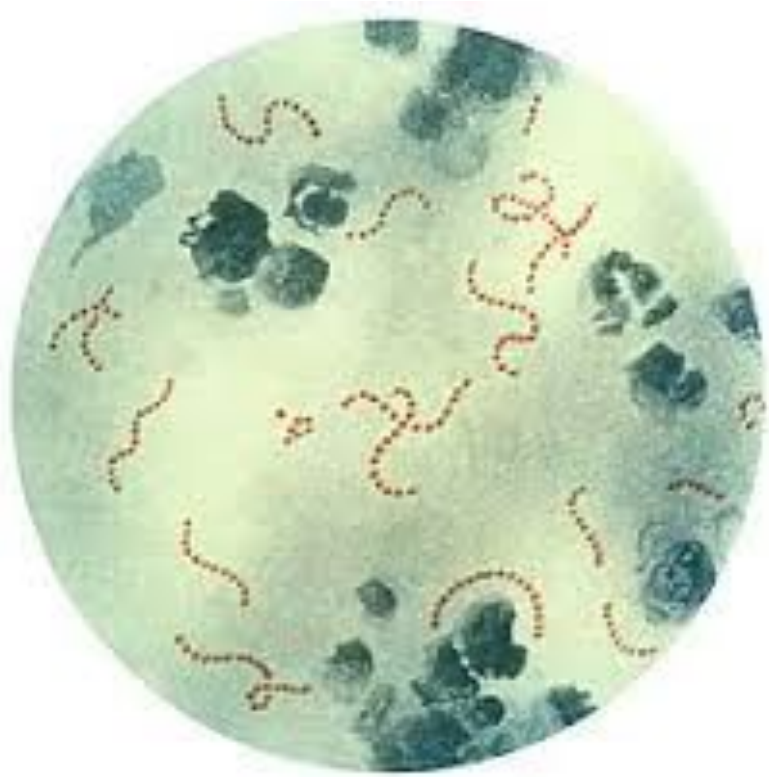
N. meningitidis
(возбудитель



Стрептококки – цепочки кокков (р. *Streptococcus*).

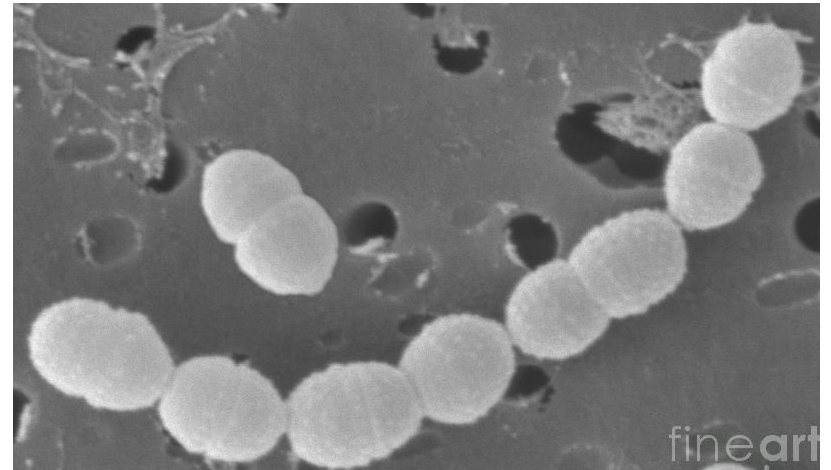
S. pyogenes

(возбудитель тонзилита)



S. cremoris

(сливочный
стрептококк)



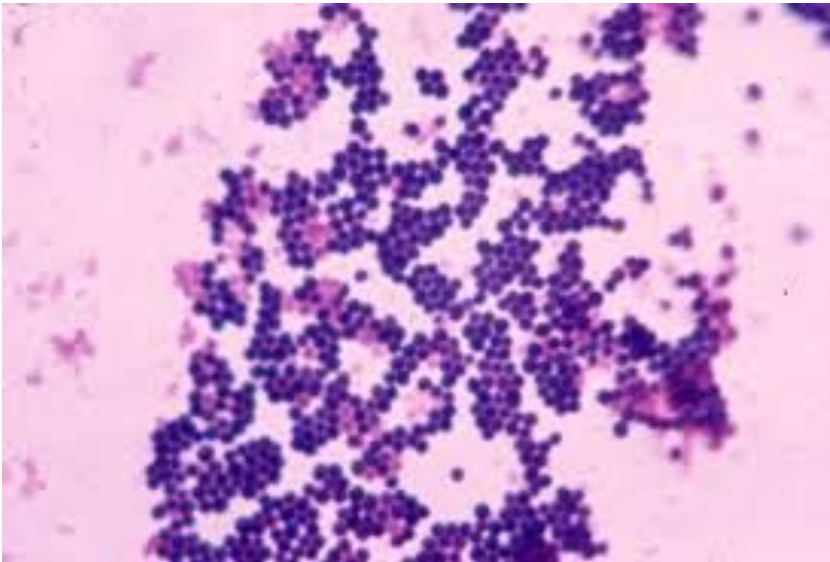
Тетракокки - тетрады клеток.

Gaffkya tetragena

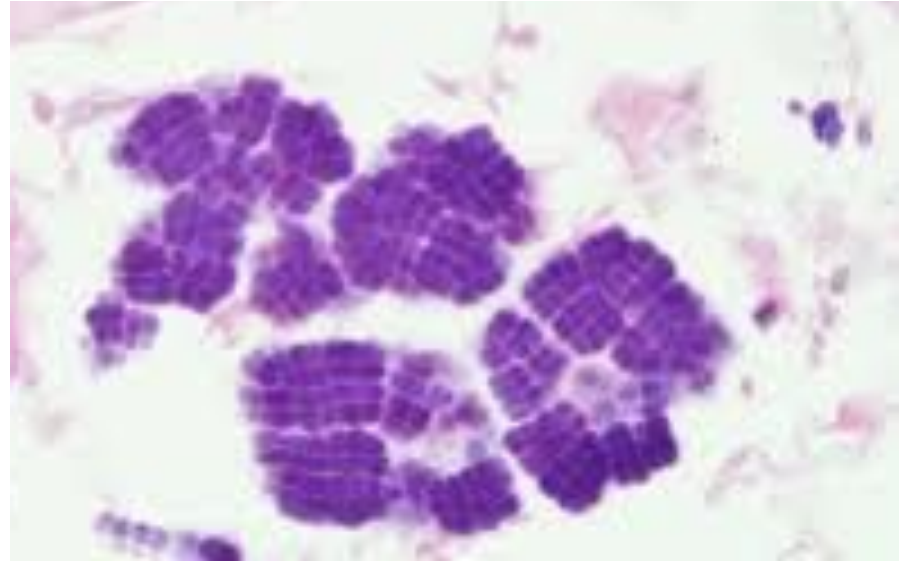
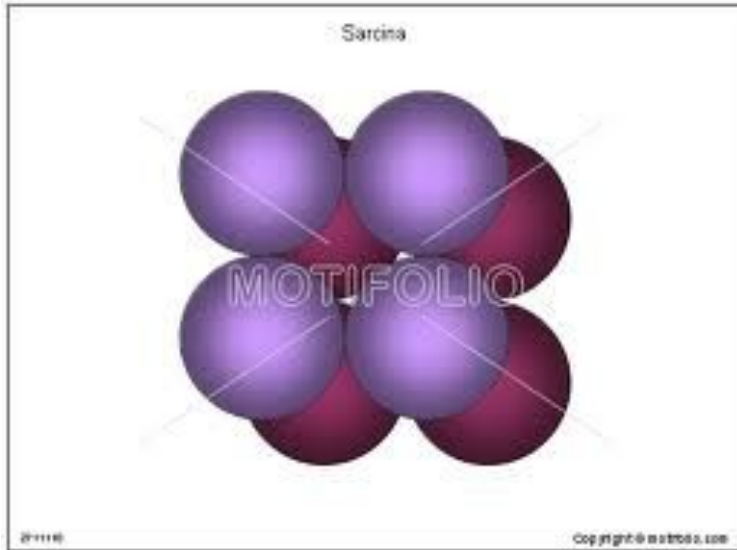


Стафилококки – кокки, соединенные в неправильные скопления в виде «виноградной грозди».

Staphylococcus aureus



Сарцины – кокки, соединенные в «пакеты» по 8, 16, 32, 64 клетки (р. *Sarcina*).



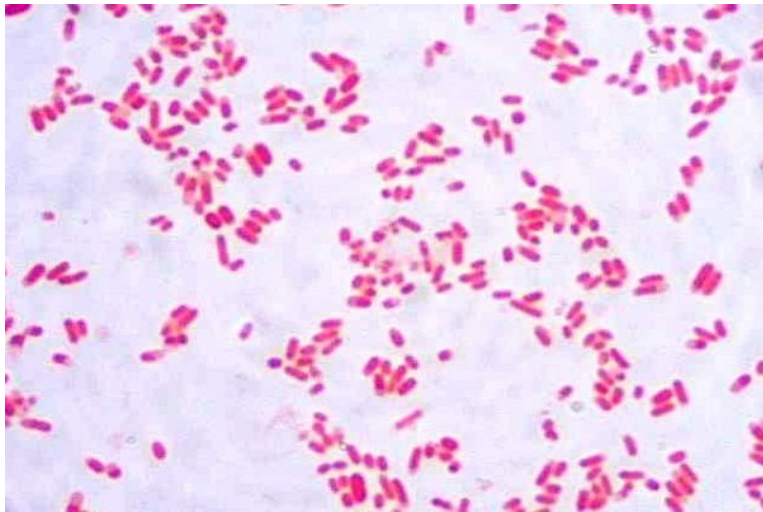
Палочковидные бактерии

Палочки – короткие и длинные, толстые и тонкие, одиночные, соединенные по 2 и в длинные цепочки.

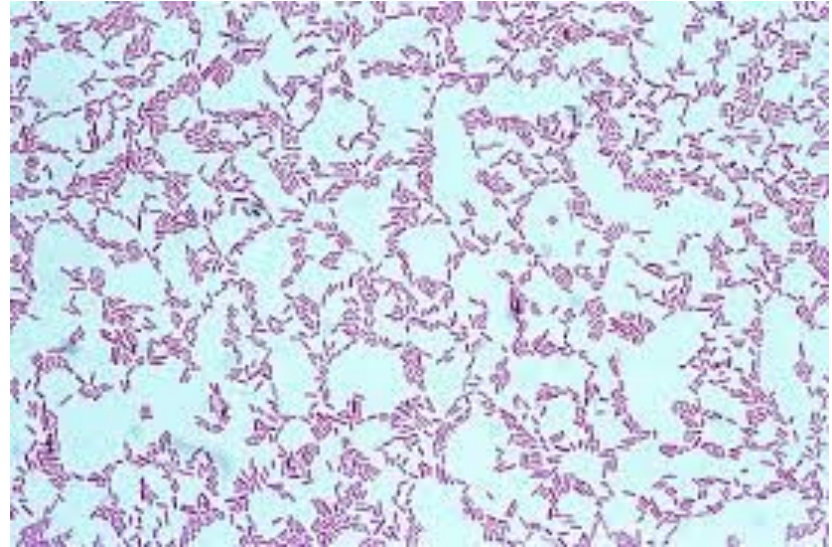


Неспорообразующие палочки

Escherichia coli



Pseudomonas aeruginosa



Спорообразующие палочки

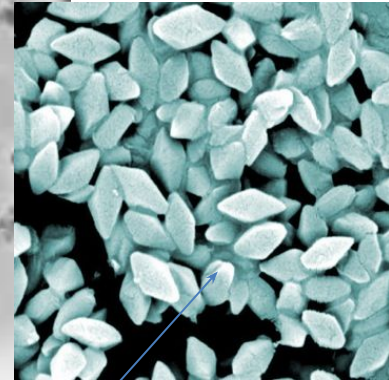
Bacillus anthracis

возбудитель сибирской

язвы



Bacillus thuringiensis



Кристаллы δ -
эндотоксина
Bacillus
thuringiensis



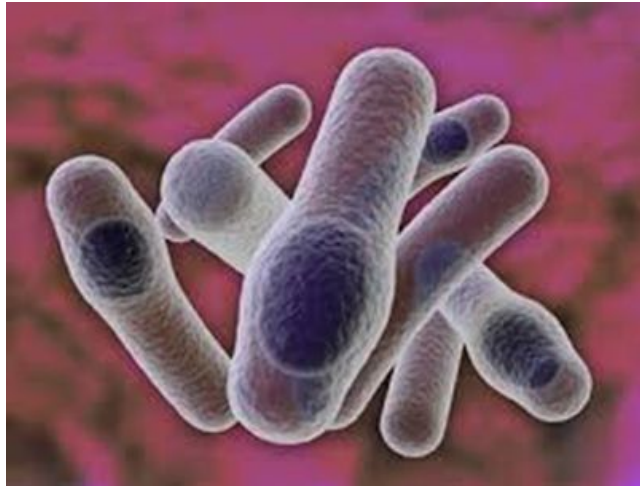
Типы спорообразования



Бациллярны
й



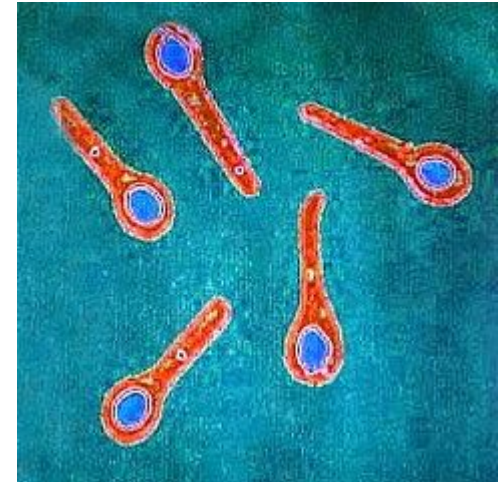
р. *Bacillus*
(аэробные
спорообразующи
е палочки)



