

Общая морфология клеток прокариот

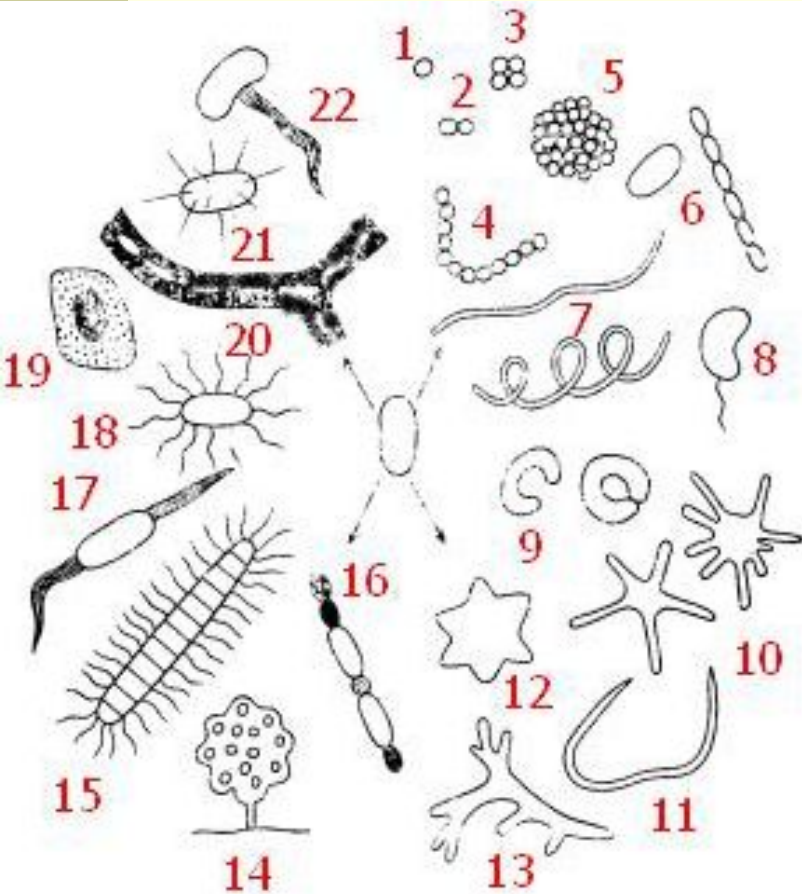
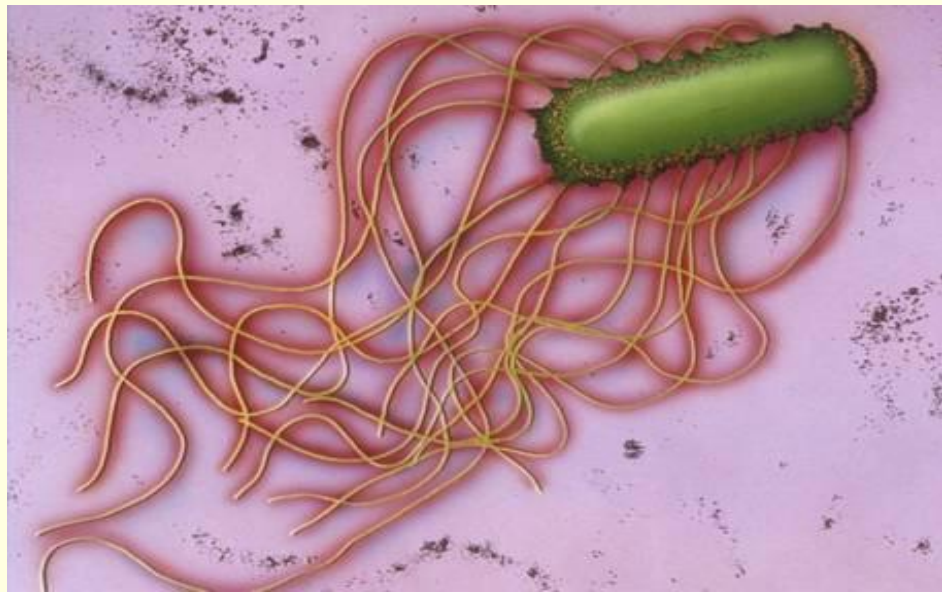
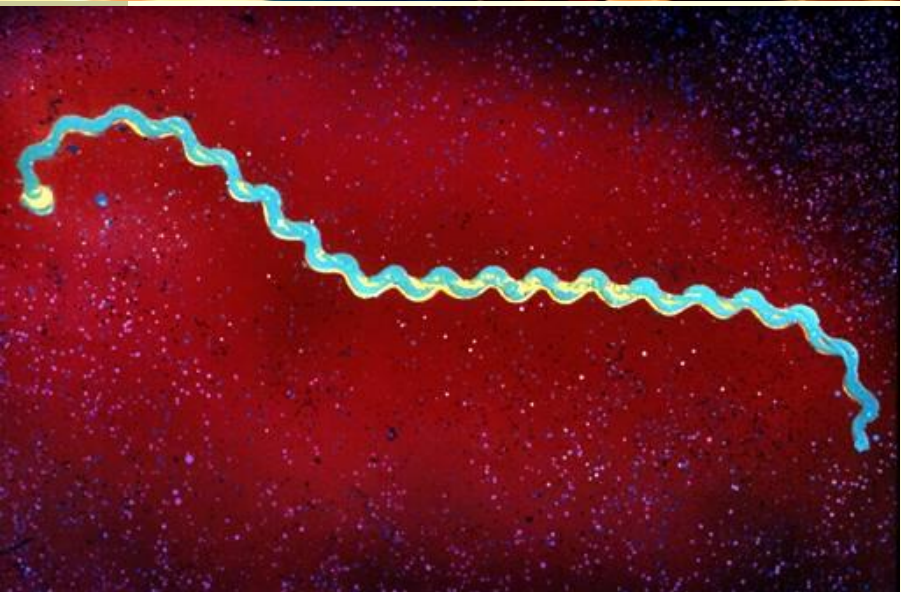


Рис. 3. Разнообразие форм прокариот:

- 1 — кокк;
- 2 — диплококк; 3 — сарцина; 4 — стрептококк;
- 5 — колония сферической формы;
- 6 -палочковидные бактерии (одиночная клетка и цепочка клеток);
- 7 — спириллы;
- 8 — вибрион;
- 9 — бактерии, имеющие форму замкнутого или незамкнутого кольца;
- 10 — бактерии, образующие выросты (простеки);
- 11 — бактерия червеобразной формы;
- 12 — бактериальная клетка в форме шестиугольной звезды;
- 13 — представитель актиномицетов;
- 14 — плодовое тело миксобактерии;
- 15 — нитчатая бактерия рода *Caryophanon* с латерально расположенными жгутиками;
- 16 — нитчатая цианобактерия, образующая споры (акинеты) и гетероцисты;
- 17, 18 — бактерии с разными типами жгутикования;
- 19 — бактерии, образующая капсулу;
- 20 — нитчатые бактерии группы *Sphaeroillus*, заключенные в чехол, инкрустированный гидратом окиси железа;
- 21 — бактерия, образующая шипы;
- 22 — *Galionella*

