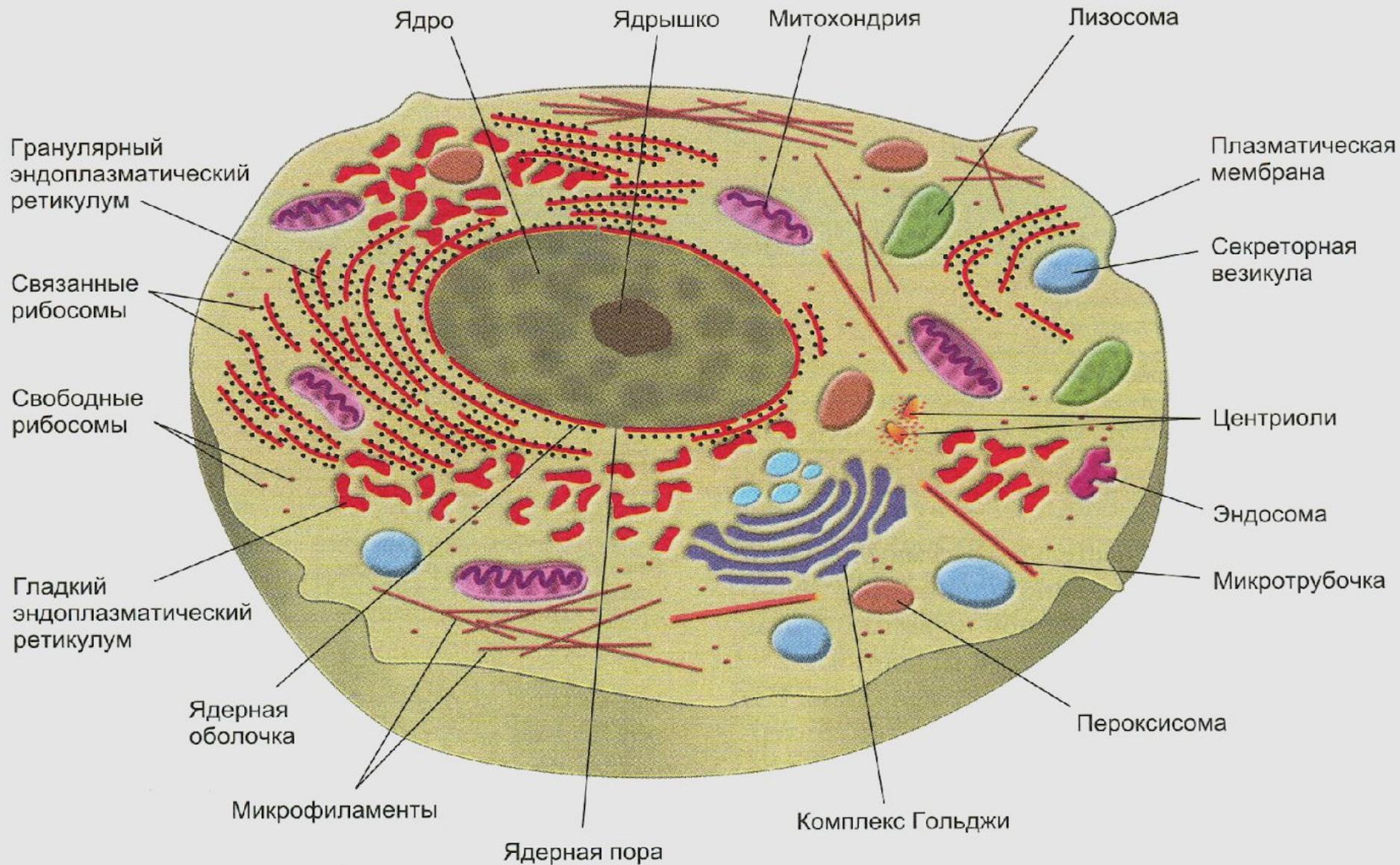




Строение клетки

Структурные компоненты клетки

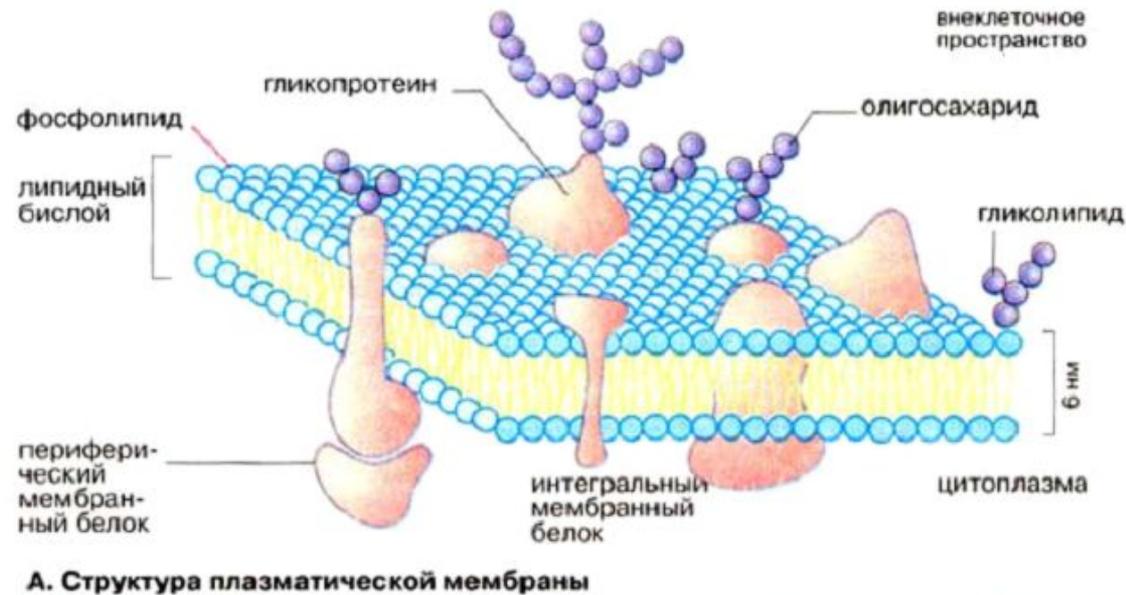


Поверхностный аппарат клетки

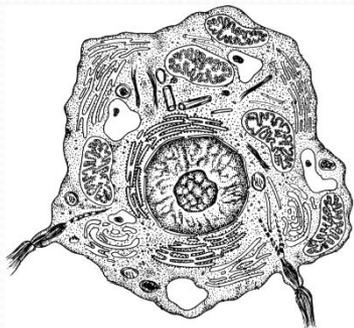