Клостридиальн
ый



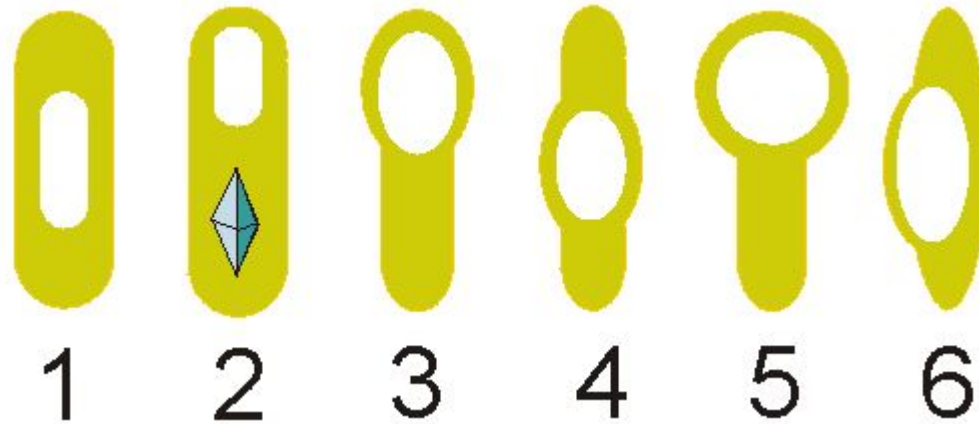
р. *Clostridium* (анаэробные
спорообразующие палочки)



Плектридиальн
ый



Расположение спор в клетке

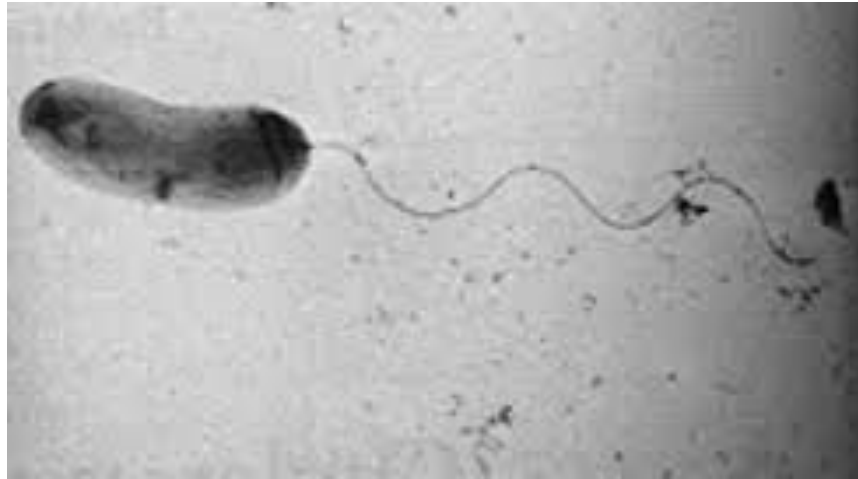


- Различное расположение эндоспор в материнской клетке: 1, 4 — центральное; 2, 3, 5 — терминальное; 6 — латеральное.

Извитые формы

Вибрионы (от лат. «vibrio» - изгибаюсь) – изогнутые палочки (форма «запятой») (р. *Vibrio*).

***Vibrio cholerae* – холерный вибрион**



Спириллы (от лат. «spira» - завиток) – клетки, имеющие 2-3 изгиба. Р. *Spirillum*.



Спирохеты – тонкие длинные клетки со множеством завитков и изгибов.

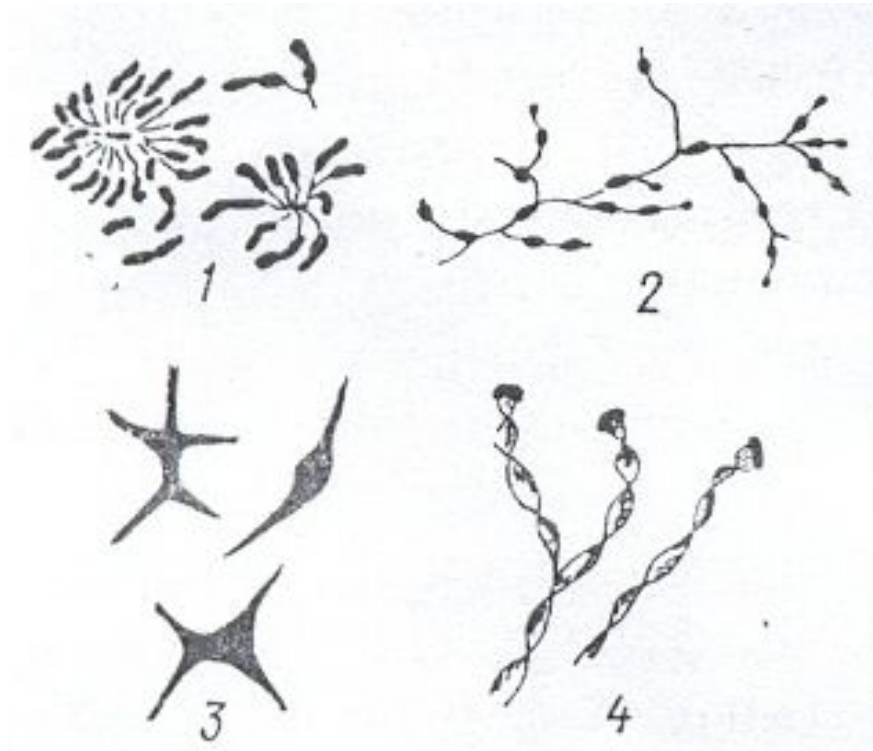
Treponema pallidum



Borrelia burgdorferi

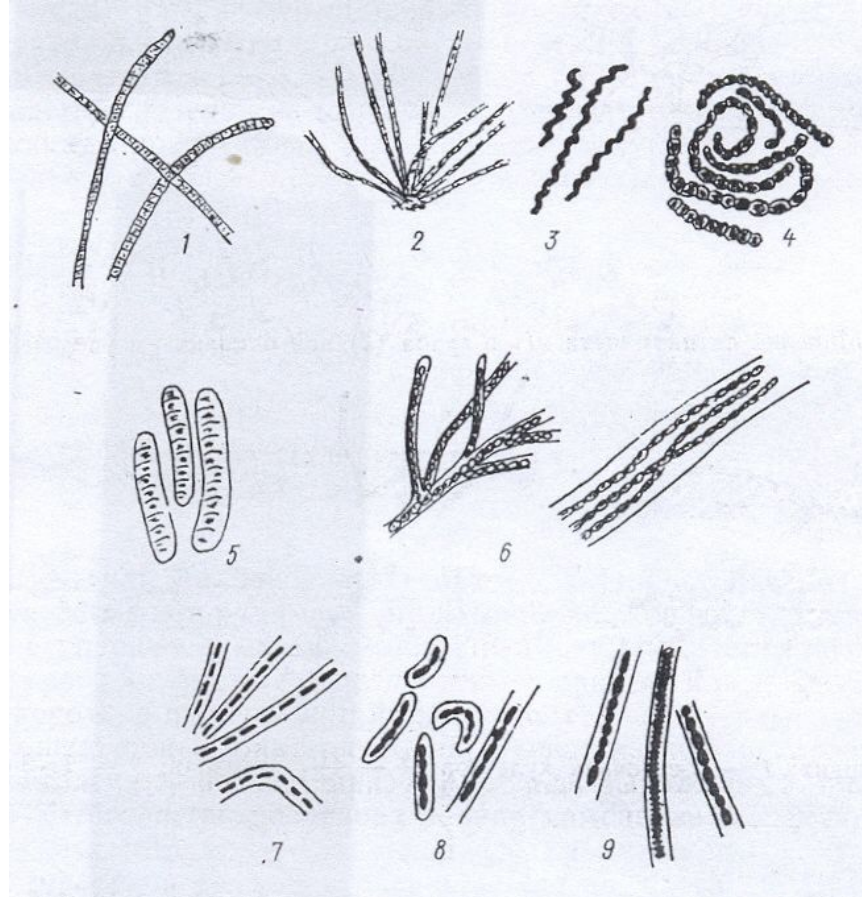


Бактерии, образующие простеки (выросты клетки) и стебельки (слизистые придатки клетки)



1 – *Caulobacter*; 2 – *Hyphomicrobium*; 3 – *Ancalomicrobium*; 4 – *Gallionella*

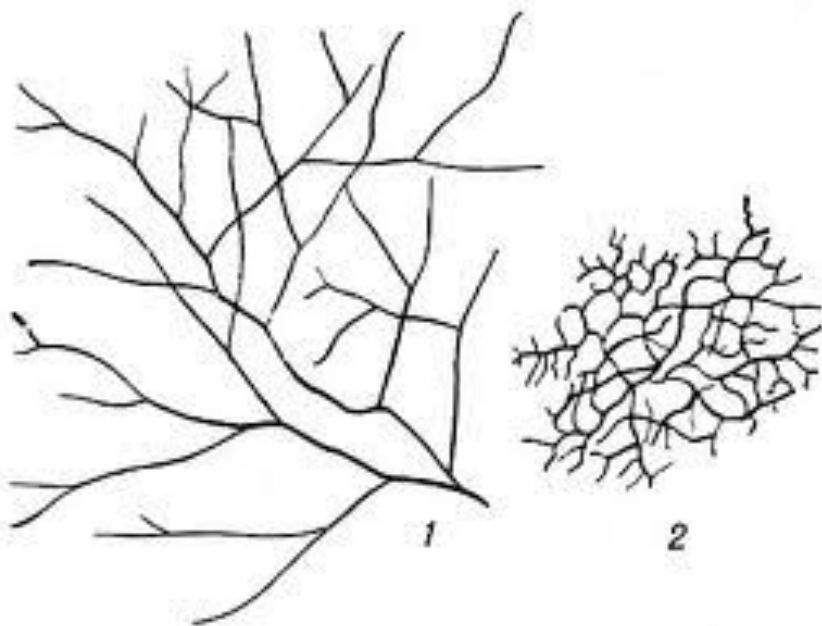
Нитчатые бактерии – клетки собраны в длинные нити, погруженные в общий слизистый чехол



1 - *Beggiatoa*; 2 - *Thiothrix*; 3 - *Saprospira*; 4 - *Simonsiella*; 5 - *Caryophanon*; 6 - цианобактерии класса *Hormogoneae*; 7 - *Leptothrix*; 8 - *Sphaerotilus*; 9 - *Crenothrix*

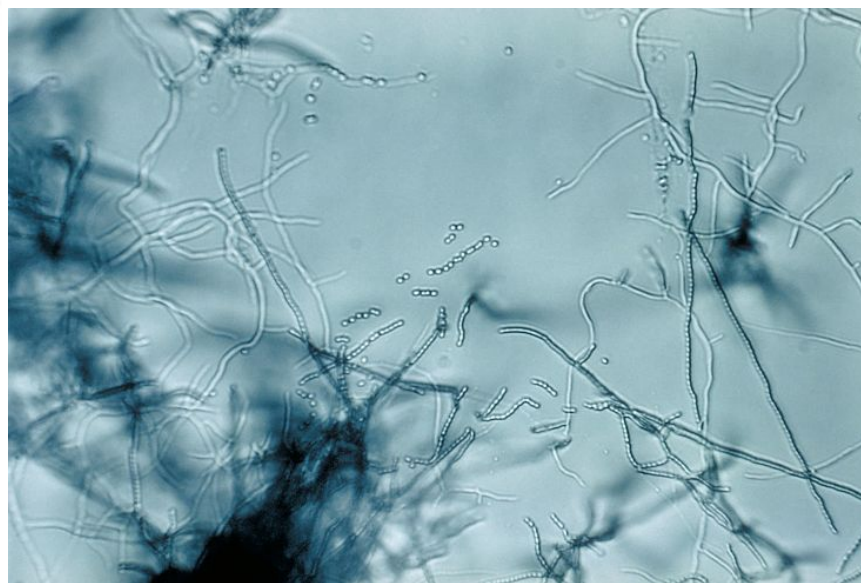
Ветвящиеся бактерии

Актиномицеты (р. *Streptomyces*)