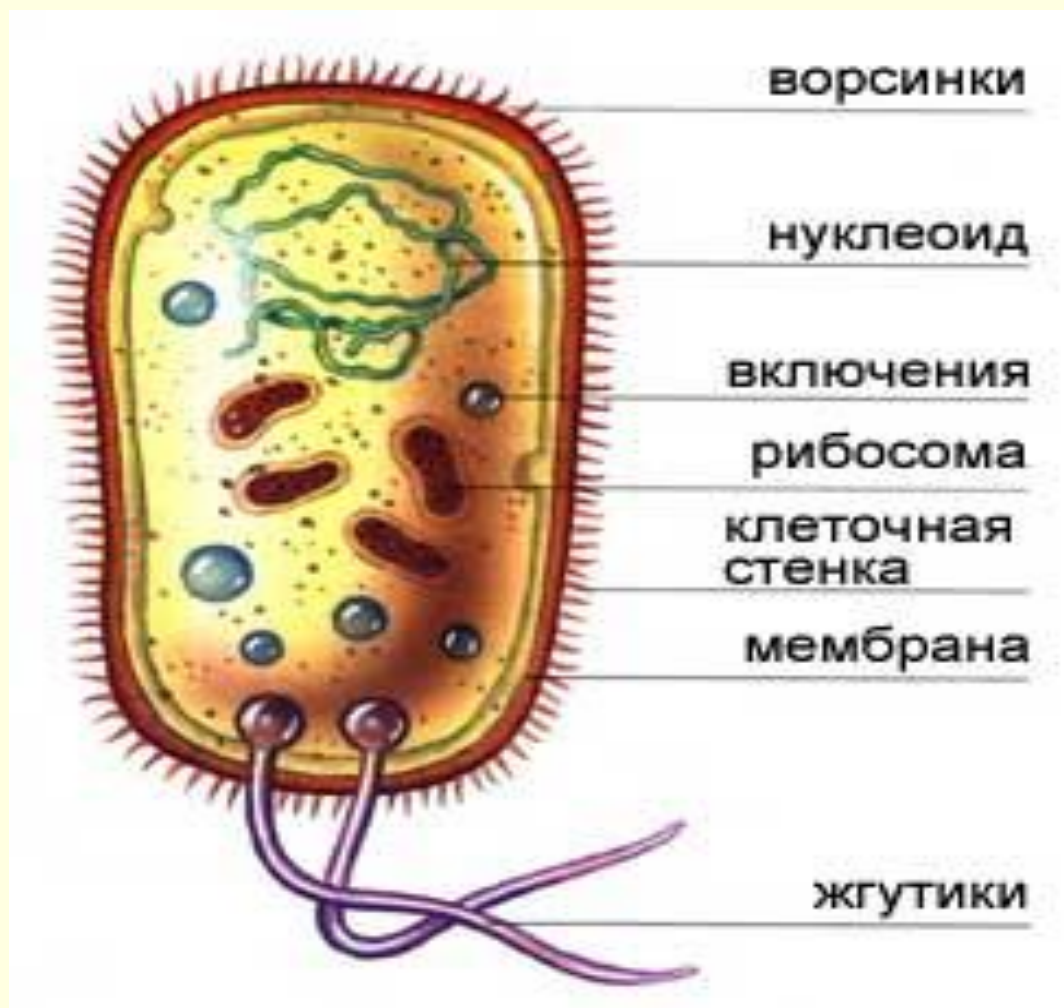
Формы прокариот



Строение клетки прокариот

Клетка прокариот обладает рядом принципиальных особенностей, касающихся как ее ультраструктурной, так и химической организации.

- Структуры, расположенные снаружи от ЦПМ (клеточная стенка, капсула, слизистый чехол, жгутики, ворсинки), называют обычно поверхностными структурами или надмембранными.
- Термином "клеточная оболочка" часто обозначают все слои, располагающиеся с внешней стороны от ЦПМ (клеточная стенка, капсула, слизистый чехол).
- ЦПМ вместе с цитоплазмой называется протопластом.



Надмембранные структуры

Надмембранные структуры бактерий представлены клеточной стенкой. На нее приходится от 5-до 50% сухого вещества.

Основное вещество клеточной стенки – муреин (класс пептидогликанов, гетерополимер, цепочка, состоящая из остатков N-ацетилглюкозаминов и N-ацетил мурамовой кислоты), которые соединяются пептидными связями, образуя муреиновый мешок. Является каркасом клетки.

-
- По различию в строении клеточной стенки различают грам+ и грам- микроорганизмы. В основе различий лежит различие в окрашивании по методу Грама.
 - Грам "+" -фиолетовые,
 - Грам "-" розовые

Клеточная стенка

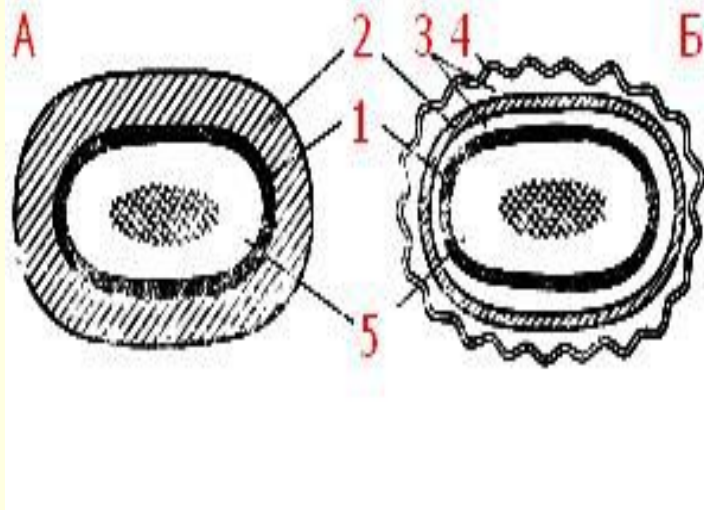


Рис. 5. Клеточная стенка грамположительных (А) и грамотрицательных (Б) эубактерий:

1 — цитоплазматическая мембрана;

2 — пептидогликаны;