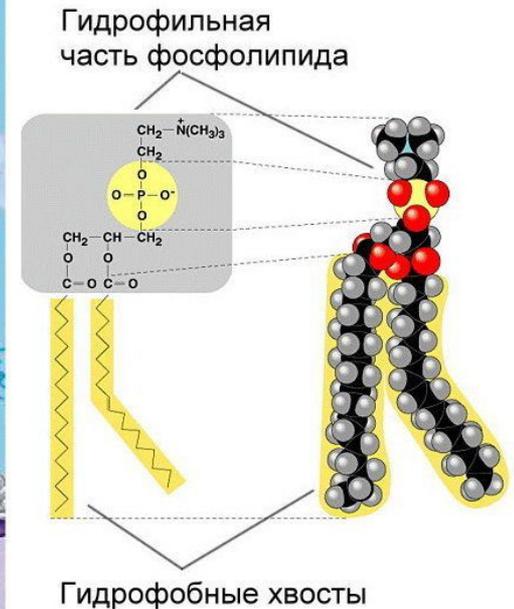
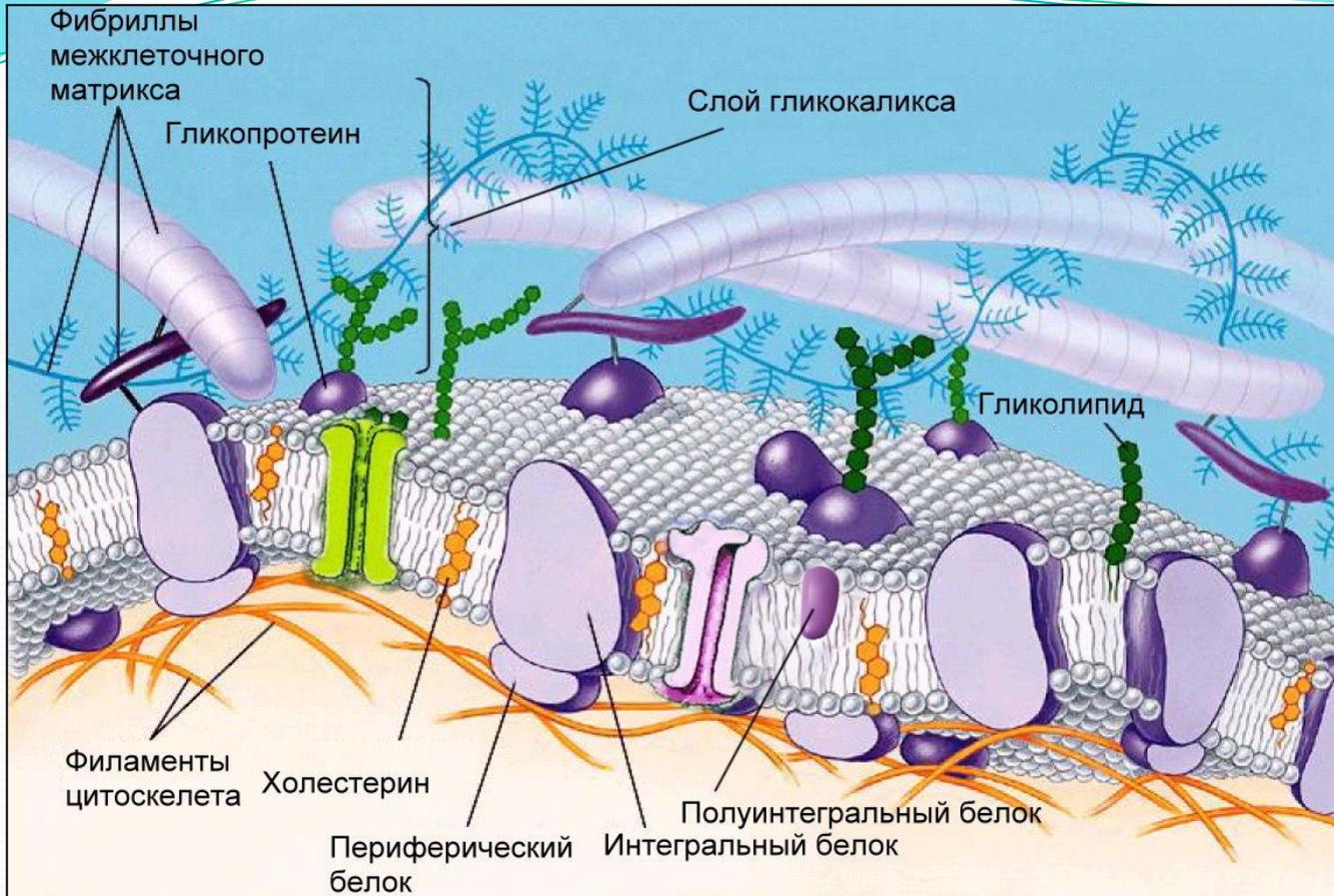
- Плазматическая мембрана
- Надмембранные структуры

Цитоплазматическая, или клеточная мембрана (плазмалемма)

В 1972 г. Сингер и Николсон (Singer, Nicolson) предложили жидкостно-мозаичную модель мембраны, согласно которой белковые молекулы плавают в жидком фосфолипидном бислое. Они образуют в нем как бы своеобразную мозаику.