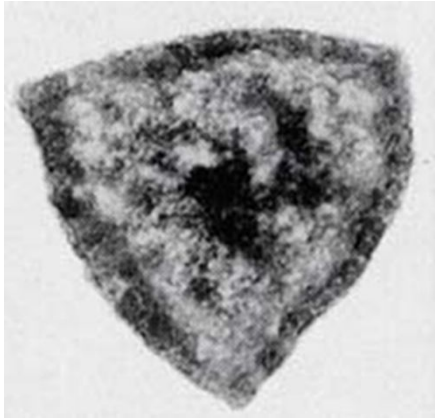


1 – клетка

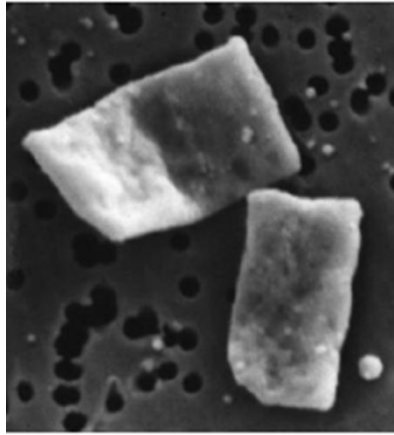
2 - мицелий



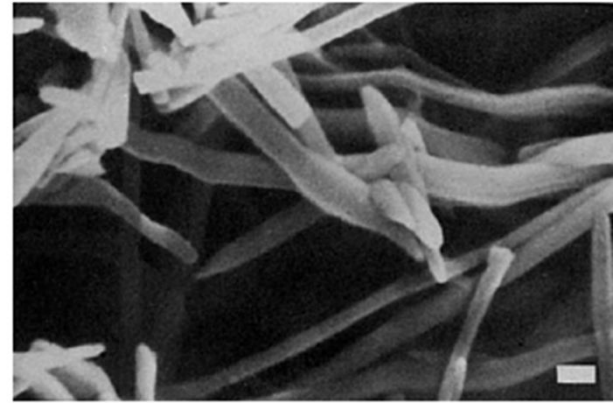
Другие формы клеток



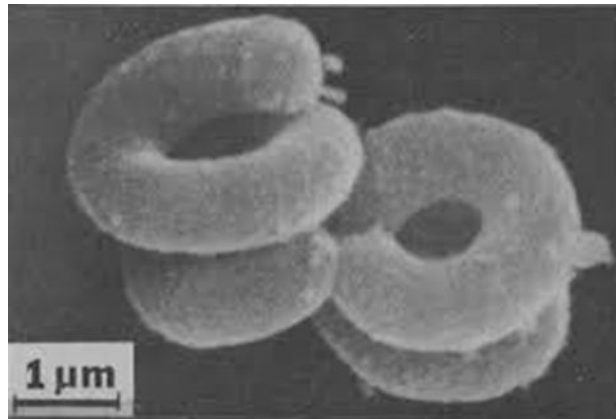
A



B



C



D

А – клетки треугольной формы, В – плоские прямоугольные клетки, С – лентовидные клетки, D – кольцевидные клетки, клетки в виде полукольца

Типы жгутикования



Моноплярный
монотрихальный
(р. *Vibrio*)



Моноплярный
политрихальный
(р. *Pseudomonas*)



Биплярный
политрихальный
(р. *Spirillum*)



Перитрихальный
(р. *Bacillus*,
Esherichia и др.)



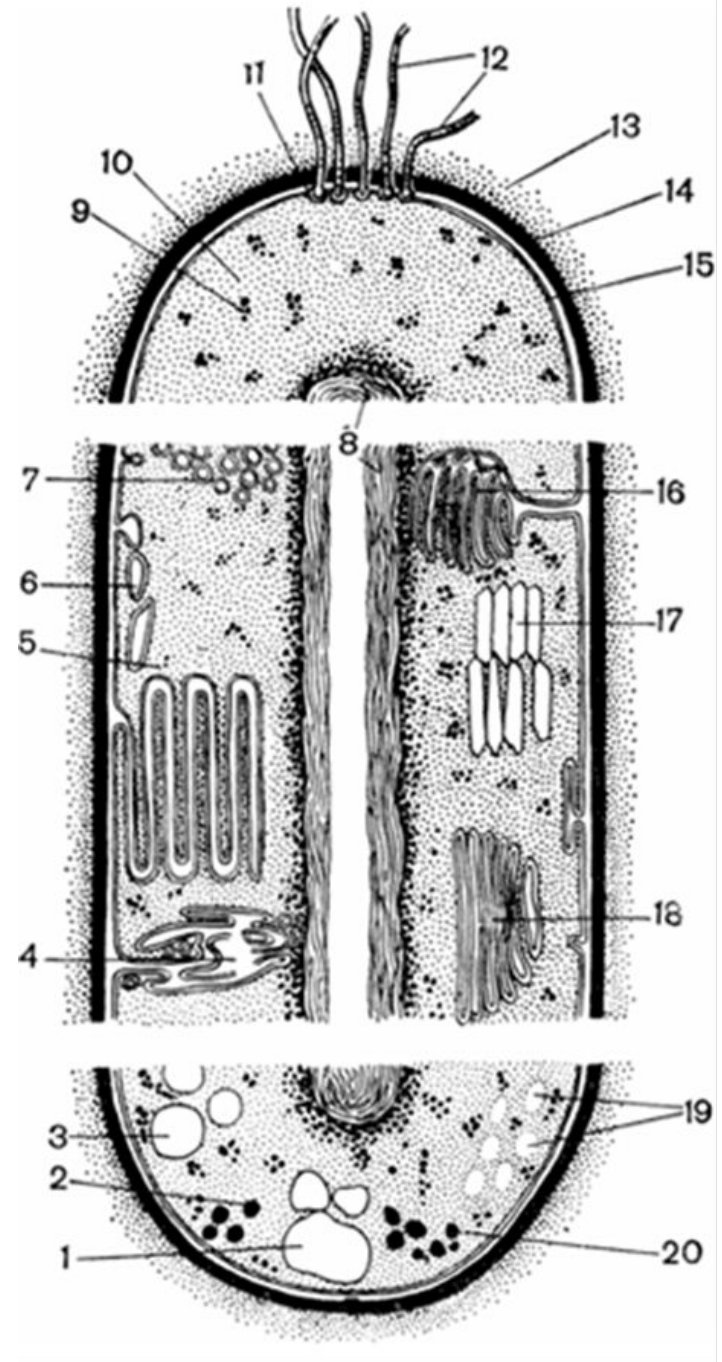
СТРОЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Вопросы:

- 1. Внутриклеточные структуры.**
- 2. Клеточная оболочка.**
- 3. Поверхностные структуры клетки.**
- 4. Типы движения прокариот и таксисы.**

- Клетка прокариот представлена одной полостью, образуемой ЦПМ.
- Нет вторичных полостей.
- Отсутствуют органеллы, типичные для эукариот.
- Функционально специализированные структуры (включения) окружены *неунитарными мембранами* (липидными, белковыми), или не имеют мембраны.

- 1 – гранулы поли- β -оксимасляной кислоты;
- 2 – жировые капельки; 3 – включения серы;
- 4 – трубчатые тилакоиды;
- 5 – пластинчатые тилакоиды;
- 6 – пузырьки; 7 – хроматофоры;
- 8 – нуклеоид; 9 – рибосомы;
- 10 – цитоплазма;
- 11 – базальное тельце; 12 – жгутики;
- 13 – капсула; 14 – клеточная стенка;
- 15 – цитоплазматическая мембрана;
- 16 – мезосома; 17 – аэросомы;
- 18 – ламеллярные структуры;
- 19 – гранулы полисахарида;
- 20 – гранулы полифосфата



Прокариотная клетка состоит из трех компартментов:

1. Поверхностные структуры - капсула, S-слой, жгутики, пили, адгезины.

2. Клеточная оболочка – клеточная стенка + ЦПМ.

3. Цитоплазма с внутриклеточными структурами.

1. Внутриклеточные структуры

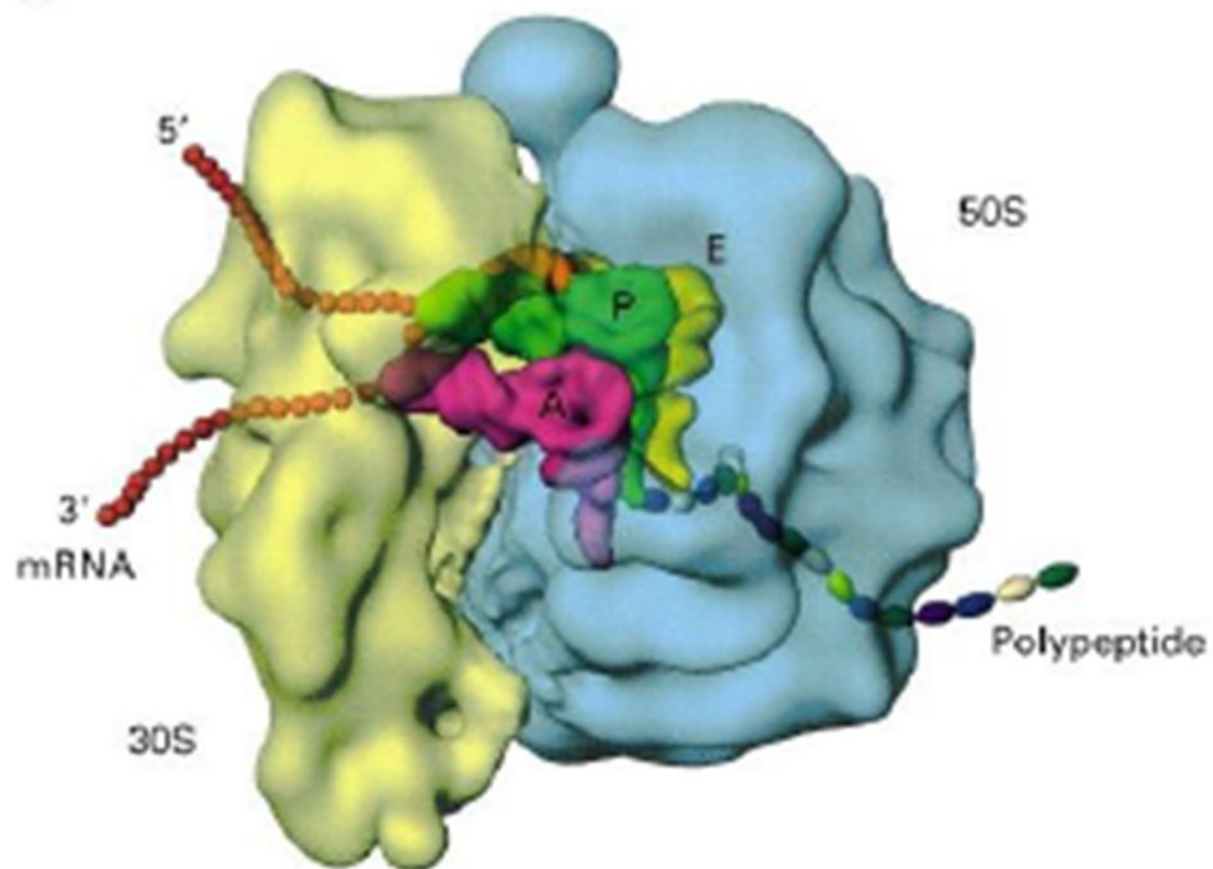
- Цитоплазма,
- рибосомы,
- генетический аппарат,
- включения,
- внутрицитоплазматические мембраны (ВЦМ).