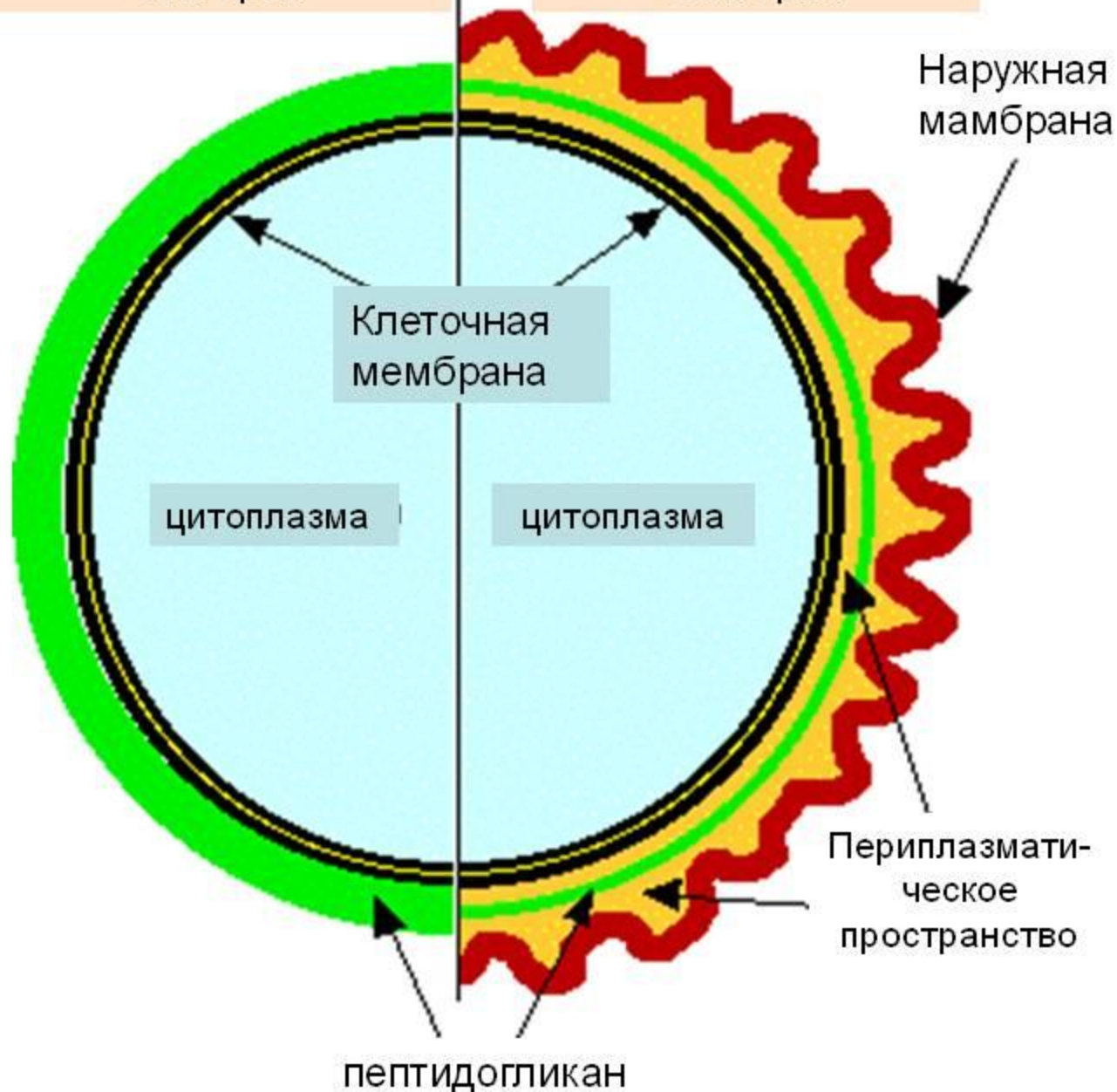
3 — периплазматическое пространство;

4 — наружная мембрана;

5 — цитоплазма, в центре которой расположена ДНК

Грамположительные
бактерии

Грамотрицательные
бактерии



Наружная
мембрана

Клеточная
мембрана

цитоплазма

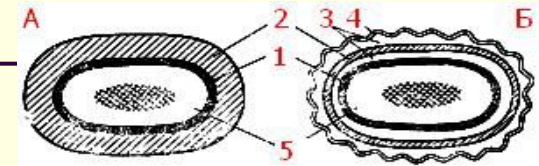
цитоплазма

Периплазматическое
пространство

пептидогликан

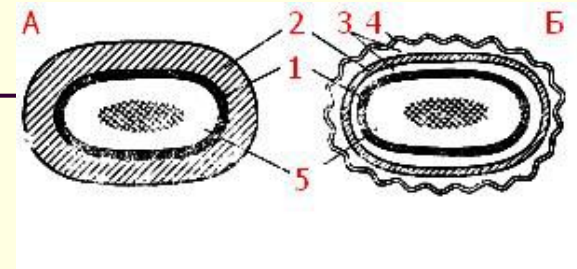
Различия в строении
клеточной стенки
грамположительных и
грамотрицательных
бактерий

Различия. Грам “+”



- 1) Толщина клеточной стенки 20-80 нм,
- 2) Муреин составляет 50-90% от сухой массы,
- 3) Муреин связан с **тейхоевыми кислотами**. Принимают участие в катионном обмене, Mg, антигены
- 4) Мембрана - полисахариды, белки, липиды
- 5) Стенка плотно прилегает к цитоплазме, нет периплазматического пространства
- 6) Нет наружной мембраны
- 7) Внутри клеточной стенки, а также непосредственно на ее поверхности помещаются ферменты, расщепляющие субстраты до низкомолекулярных компонентов, которые затем транспортируются в клетку. Также есть ферменты которые синтезируют компоненты капсулы

Грам – “-”



1) Многослойна. Толщина 14-17нм.

2) Внутренний слой представлен муреином 1-10% от сухой массы

3) Отсутствуют тейхоевые кислоты.

4) Наружный слой представлен наружной мембраной, которая состоит из фосфолипидов, липопротеинов, липополисахаридов и белков. Липиды – 22% сухой массы. Ковалентно связана с муреином

5) Имеется периплазматическое пространство.

Содержатся ферменты, связующие белки (пермеазы)

6) Перенос субстратов через цитоплазматическую мембрану

ФУНКЦИИ

1. Механическая защита клетки от воздействий окружающей среды
2. Обеспечивает поддержку внешней формы.
3. Роль молекулярного сита, осуществляет пассивный транспорт ионов, субстратов и метаболитов.
4. Препятствует проникновению в клетку токсических веществ.
5. В стенке находятся рецепторы ответственные за взаимодействие клеток доноров к клеткам реципиентам при конъюгации
6. Компонент локомоторного механизма
7. Отдельные участки клеточной стенки тесно ассоциированы с цитоплазматической мембраной в зоне прикрепления нуклеоида и играют важную роль в его репликации.

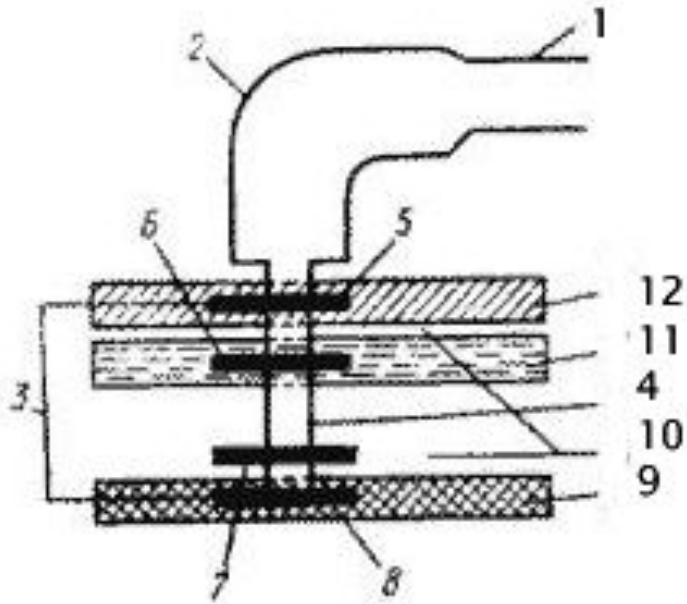
Капсулы, слизистые слои, чехлы

- Капсула - слизистое образование, обволакивающее клетку, сохраняющее связь с клеточной стенкой и имеющее аморфное строение. Микрокапсула меньше 0,2 мкм. Макрокапсула больше 0,2 мкм.
- Слизистый слой - если вещество имеет аморфный, бесструктурный вид и легко отделяется от поверхности прокариотной клетки
- Чехлы - имеют тонкую структуру. В них обнаруживают несколько слоев с разным строением. Чехлы ряда бактерий, метаболизм которых связан с окислением восстановленных соединений металлов, часто инкрустированы их окислами.