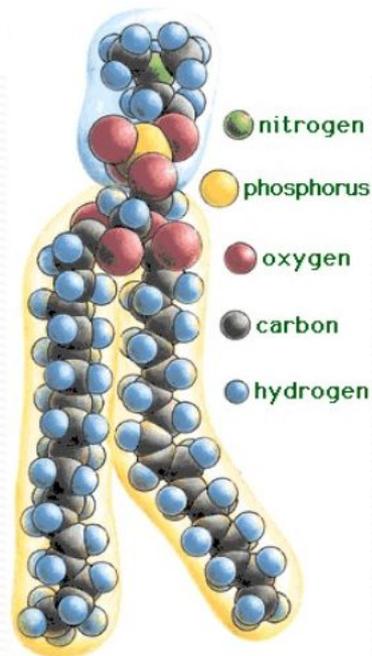
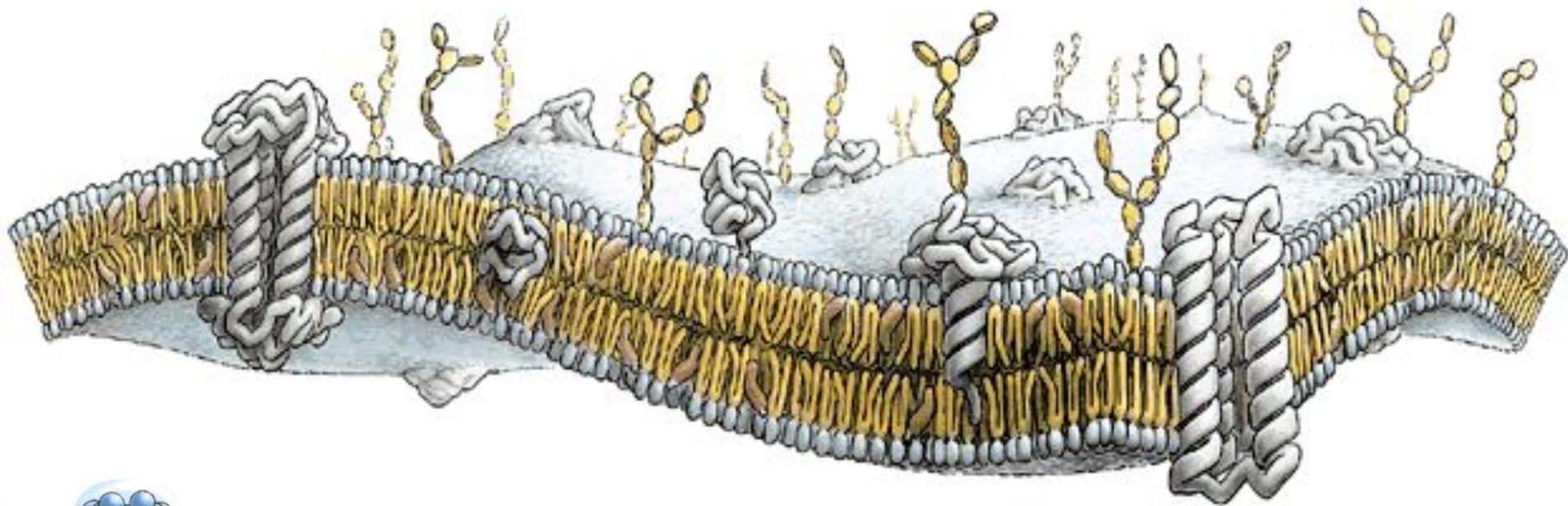