Цитоплазма

- Цитоплазма – содержимое клетки, окруженное ЦПМ.
- **Коллоидная фаза цитоплазмы (цитозоль)** – растворимая фаза. Содержит белки, растворимые РНК, др. макромолекулы и неорг. в-ва.
- Другая часть цитоплазмы представлена разнообразными структурами: **рибосомы и т.д.**

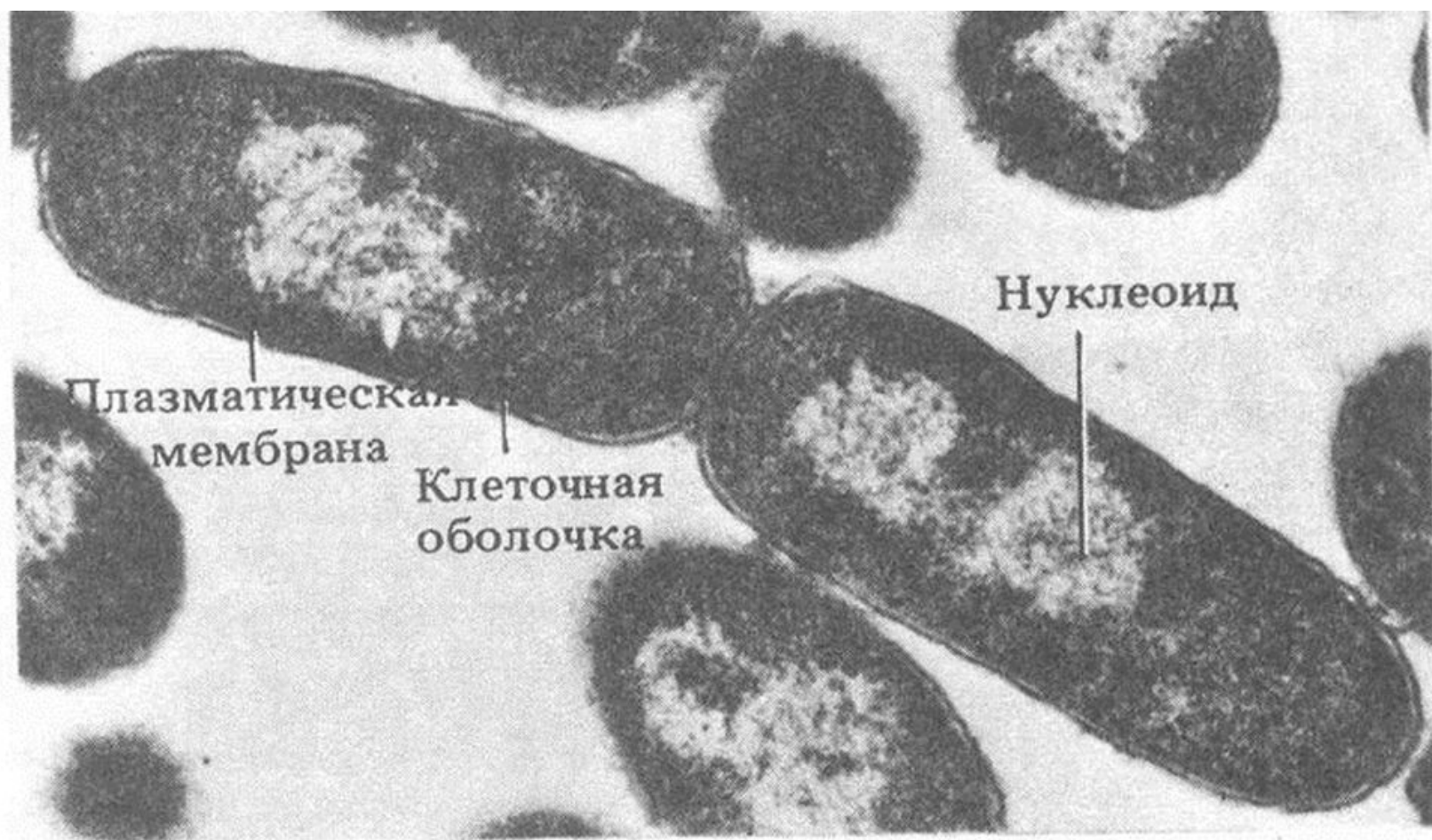
Рибосомы

- 70-S типа, размер - 15-20 нм.
- Состоят из двух субъединиц: **30 S** и **50 S**.
- Содержат **5S-**, **16S-** и **23S-р РНК** и **белки**.
- Располагаются в цитоплазме, организованы в виде **полисом**.
- Количество - от 20 до 10^4 .
- Служат местом синтеза белков.



Генетический аппарат

- Геном у прокариот представлен бактериальной хромосомой (БХ) и внехромосомными ДНК.
- Бактериальная клетка гаплоидна, имеет одну **БХ**.
- **БХ** - кольцевая молекула ДНК, упакована в виде суперспирализованных петель, связана с гистоноподобными белками.
- **БХ** не отделена от цитоплазмы ядерной мембраной; локализована в центральной области цитоплазмы.
- Генетический аппарат прокариот называют **нуклеоидом**.



Плазматическая
мембрана

Клеточная
оболочка

Нуклеоид

- **М. м. БХ – в среднем 10^{10} Да (5×10^6 пар оснований) ($1 \text{ Да} = 1,66033 \times 10^{-27}$ кг).**
- **Составляет 2-3 % сухой массы клетки (более 10 % по объему).**
- **Содержит до 4000 отдельных генов.**
- **Молярное содержание ГЦ-пар в ДНК - от 24 до 76 %.**

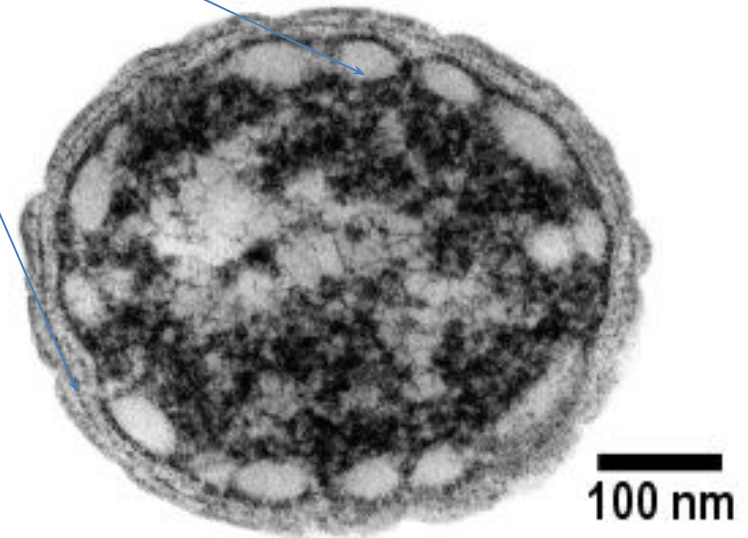
Внехромосомные молекулы ДНК:

- **Плазмиды** – кольцевые, реже, линейные фрагменты ДНК с м. м. 10^6 - 10^8 Да, располагаются в цитоплазме, несут 40 - 50 генов, которые кодируют факультативные для клетки свойства (устойчивость к антибиотикам, синтез токсинов и т.д.).
- **Транспозоны** - мобильные сегменты ДНК, способные осуществлять собственный перенос (транспозицию) из одного сайта хромосомы в другой или в плазмиду.

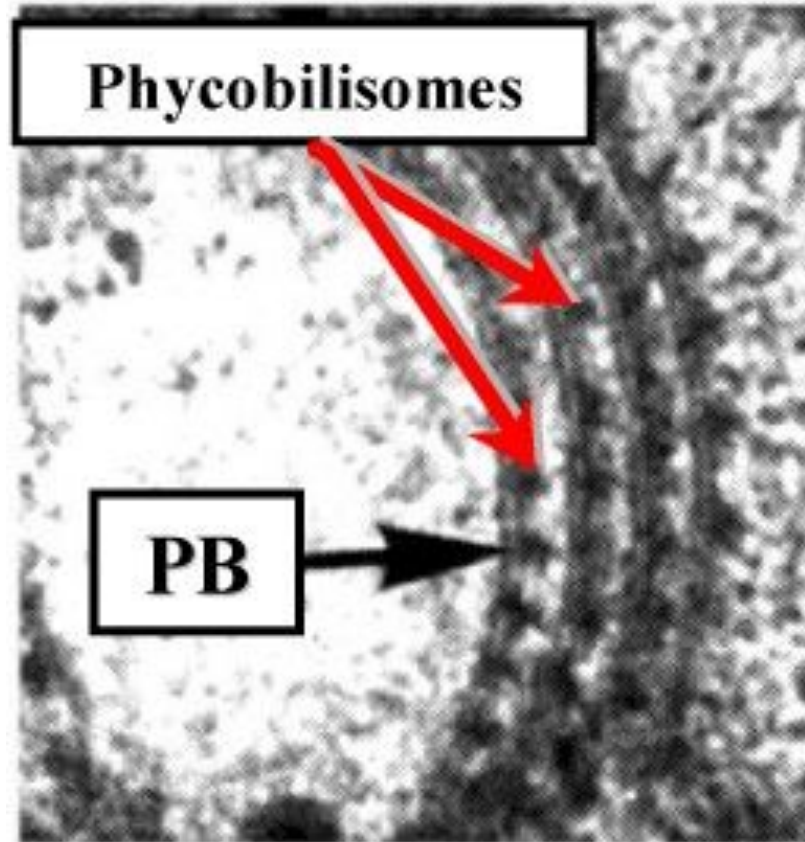
ВКЛЮЧЕНИЯ

1) Активно функционирующие структуры:

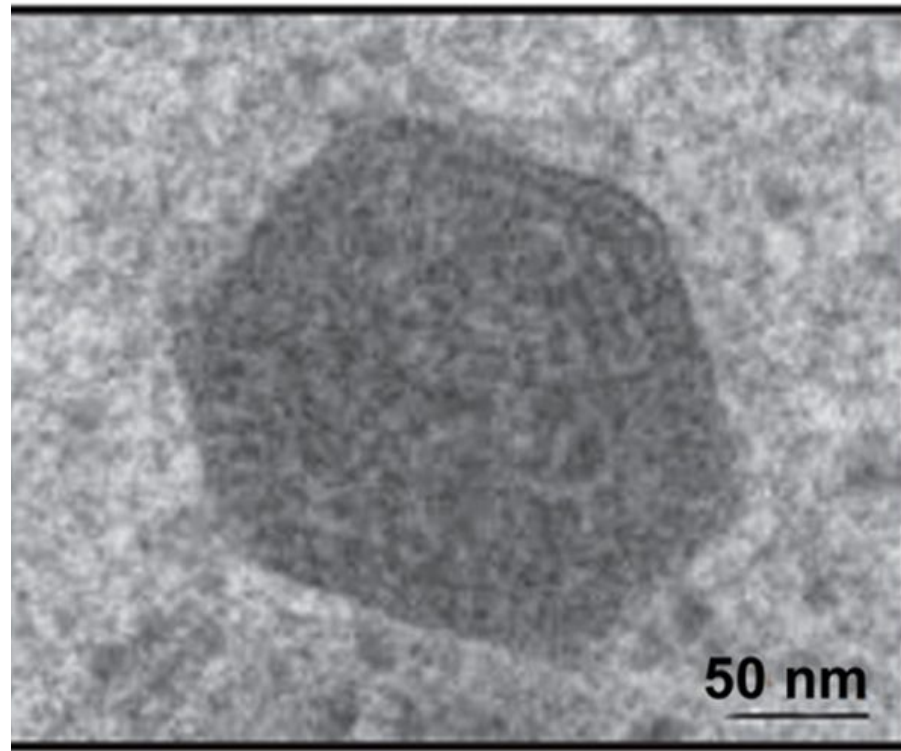
- Хлоросомы (у зеленых бактерий) – продолговатые пузырьки, окруженные липидной мембраной, располагаются вблизи ЦПМ, содержат бактериохлорофиллы.



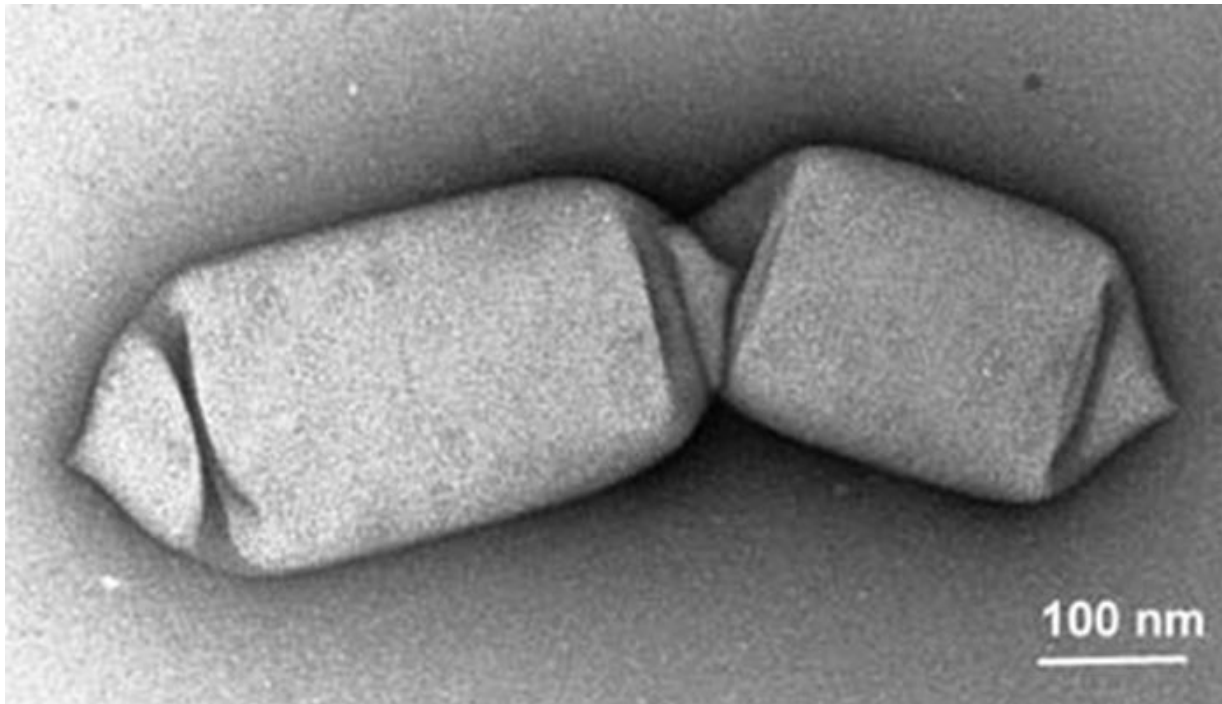
- **Фикобилисомы** (у цианобактерий) - гранулы размером 28-55 нм, располагаются на фотосинтетических мембранах, содержат фикобилипротеины.