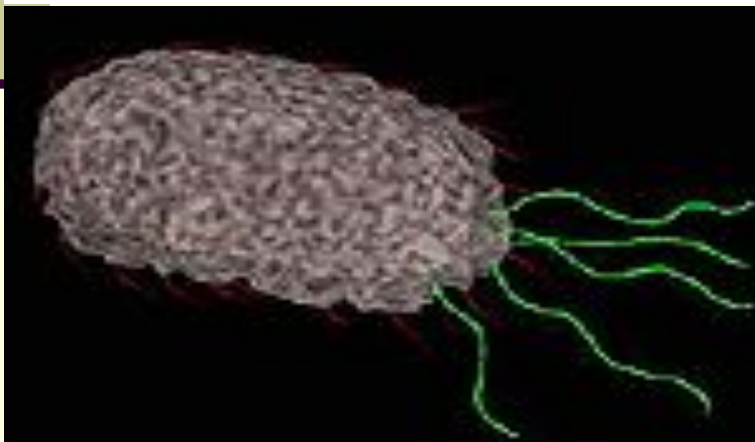
Функции

1. Защита клетки от механических повреждений, высыхания, создают дополнительный осмотический барьер, служат препятствием для проникновения фагов.
2. Иногда слизистые образования могут служить источником запасных питательных веществ.
3. С помощью слизи осуществляется связь между соседними клетками в колонии, а также прикрепление клеток к различным поверхностям.
4. Способность определенных бактерий синтезировать эти своеобразные внеклеточные полимеры находит практическое применение: их используют в качестве заменителя плазмы крови, а также для получения синтетических пленок.

Жгутики



- Рис. 11. Строение жгутика грамотрицательных бактерий: 1 — нить; 2 — крюк;
- 3 — базальное тело;
- 4 — стержень; 5 — L-кольцо;
- 6 — P-кольцо;
- 7 — S-кольцо;
- 8 — M-кольцо; 9 — ЦПМ;
- 10 — периплазматическое пространство;
- 11 — пептидогликановый слой;
- 12 — наружная мембрана (по De Ramphilis, Adier, 1971)



Толщина жгутика — 10-20 нм, длина — 3 -15 мкм. У некоторых бактерий длина жгутика может на порядок превышать диаметр клетки. Жгутик - жесткая спираль, обычно закрученную против часовой стрелки. Вращение жгутика также осуществляется против часовой стрелки с частотой от 40 до 60 об/с. Поскольку клетка намного массивнее жгутика, она вращается со значительно меньшей скоростью — порядка 12—14 об/мин. Вращательное движение жгутика преобразуется также в поступательное движение клетки, скорость которого в жидкой среде для разных видов бактерий составляет от 16 до 100 мкм/с.

Ворсинки

К поверхностным структурам бактериальной клетки относятся ворсинки (фимбрии, пили). Их количество от нескольких единиц до нескольких тысяч на клетку. Эти структуры не имеют отношения к движению бактерий и обнаружены у подвижных и неподвижных форм. Ворсинки построены из одного вида белка — пилина — и представляют собой прямые белковые цилиндры, отходящие от поверхности клетки. Они тоньше жгутиков (диаметр — 5—10 нм, длина 0,2—2,0 мкм). Ворсинки общего типа и половые.

- **Ворсинки общего типа** придают бактериям свойство гидрофобности, обеспечивают их прикрепление к клеткам растений, грибов и неорганическим частицам, принимают участие в транспорте метаболитов. Через ворсинки в клетку могут проникать вирусы.
- **Половые**, или F-пили, принимают участие в половом процессе бактерий. F-пили необходимы клетке-донору для обеспечения контакта между ней и реципиентом и в качестве конъюгационного тоннеля, по которому происходит передача ДНК.

Мембраны

- Содержимое клетки отделяется от клеточной стенки цитоплазматической мембраной (ЦПМ) — обязательным структурным элементом любой клетки, нарушение целостности которого приводит к потере клеткой жизнеспособности. На долю ЦПМ приходится 8—15% сухого вещества клеток.

Химический состав мембран.

- ЦПМ — белково-липидный комплекс, в котором белки составляют 50–75%, липиды — от 15 до 45%. Кроме того, в составе мембран обнаружено небольшое количество углеводов. Как правило, липиды и белки составляют 95% и больше вещества мембран. Главным липидным компонентом бактериальных мембран являются фосфолипиды

Функции ЦПМ прокариот

- Барьерная функция - избирательный перенос различных органических и неорганических молекул и ионов.
- Локализованы ферменты, катализирующие конечные этапы синтеза мембранных липидов, компонентов клеточной стенки и некоторых других веществ.
- Превращение клеточной энергии.
- ЦПМ принимает участие в репликации и последующем разделении хромосомы прокариотной клетки.

Цитоплазма

- Содержимое клетки, окруженное ЦПМ, называется цитоплазмой. Фракция цитоплазмы, имеющая гомогенную консистенцию и содержащая набор растворимых РНК, ферментных белков, продуктов и субстратов метаболических реакций - цитозоль. Другая часть цитоплазмы представлена разнообразными структурными элементами: генетическим аппаратом, рибосомами и включениями разной химической природы и функционального назначения.

Рибосомы

Рибосомы — место синтеза белка. Их количество в клетке зависит от интенсивности процессов белкового синтеза и колеблется от 5000 до 90 000. Общая масса рибосом может составлять примерно $1/4$ клеточной массы. Рибосомы прокариот имеют константу седиментации 70S, Они построены из двух неодинаковых субчастиц: 30S и 50S субъединиц.

Генетический материал (Нуклеоид)

Представлен ДНК

Четко отграничен от цитоплазмы, занимает центральную область. Нить ДНК диаметром около 2 нм, длина более 1 мм. Имеет форму ковалентно замкнутого кольца.

В прокариотной клетке ДНК может находиться и вне бактериальной хромосомы - в плаزمиде, но последние не являются обязательными клеточными компонентами.

Внутрицитоплазматические включения

- **хлоросомы** зеленых бактерий и фикобилисомы цианобактерий. В этих структурах локализованы пигменты, поглощающие кванты света и передающие их в реакционные центры, т. е. выполняющие роль антенны
- **магнитосомы и газовые вакуоли, или аэросомы** имеющих приспособительное значение, обнаружены у водных прокариот.

Запасные вещества

Представлены полисахаридами, липидами, полипептидами, полифосфатами, отложениями серы.

- Из **полисахаридов** в клетках откладываются гликоген, крахмал. В неблагоприятных условиях они используются в качестве источника углерода и энергии
- Отложение **липидов** в клетке происходит в условиях, когда среда богата источником углерода и бедна азотом. Липиды служат для клетки хорошим источником углерода и энергии.
- **полифосфаты**, содержащиеся в гранулах, называемых волютиновыми, или метахроматиновыми, зёрнами. Используются клетками как источник фосфора.
- Для прокариот, метаболизм которых связан с соединениями серы, характерно отложение в клетках молекулярной **серы**. Служит источником энергии, а для анаэробных фотосинтезирующих серобактерий она является донором электронов.

ЭУКАРИОТЫ

- Животные, растения, грибы, а также группы организмов под общим названием протисты — все являются эукариотическими организмами. Они могут быть одноклеточными и многоклеточными, но все имеют общий план строения клеток.

3 ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТА

- **плазматическая мембрана** - отделяет содержимое клетки от внеклеточной среды,
- **ядро** - содержит наследственный материал (ДНК), связанный с ядерными белками
- **цитоплазма** - включает гомогенную гиалоплазму и многочисленные цитоплазматические структуры.

Цитоплазма. Гиалоплазма

- а) Гиалоплазма - это матрикс цитоплазмы, в котором находятся её структуры.**
- б) Представляет собой водный раствор неорганических ионов, органических метаболитов, биополимеров (белков, полисахаридов, транспортных РНК и т.д.).**
- в) Некоторые макромолекулы могут объединяться (путём самосборки) в те или иные комплексы и структуры.**

Химический состав

86 постоянно присутствующих химических элементов, из них
7 необходимы абсолютно
18 полезны

Элементы	Количество (в %)	Элементы	Количество (в %)
Кислород	65-75	Кальций	0,04-2,00
Углерод	15-16	Магний	0,02-0,03
Водород	8-10	Натрий	0,02-0,03
Азот	1,5-3,0	Железо	0,01-0,015
Фосфор	0,2-1,0	Цинк	0,0003
Калий	0,15-0,3	Медь	0,0002
Сера	0,15-0,2	Йод	0,0001
Хлор	0,05-0,07	Фтор	0,0001

- **Углерод** — входит в состав всех органических веществ; скелет из атомов углерода составляет их основу. Кроме того, в виде CO_2 фиксируется в процессе фотосинтеза и выделяется в ходе дыхания, в виде CO (в низких концентрациях) участвует в регуляции клеточных функций, в виде CaCO_3 входит в состав минеральных скелетов.
- **Кислород** — входит в состав практически всех органических веществ клетки. Образуется в ходе фотосинтеза при фотолизе воды. Для аэробных организмов служит окислителем в ходе клеточного дыхания, обеспечивая клетки энергией. В наибольших количествах в живых клетках содержится в составе воды.
- **Водород** — входит в состав всех органических веществ клетки. В наибольших количествах входит в клетках содержится в составе воды. Некоторые бактерии окисляют молекулярный водород для получения энергии.
- **Азот** — входит в состав белков, нуклеиновых кислот и их мономеров — аминокислот и нуклеотидов. Из организма животных выводится в составе аммиака, мочевины, гуанина или мочевой кислоты как конечный продукт азотного обмена. В виде оксида азота NO (в низких концентрациях) участвует в регуляции кровяного давления.
- **Сера** — входит в состав серосодержащих аминокислот, поэтому содержится в большинстве белков. В небольших количествах присутствует в виде сульфат-иона в цитоплазме клеток и межклеточных жидкостях.
- **Фосфор** — входит в состав АТФ, других нуклеотидов и нуклеиновых кислот (в виде остатков фосфорной кислоты), в состав костной ткани и зубной эмали (в виде минеральных солей), а также присутствует в цитоплазме и межклеточных жидкостях (в виде фосфат-ионов).

- **Магний** — кофактор многих ферментов, участвующих в энергетическом обмене и синтезе ДНК; поддерживает целостность рибосом и митохондрий, входит в состав хлорофилла. В животных клетках необходим для функционирования мышечных и костных систем.
- **Кальций** — участвует в свёртывании крови, а также служит одним из универсальных вторичных посредников, регулируя важнейшие внутриклеточные процессы (в том числе участвует в поддержании мембранного потенциала, необходим для мышечного сокращения и экзоцитоза). Нерастворимые соли кальция участвуют в формировании костей и зубов позвоночных и минеральных скелетов беспозвоночных.
- **Натрий** — участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, процессы осморегуляции (в том числе работу почек у человека) и создание буферной системы крови.
- **Калий** — участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, регуляции сокращения сердечной мышцы.
- **Хлор** — поддерживает электронейтральность клетки.
- Микроэлементы — от 0,001 % до 0,000001 % — (ванадий, германий, йод (входит в состав тироксина, гормона щитовидной железы), кобальт (витамин В₁₂), марганец, никель, рутений, селен, фтор (зубная эмаль), медь, хром, цинк (инсулин щитовидной железы) и др.)
- **Цинк** — входит в состав ферментов, участвующих в спиртовом брожении. Медь — входит в состав окислительных ферментов, участвующих в синтезе цитохромов.
- **Ультрамикроэлементы** — меньше 0,000001 % — золото, серебро оказывают бактерицидное воздействие, ртуть подавляет обратное всасывание воды в почечных канальцах, оказывая воздействие на ферменты. Так же к ультрамикроэлементам относят платину и цезий. Некоторые к этой группе относят и селен, при его недостатке развиваются раковые заболевания.

В клетку входят

Неорганические вещества.

- вода 70-80%.
- соли,
- кислоты,
- ионы
- основания.

органические вещества

- белки(15-20%),
- жиры (липиды) 1-6%,
- углеводы до 3%,
- нуклеиновые кислоты до 2%

Белки

- Белки-Ферменты – катализируют химические реакции в миллионы раз.
- Двигательные белки – белки, отвечающие за движение клеток, при помощи специальных структур.
- Транспортные белки – транспорт веществ в, по и из клетки.
- Защитные белки – иммуноглобулины.
- Энергетические белки

- Регуляторная функция - факторы транскрипции
- Сигнальная функция -гормоны, цитокины, факторы роста
- Запасная (резервная) функция белков - овальбумины
- Рецепторная функция -G-белки

- Структурные белки -белки цитоскелета, кератин

Липиды

- Структурная функция
- источник энергии-триглицериды
- теплоизоляция
- Регуляторная-витамины, стероиды, кофакторы
- Защитная (амортизационная)
- Увеличение плавучести

Углеводы

- Глюкоза и пентоза (моносахариды),
- гликоген у животных и крахмал, целлюлоза, пектин у растений (полисахариды).
- источник энергии.
- участвуют в узнавании и взаимодействии клеток.

Нуклеиновые кислоты

- образованы нуклеотидами, каждый из которых состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара пентозы и остатка фосфорной кислоты. Во всех клетках существует два типа нуклеиновых кислот ДНК и РНК

Морфология

- Организм взрослого человека состоит примерно из 10^{13} клеток, которые подразделяют более чем на 200 типов, существенно различающихся своими структурными и функциональными особенностями. Вместе с тем, клетки всех типов характеризуются сходством общей организации и строения важнейших компонентов.