- **Карбоксисомы** - у фототрофных и хемолитотрофных бактерий, фиксирующих CO_2 . Форма - многогранник. Состоят из рибулозо-1,5-бифосфат-карбоксилазы.



- **Аэросомы (газовые везикулы)** – у водных бактерий – состоят из газовых пузырьков, которые окружены белковой мембраной; обеспечивают плавучесть.



- **Магнетосомы** (у магнитных бактерий) состоят из магнетита Fe_2O_3 , определяют магнитотаксис.



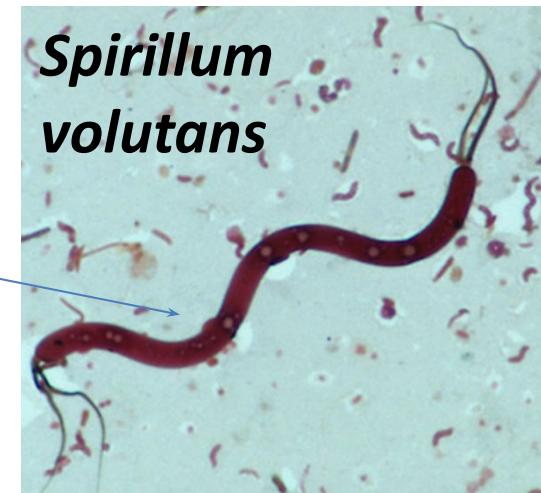
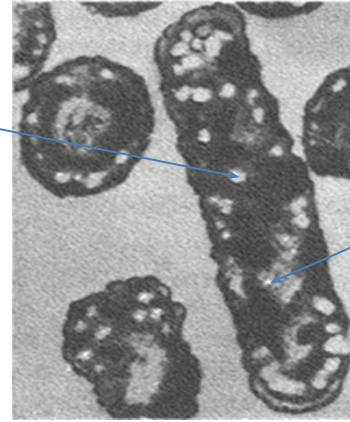
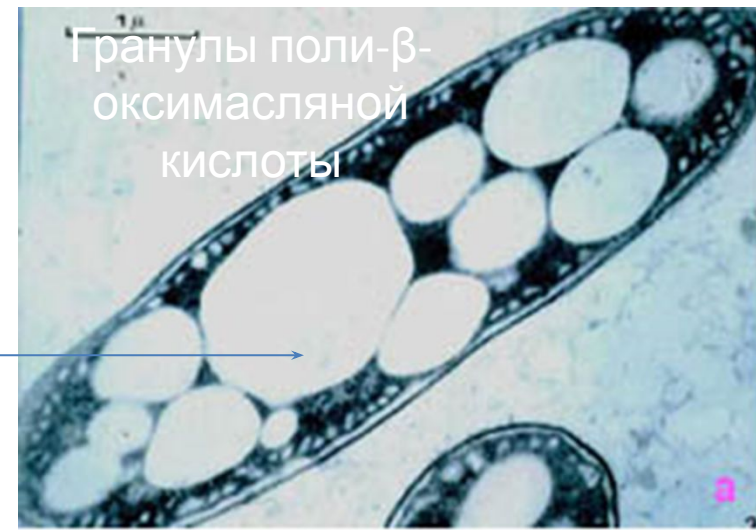
2) Запасные вещества

используются как источник углерода, азота, фосфора и энергии

Липиды – в виде гранул, преломляющих свет.

Полисахариды – гликоген, крахмал, гранулеза.

Полифосфаты – содержатся в гранулах (волютиновые зерна).

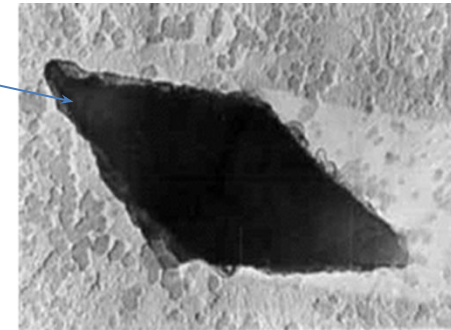
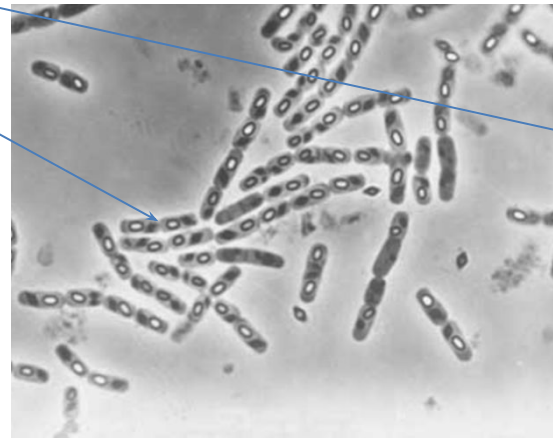


Сера (у серных бактерий) - в виде глобул.

Белки (цианофицин) – у цианобактерий.



Белковые включения
***Vacillus thuringiensis* - δ -**
ЭНДОТОКСИН, активный
против личинок
чешуекрылых.



Bacillus thuringiensis используется для борьбы с вредными насекомыми

ЛЕПИДОЦИД 2009

Достоинства Лепидоцида:

- Обладает широким спектром действия в отношении вредных чешуекрылых
- Высокоэкологичен: в рекомендуемых нормах не токсичен для млекопитающих, птиц, рыб, полезной энтомофауны и для окружающей среды
- Не образует токсичных соединений в воздушной среде, сточных водах, не приводит к санитарно-опасным загрязнениям почвы.
- Не обладает фитотоксичностью, не ухудшает органолептических свойств сельскохозяйственной продукции, её пищевую и биологическую ценность
- Может применяться в любую фазу развития растений
- Не вызывает формирования резистентности у вредителей, в результате чего норма препарата при

ЛЕПИДОЦИД
биологический инсектицидный препарат, предназначен для защиты растений от гусениц чешуекрылых насекомых, в числе которых луговой мотылек, карусая и репная белянки, боярышница, совки, моли, огневки.



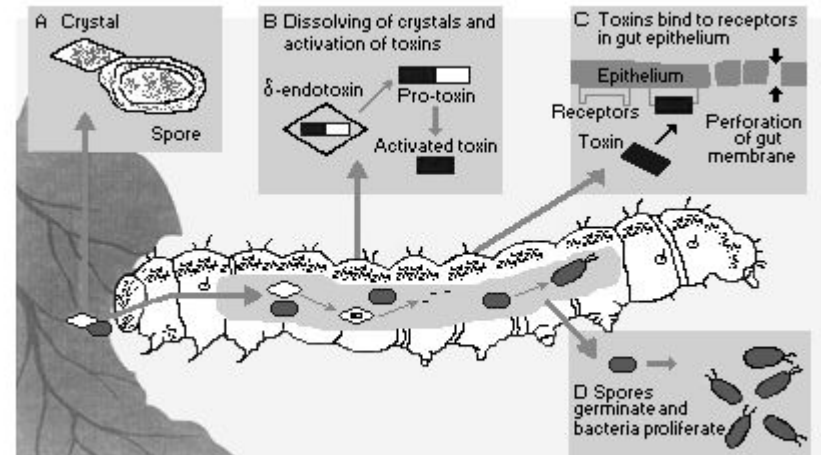
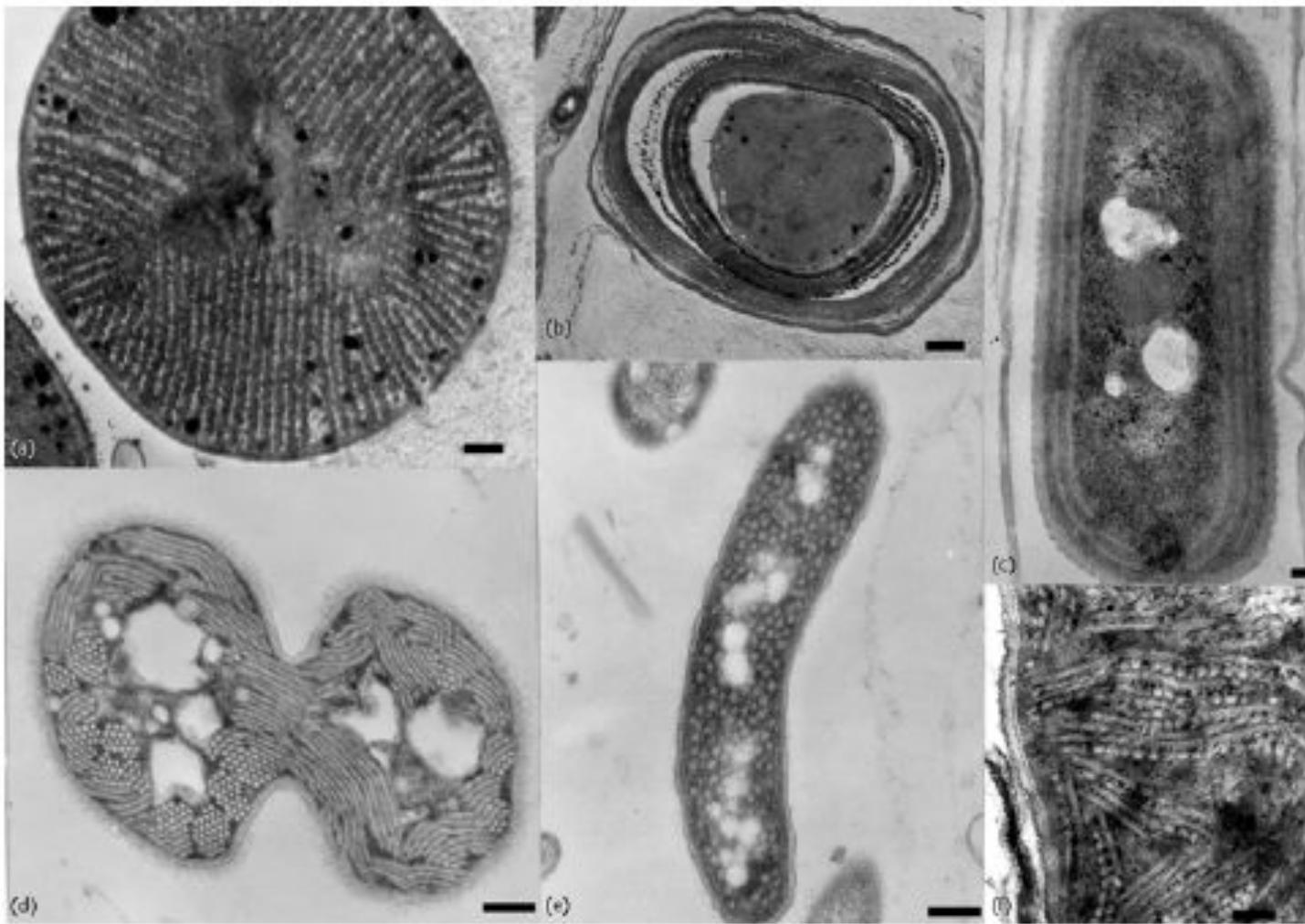


Fig. 1. Mechanism of toxicity of Bt



Внутрицитоплазматические мембраны (ВЦМ)

- **ВЦМ** образуются в результате локальной инвагинации ЦПМ в цитоплазму и ее разрастания, сохраняют связь с ЦПМ.
- По строению и составу ВЦМ сходны с ЦПМ.
- ВЦМ увеличивают площадь поверхности ЦПМ.
- Имеются у фототрофных бактерий и некоторых хемотрофных бактерий (метанотрофных) с высокой интенсивностью дыхания.
- **Основная функция – ассимиляция**



а); в); с) – тилакоиды цианобактерий;
d) – тубулярные ВЦМ у *Thiocapsa* sp. (пурпурная бактерия);
е) – везикулярные ВЦМ;
f) – ламеллярные ВЦМ.

2. Клеточная оболочка

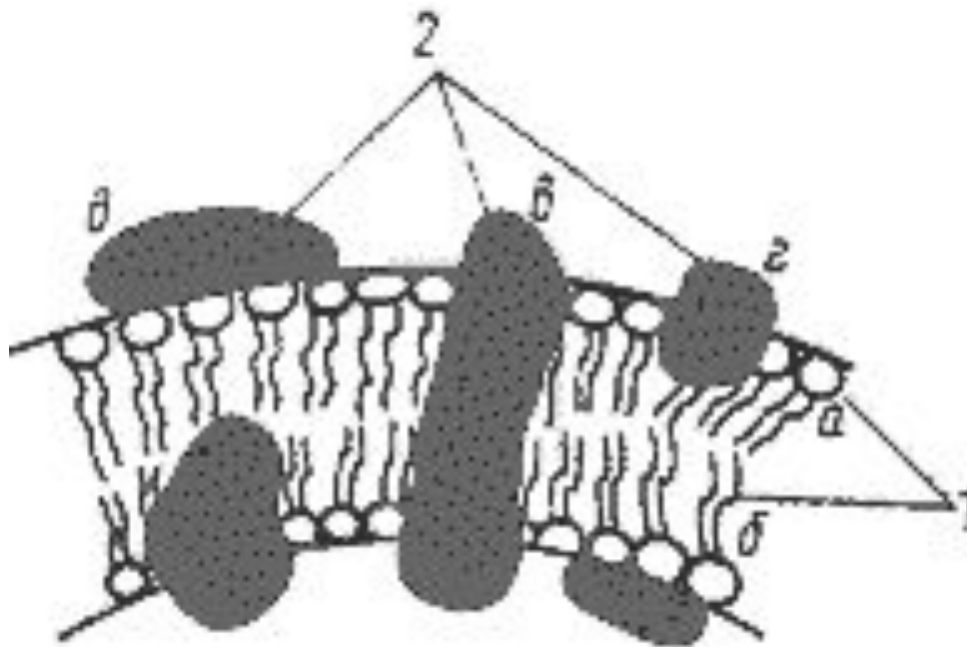
ЦПМ

- **Химический состав:**

- белки – 50 - 75 %,
- липиды – 15 - 45 %,
- углеводы – ~1 %.

Структура мембраны

ЦПМ имеет бислойную структуру, сформированную *фосфолипидами*, связанными с белками.



Модель строения элементарной биологической мембраны:

- 1 — молекулы липидов: а — гидрофильная "голова"; б — гидрофобный "хвост";
- 2 — молекулы белков: в — интегральная; г — периферическая; д — поверхностная.

Мембраны архей

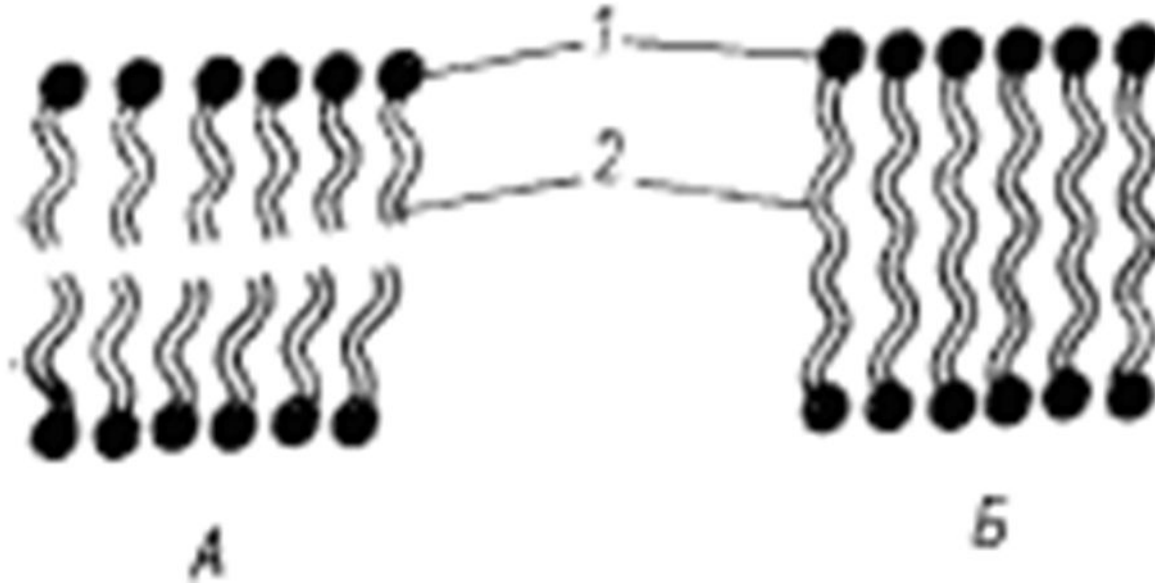


Схема **бислойной** и **монослойной** мембран архей, образованных ди- (А) и тетраэфирами (Б) глицерина: 1 — молекула глицерина; 2 — углеводородные цепи разной длины.

Функции ЦПМ

1. **Барьерная.**
2. **Транспортная.**
3. **Осмотическая.**
4. **Метаболическая** (участвует в энергетических процессах, в ЦПМ прокариот локализованы дыхательные, фотосинтетические электрон-транспортные цепи).
5. **Сенсорная.**
6. **Репродуктивная** (участвует в процессе деления клетки).

Клеточная стенка (КС)

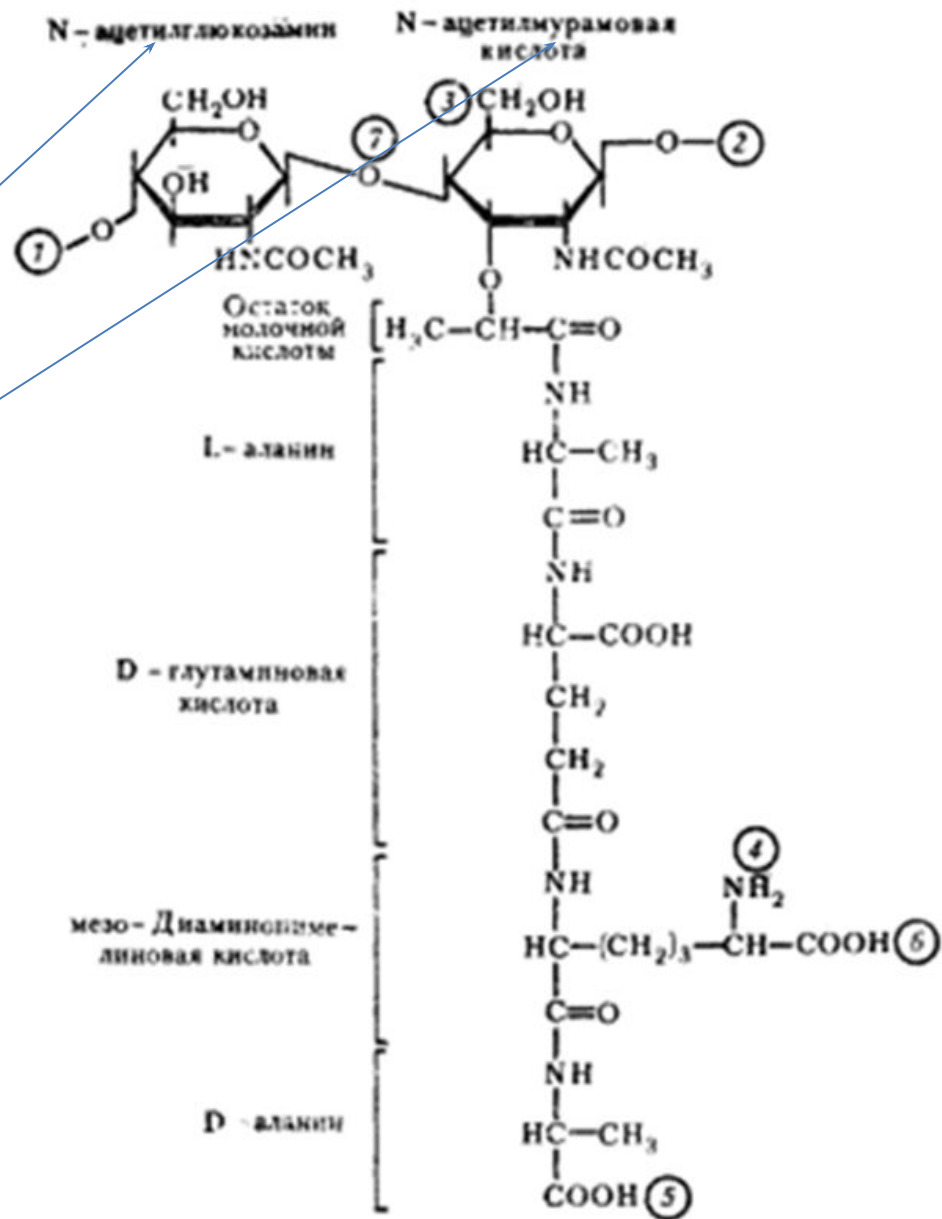
- **КС** – обязательный структурный элемент, придает клеткам форму.
- **КС** отсутствует у микоплазм и L-форм.
- При воздействии лизоцима получают:
 - ✓ **протопласты** – у них отсутствует **КС** (у грам (+) бактерий);
 - ✓ **сферопласты** – у них частично разрушенная **КС** (у грам(-) бактерий).

Пептидогликан (мурейн)

– специфический гетерополимер **КС** бактерий, отсутствует у эукариот.

Построен из чередующихся остатков ***N*-ацетилглюкозамина** и ***N*-ацетилмурамовой кислоты**, соединенных между собой **β -1,4-гликозидными связями**.

К ***N*-ацетилмурамовой кислоте** присоединен **пептидный хвост**, состоящий из 4-5 аминокислот (***D*-глутаминовая**, глицин, ***D*-аланин** и др.).



Пептидогликан – линейный полимер, его молекулы образуют сеть из параллельно расположенных полисахаридных цепей, соединенных пептидными хвостами. Обладает прочностью и упругостью.

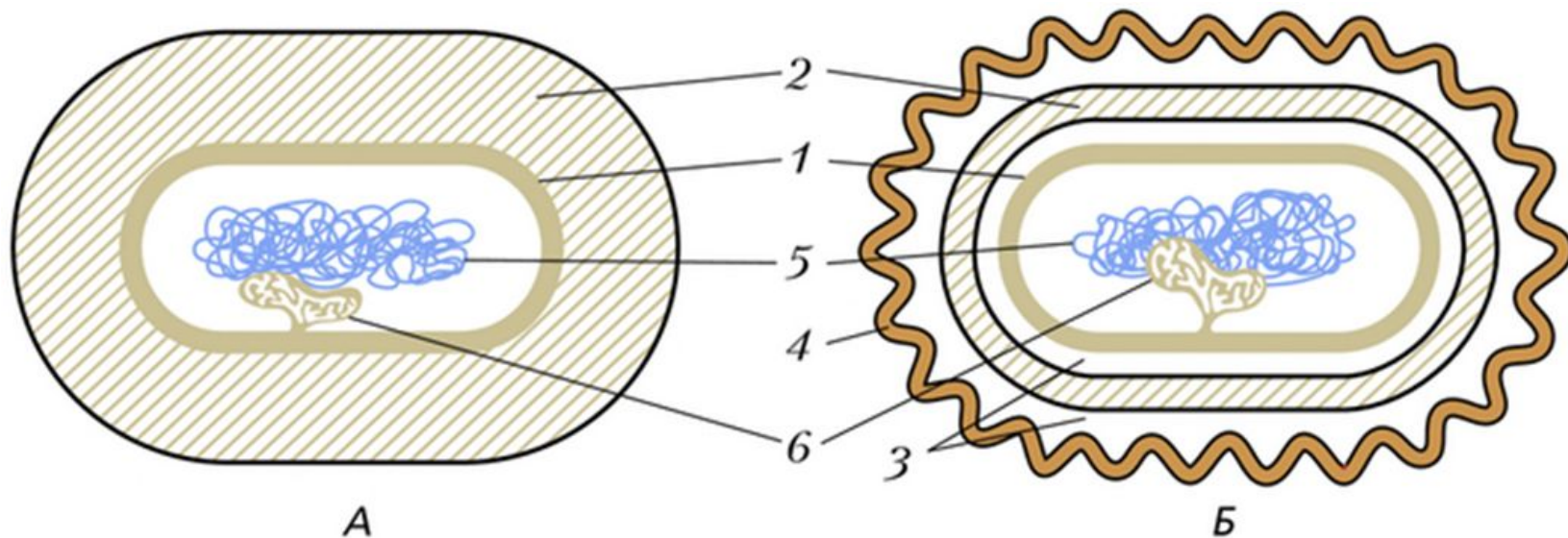


Г - N-ацетилглюкозамин;

М - N-ацетилмурамовая кислота

- Прокариоты в зависимости от структуры и химического состава клеточной стенки делят на две группы: **грам(+)** и **грам(-)**.
- Дифференциальная окраска бактерий предложена датским ученым Грамом в 1884 г.
- Окраска по Граму – признак видоспецифичный, используется для определения вида бактерий.
- Окрашивают только односуточные культуры.

Строение клеточной стенки грам(+) и грам (-) бактерий



Схематическое строение клеточной стенки грам(+) (А) и грам(-) (Б) бактерий: 1 – ЦПМ; 2 – пептидогликан; 3 – периплазматическое пространство; 4 – наружная мембрана; 5 – нуклеоид

КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА ГРАМ(+) БАКТЕРИЙ

Химический состав

- ✓ пептидогликан (п/гл) – 40-90 %,
- ✓ тейхоевые кислоты (полимеры из 8-50 остатков глицерина или рибита).
- ✓ тейхуроновые кислоты,
- ✓ липотейхоевые кислоты,
- ✓ полисахариды, белки, липиды.