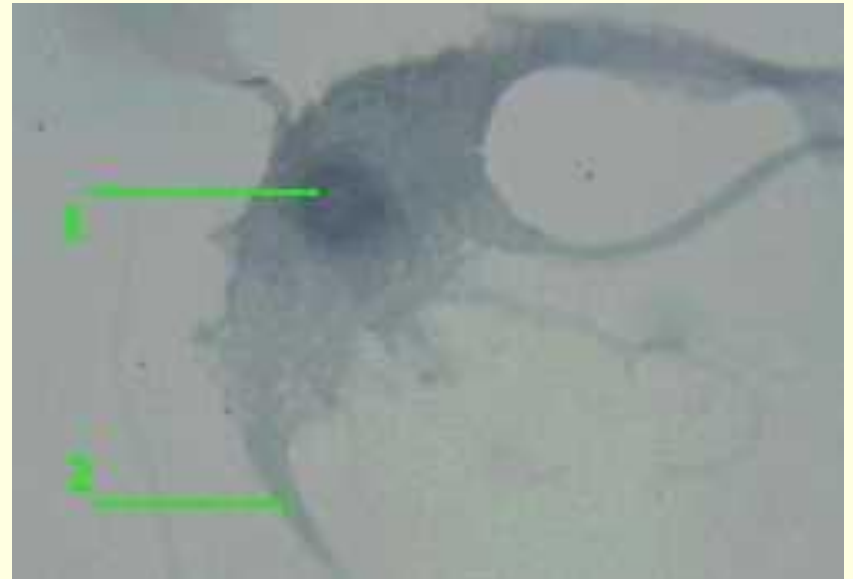
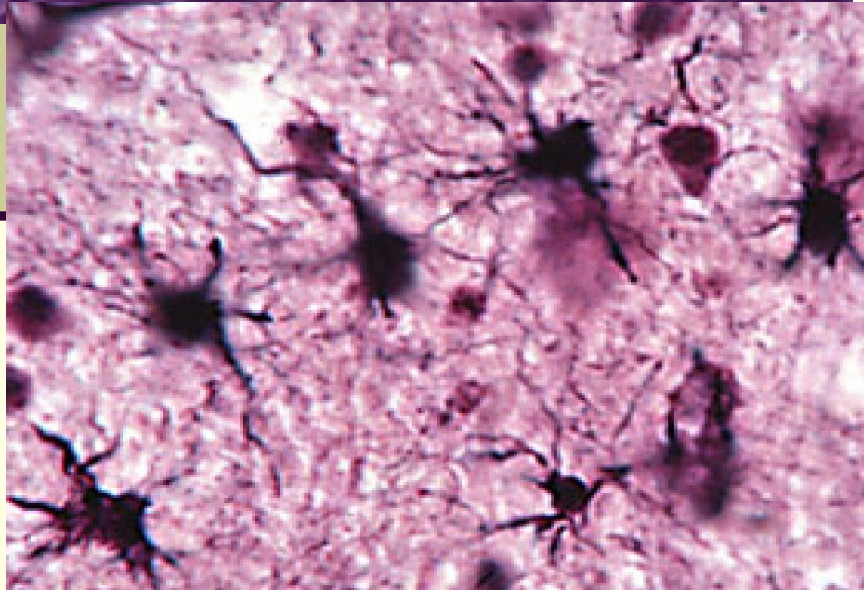
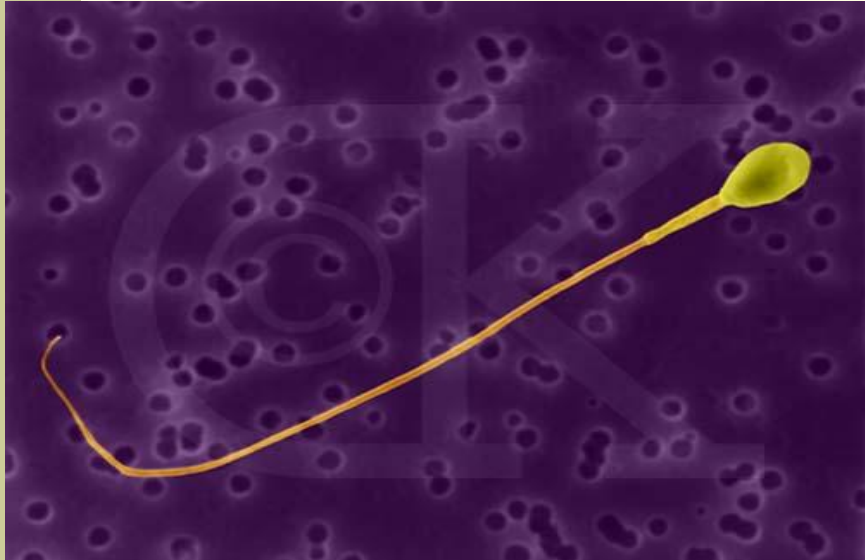
Размеры эукариот