Структура

Толщина КС - 20-80 нм (~40 молекул п/гл), плотно прилегает к ЦПМ, имеет поры диаметром 1-6 нм. **Тейхоевые кислоты** пронизывают п/гл слой, достигают поверхности **КС** и являются **антигенами**. **Белки** располагаются на поверхности островками или формируют монослой – **S-слой**.

ГРАМ(+) БАКТЕРИИ:

- р. *Bacillus* – *B. anthracis* (возбудитель сибирской язвы), *B. thuringiensis* (поражает насекомых), *B. mesentericus* (картофельная палочка, сапрофит) и др.
- р. *Clostridium* – *C. tetani* (возбудитель столбняка), *C. botulinum* (возбудитель ботулизма) и др.
- *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк)
- *Streptococcus pyogenes* (возбудитель тонзилита) и др.

КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА ГРАМ(-) БАКТЕРИЙ

Химический состав

пептидогликан
(п/гл) –
1 - 10 %,
липополисахариды,
фосфолипиды,
белки,
полисахариды,
липопротеины.

Структура

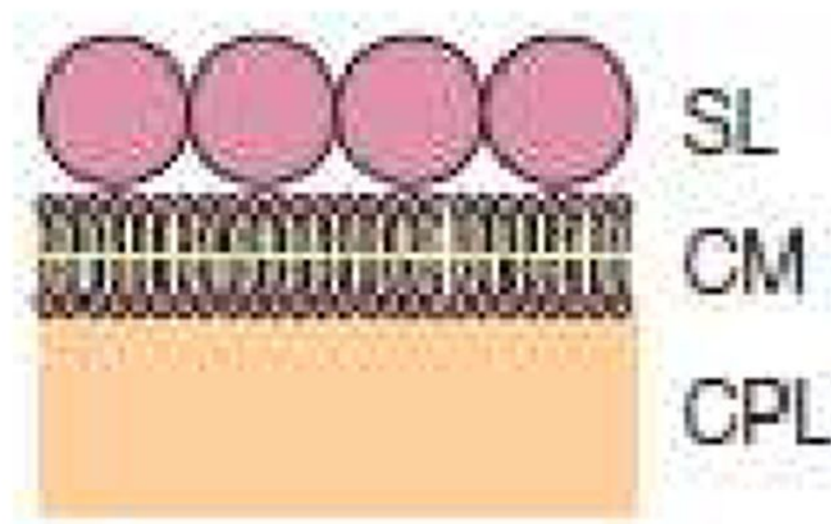
В КС имеется **наружная мембрана (НМ)**.
Между **ЦПМ** и **НМ** – **периплазматическое п-во**, в котором находится **п/гл слой**.
На пов-ти **НМ: липолисахариды** – **антигены**.
В НМ - белки-порины, образуют каналы для переноса малых молекул; **белки-переносчики** и **белки-рецепторы**.
В периплазме - транспортные белки и **ферменты-гидролазы** (протеазы, липазы и др.).

ГРАМ(-) БАКТЕРИИ:

- *Escherichia coli*
- *Pseudomonas aeruginosa* – синегнойная палочка
- *Neisseria gonorrhoeae* - возбудитель гонореи
- *Neisseria meningitidis* – возбудитель менингита
- *Vibrio cholerae* – холерный вибрион и др.

• У архей КС трех типов:

1. Состоящие из псевдомуреина - грам (+).
2. Состоящие из гетерополисахарида - грам (+).
3. Белковые клеточные стенки – грам(-).



Функции клеточной стенки

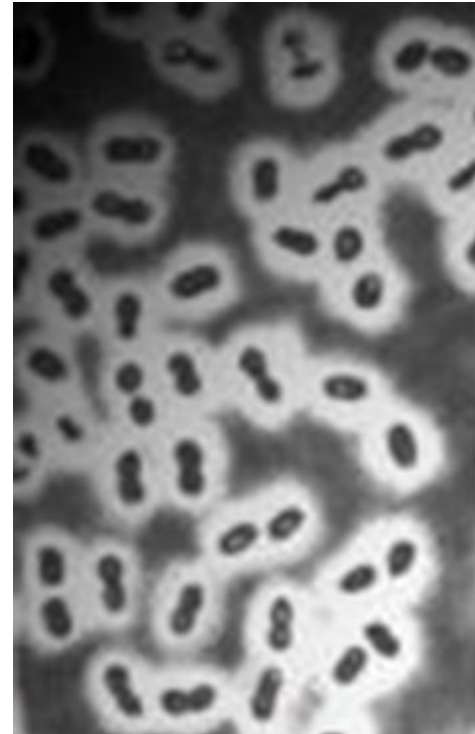
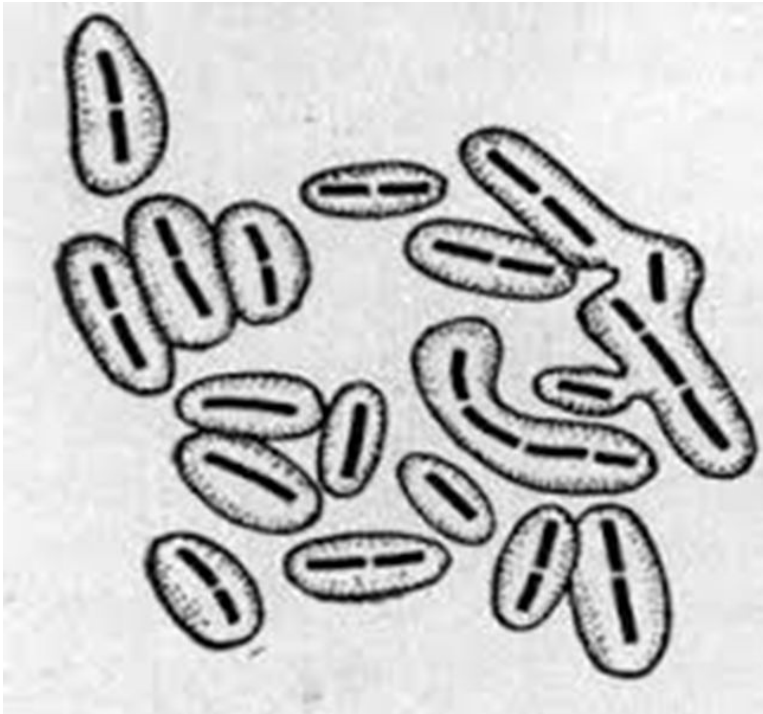
прокариот:

1. Придает клеткам определенную форму.
2. Механическая.
3. Осмотическая.
3. Транспортная.
4. На поверхности КС – рецепторы для бактериофагов, антигены.

3. Поверхностные структуры клетки

- Капсула - слизистое образование, располагается поверх клеточной стенки, сохраняет связь с клеткой:
 - ✓ микрокапсула – ее толщина $< 0,2$ мкм.
 - ✓ макрокапсула – ее толщина $> 0,2$ мкм.
- Капсула состоит из **полисахаридов** и воды, у стрептококков из белка, у некоторых бацилл из полипептидов.

Капсулы бактерий



- **Слизистые слои** – имеют аморфное строение, легко отделяются от клетки.
- У роящихся клеток (*Mухососсис*), слизь способствует передвижению колонии.
- **Слизистые чехлы** (у нитчатых бактерий) – полые трубки, состоящие из гетерополисахарида.
- **Основные функции** капсул и др. слиз. обр.:
 - защитная,
 - источник запасных питательных веществ,
 - у патогенных бактерий капсула - фактор патогенности.

Жгутики

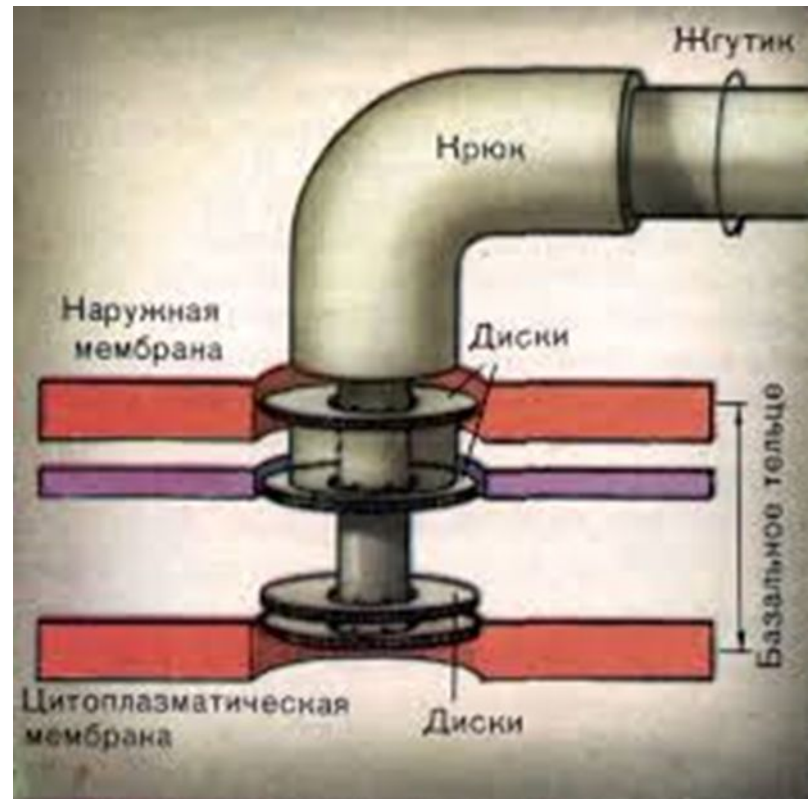
Имеются у подвижных бактерий.

Жгутик состоит из 3 компонентов:

□ Длинная спиральная нить – **фибрилла** из белка **флагеллина** (длина 12-20 мкм, толщину – 10-20 нм).

□ **Крюк** - состоит из белка и обеспечивает гибкое соединение нити с базальным телом.

□ **Базальное тело** - вмонтировано в ЦПМ и клеточную стенку. Состоит из белков, образующих системы колец.



- У грам(+) – М- и S-кольцо:

- ✓ М-кольцо в ЦПМ,
- ✓ S- - в пептидогликановом слое клеточной стенки.

- У грам(-) – 4 кольца:

- ✓ М-кольцо – в ЦПМ;
- ✓ S- - в периплазматическом пространстве;
- ✓ Р- - в пептидогликановом слое;
- ✓ L- - в наружной мембране.

- Движущей силой вращения колец служит протонный градиент.
- При вращении колец их движение сообщается связанной с ним жгутиковой нити.
- Скорость передвижения *Vibrio cholerae* в жидкой среде 12 мм/мин; *Bacillus mesentericus* – 1,6 мм/мин.

Микроворсинки (фимбрии, пили)

- Это нитевидные клеточные придатки диаметром 3-10 нм, длиной - 0,2-2 мкм; состоят из **белка пилина**.
- Располагаются по поверхности клетки; начинаются на ЦПМ, пронизывают клеточную стенку.
- Обыкновенные пили (служат для прикрепления клеток к субстрату).
- F-пили - половые пили (участвуют в конъюгации бактерий).

Пили



4. Типы движения прокариот и таксисы

Типы движения:

1. **Плавание** – передвижение бактерий при помощи жгутиков в жидкой среде (*E. coli* и др.).
2. **«Роевание»** - передвижение в виде роя клеток по плотным поверхностям при помощи жгутиков. У протеев.
3. **Скольжение** – перемещение бактерий по твердым поверхностям за счет слизи (у миксобактерий).

4. **Подтягивающее движение** - движение по твердой поверхности с участием пили особого типа, располагающихся на полюсах клетки. У бактерий, образующих биопленки.

5. **Движение спирохет** – у них имеется наружный чехол, который окружает протоцитоплазматический цилиндр (ПЦ). В ПЦ находятся ***аксиальные фибриллы***, за счет вращения которых осуществляется волнообразное перемещение спирохет.

Таксисы

- 1. Хемотаксис** – движение бактерий в определенном направлении относительно источника химического соединения - **эффектора**: 1) **аттрактанты** – соединения, привлекающие бактерий и 2) **репелленты** – отпугивающие бактерий.
- 2. Аэротаксис** – связан с разницей содержания кислорода в среде.
- 3. Фототаксис** – движение определяется различием в интенсивности освещения. У фототрофных бактерий.
- 4. Термотаксис** – обеспечивается разницей t .

5. Магнитотаксис – у магнитобактерий, содержат магнетосомы, движение определяется силовыми линиями магнитного поля Земли.

6. Вискозитаксис – реакция бактерий на изменение вязкости раствора.

7. Тигмотаксис – реакция на механическое воздействие.

8. Гальванотаксис – реакция на изменение силы электрического тока.

9. Осмотаксис – реакция на изменение осмомолярности.