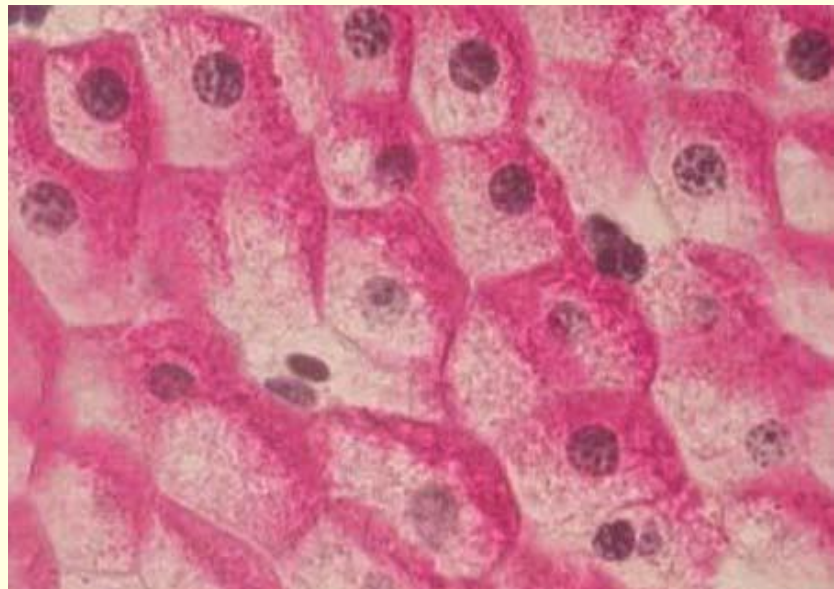
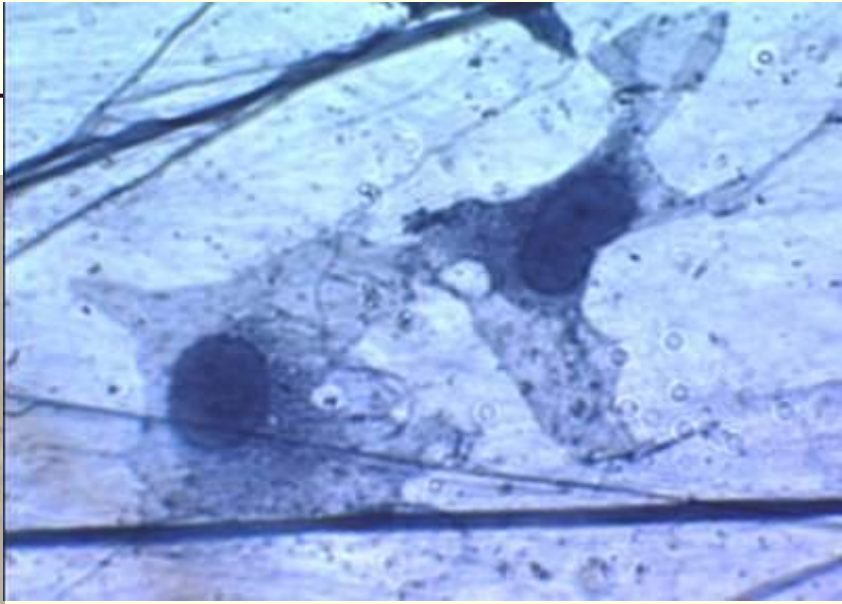
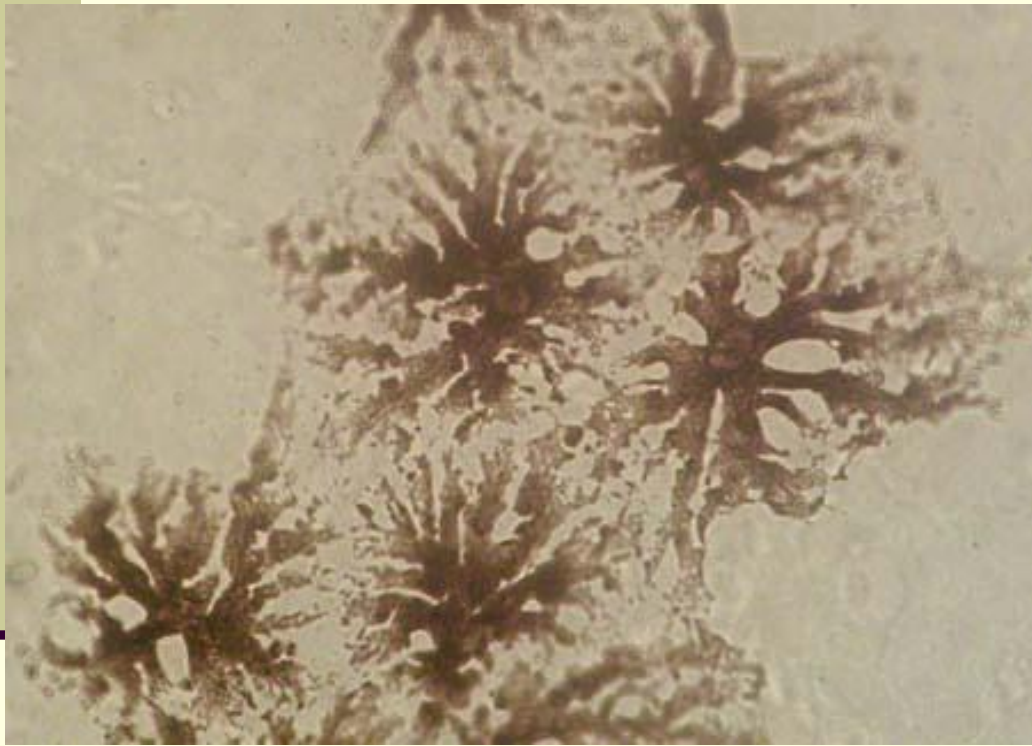
- Эритроциты - 7-8 мкм
- Макрофаги - 20 мкм
- Жировая клетка - 120 мкм
- Яйцеклетка от 200 мкм
- ГМК - 10 мм
- Мышечное волокно 40 мм

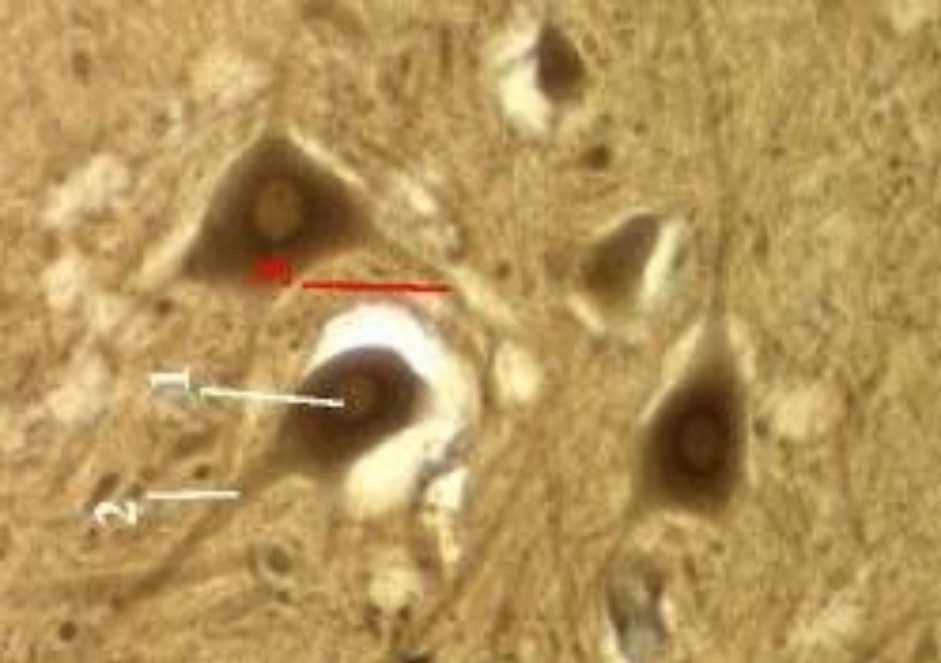
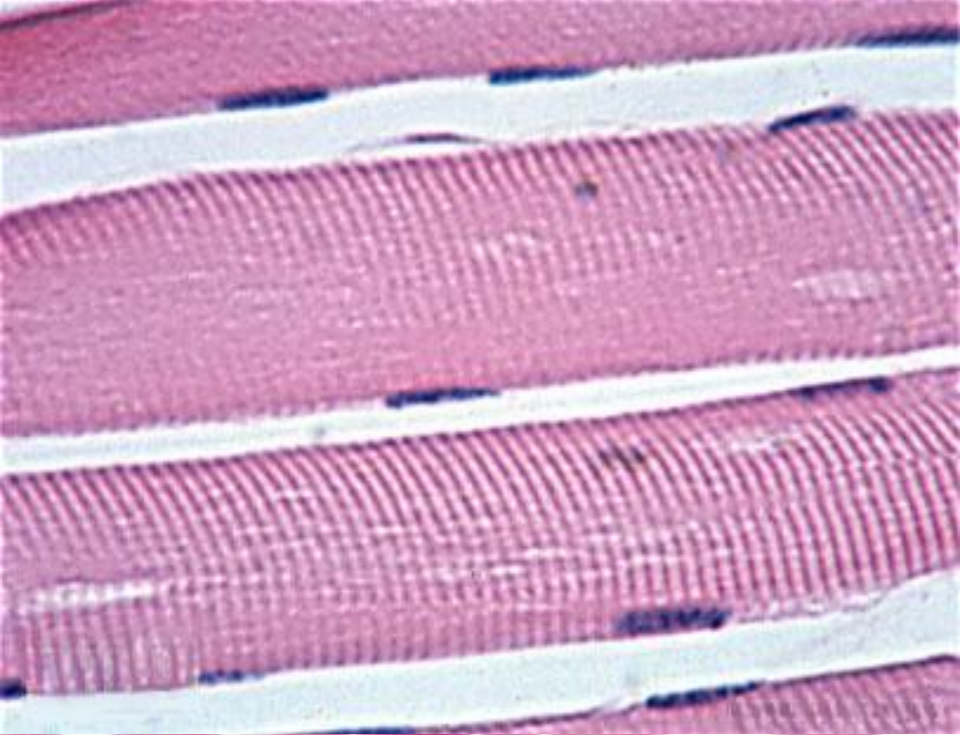
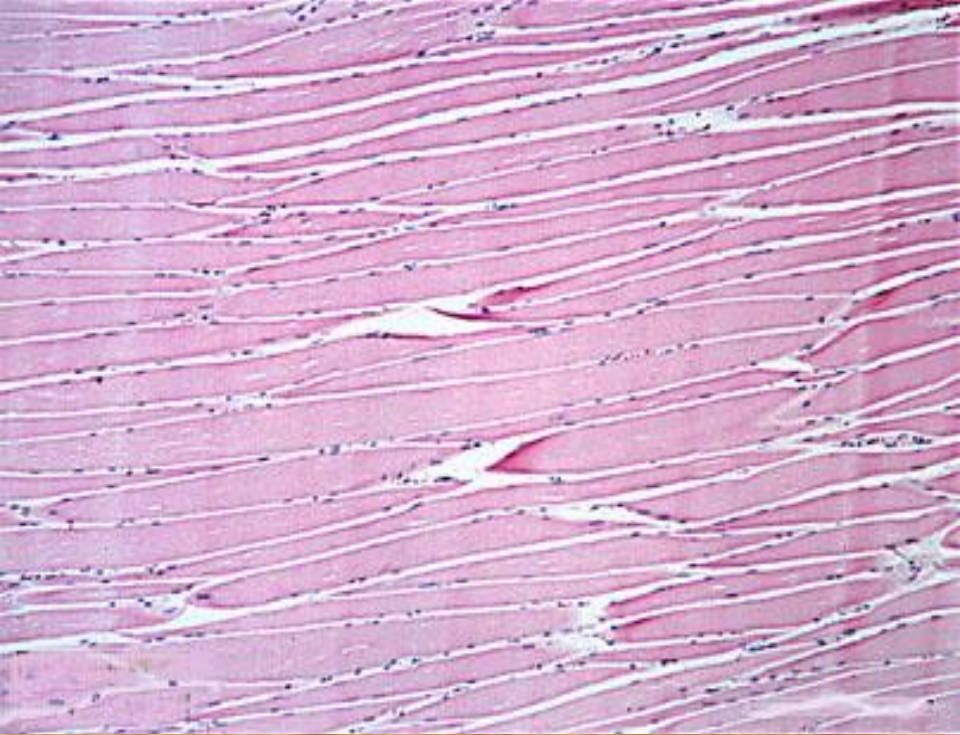
Форма

- Шаровидные
 - Овоидные
 - Веретенообразные
 - Плоские
 - Кубические
 - Полигональные
 - Пирамидальные
 - Звездчатые
 - Отростчатые
 - Амебовидные
- Симпласт
Синцитий
Пластинки

Формы эукариот







Плазматическая мембрана

- Собственно мембрана
- Надмембранный слой (гликокаликс)
- Субмембранный слой (цитоскелет)

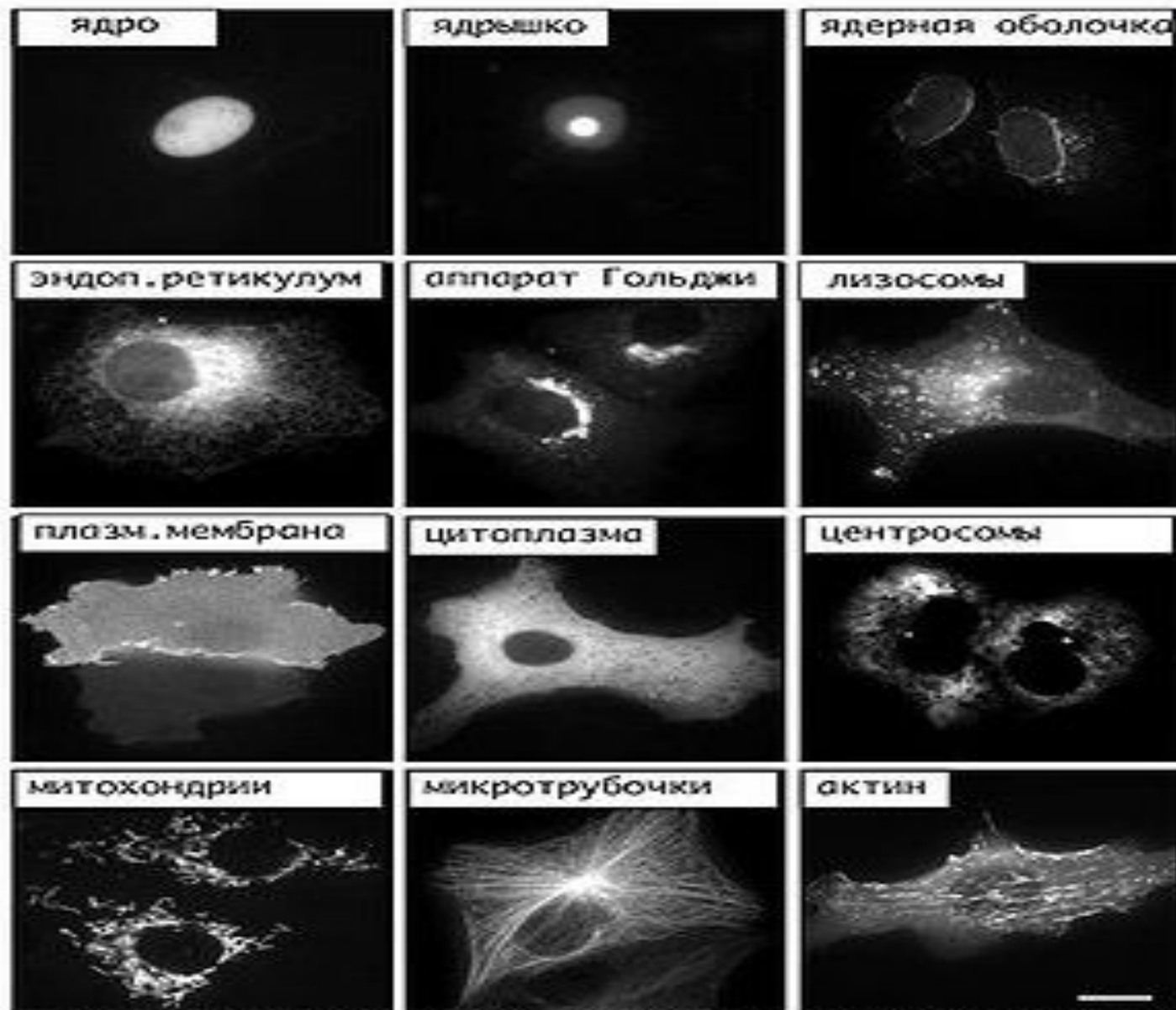
Цитоплазма

- Гиалоплазма
- Органеллы
 - Одномембранные
 - Двумембранные
 - Немембранные
- Включения

Ядерный аппарат

- Нуклеолема
- Хроматин и ядрышки
- Кариоплазма

зелёный флуоресцентный белок показывает расположение различных частей клетки



with friendly permission of Jeremy Simpson and Rainer Pepperkok