**МОРФОЛОГИЧЕСКИ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ
КЛЕТКИ ПРОКАРИОТ (МДК)**

Вопросы:

1. Цисты и акинеты.
2. Эндоспоры бактерий.
3. Экзоспоры бактерий и актиномицетов.

- **Вегетативные клетки многих прокариот при определенных условиях дают начало структурам, которые морфологически отличаются от исходных.**
- **Их называют морфологически дифференцированными клетками (МДК).**
- **В большинстве случаев МДК служат для выживания.**
- **Такая дифференцировка генетически запрограммирована и реализуется в процессе развития клетки**

К МДК прокариот относятся:

- Покоящиеся формы – эндоспоры грам(+) бактерий, цисты, акинеты цианобактерий, экзоспоры некоторых бактерий, экзоспоры и эндоспоры актиномицетов.
- МДК, служащие для размножения, – гормогонии и бaeоцисты у цианобактерий.
- МДК, связанные с осуществлением процесса азотфиксации – бактериоиды клубеньковых бактерий и гетероцисты цианобактерий.

1. Цисты и акинеты

- **Цисты** образуются у миксобактерий, азотобактера, риккетсий и др.
- У *Azotobacter* цисты округлой формы, имеют экзину (внешний слой) и интину (внутренний слой) по отношению к клеточной стенке.
- В цистах мало свободной воды, повышенное содержание липидов, метаболизм заторможен.

- **Устойчивость:**

к механическим воздействиям,
к высушиванию,
к лизоциму,
к повышенной температуре
(до +60 °С).



ПОЛИ- β -ОКСИМАЛЕИНАЯ КИСЛОТА
Циста *Azotobacter* (Увел. $\times 35000$)

Акинеты цианобактерий

- Акинеты крупнее вегетативных клеток, продолговатой или сферической формы, с толстой клеточной оболочкой.
- Содержат меньше воды, повышается кол-во ДНК, рибосом, уменьшается кол-во хлорофилла и фикобилипротеинов; запасные в-ва: цианофицин, волютин.
- Скорость фотосинтеза снижена, а интенсивность дыхания выше.
- Устойчивы к высушиванию и пониженной температуре (до +4 °С).
- Чувствительны к повышению температуры (+ 40 °С).



Акинета

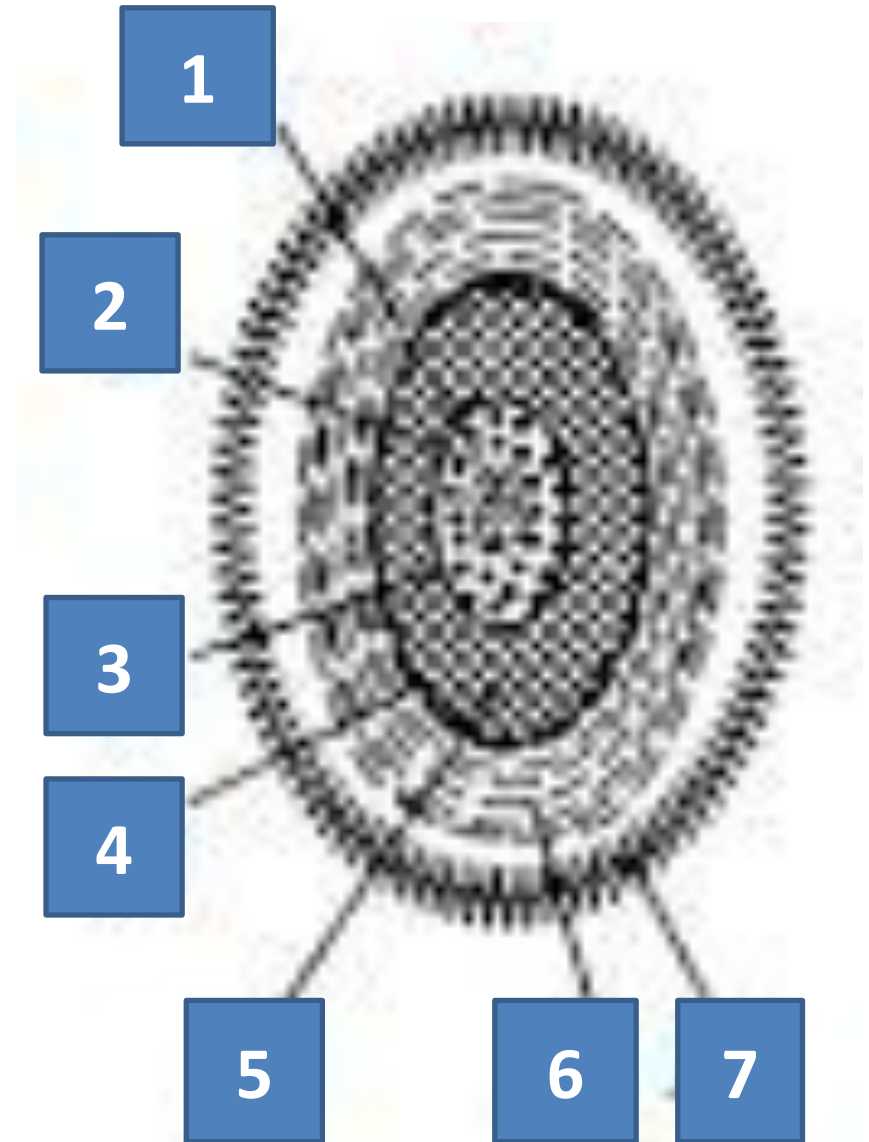
Видны гранулы цианофицина (белок), зерна волютина (полифосфаты) – запасные питательные вещества.

2. Эндоспоры бактерий

- **Бактериальные эндоспоры** – особый тип покоящихся клеток в основном Грам(+) бактерий.
- Формируются эндогенно, т.е. внутри материнской клетки.
- Обладают сложной споровой оболочкой.
- Устойчивы к высоким температурам, радиации и др. факторам.
- Образуются при неблагоприятных условиях среды, служат для выживания.
- Не служат для размножения.

Строение бактериальной эндоспоры

- 1 — нуклеоид;
- 2 — цитоплазма;
- 3 — внутренняя мембрана споры;
- 4 — наружная мембрана споры;
- 5 — кортекс;
- 6 — споровые покровы;
- 7 — экзоспориум.



Химический состав эндоспор

- **Белки эндоспор богаты цистеином и гидрофобными аминокислотами.**
- **Содержание ДНК ниже, чем в исходной вегетативной клетке.**
- **Генетический материал поступает в спору в виде полностью реплицированных молекул ДНК.**
- **Споры некоторых видов содержат по 2 или 3 копии хромосомы.**

- Содержание РНК в спорах ниже, чем в вегетативных клетках.
- В спорах повышенное содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , содержится дипиколиновая кислота.
- Споры находятся в крайне обезвоженном состоянии.

- **Кортекс** построен из молекул особого типа пептидогликана. При прорастании споры из него формируется клеточная стенка вегетативной клетки.
- **Споровые покровы** состоят из белков, содержат липиды и гликолипиды. Защищают спору от повреждающих факторов, предохраняют спору от преждевременного прорастания.
- **Экзоспориум** состоит из липидов и белков, защищает спору от внешних воздействий, регулирует проникновение различных веществ.

Устойчивость эндоспор

- **Устойчивы к высоким (+80 °С) и низким температурам, обезвоживанию, высокой кислотности среды, радиации, к механическим воздействиям и т. д.**
- **Продолжительность жизни эндоспор 1000 лет и более.**

- **Факторы, обеспечивающие устойчивость эндоспор:**

1. Нахождение споровой цитоплазмы в обезвоженном состоянии.
2. Термостойкость споровых ферментов.
3. Наличие дипиколиновой кислоты и большого количества двухвалентных катионов;
4. Споровая оболочка.

- **Инактивация спор** может быть достигнута автоклавированием, прогреванием при температуре +160 - +170 °С в течение 60-120 мин, действием спороцидных химических веществ.

3. Экзоспores бактерий и актиномицетов

- Экзоспores у бактерий образуются редко, например, у некоторых почкующихся бактерий.
- Образуются в результате отпочкования от одного из полюсов клетки.

Отпочковывание экзоспор от одного из полюсов клеток *Methylosinus* (почкующаяся метилотрофная бактерия)

Экзоспор
а

Клетка



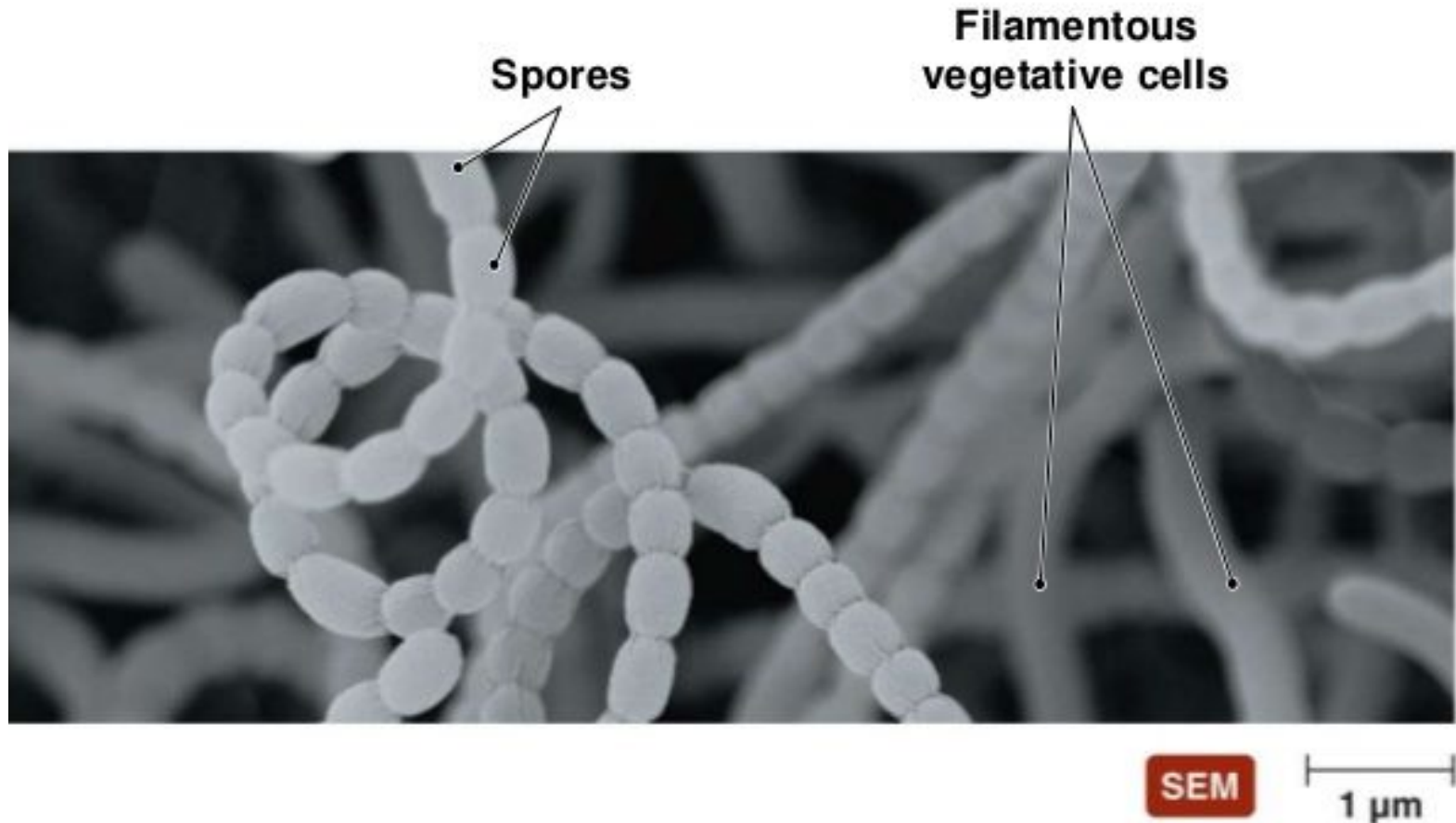
- **Экзоспоры имеют более плотную и утолщенную клеточную стенку.**
- **В экзоспорах нет дипиколиновой кислоты и характерных для эндоспор споровых покровов (кортекс, экзоспориум и т.д.).**
- **Экзоспоры устойчивы к высушиванию, УФ-облучению, повышенной температуре, но в меньшей степени, чем эндоспоры.**

Экзоспоры актиномицетов

- Актиномицеты – это актинобактерии, имеют ветвящиеся клетки, образуют мицелий.



Споры актиномицетов



- Экзоспоры у актиномицетов образуются путем фрагментации гифы.
- Имеют плотную и утолщенную клеточную стенку.
- Устойчивы к высушиванию.

- Реже у актиномицетов образуются эндоспоры.
- Образуются эндогенно – внутри цитоплазмы материнской гифы.
- Устойчивы к повышенной температуре – до + 75 °С.

Особенность экзоспор и эндоспор актиномицетов:

- Являются покоящейся стадией
- Служат для размножения