Оболочка животных клеток



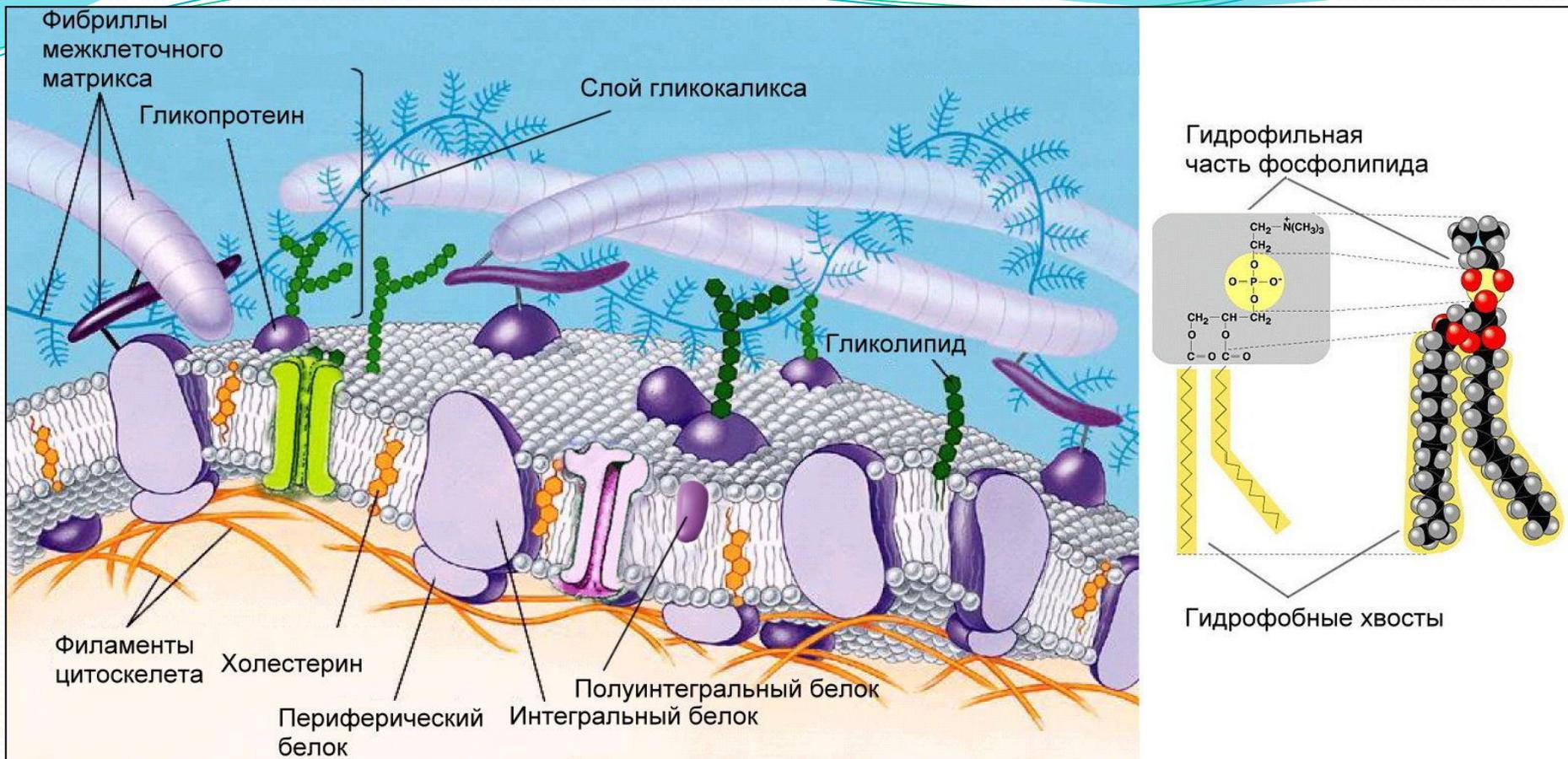
Оболочка животной клетки представлена **плазмалеммой**, на поверхности которой находится **гликокаликс**.

Оболочка животных клеток



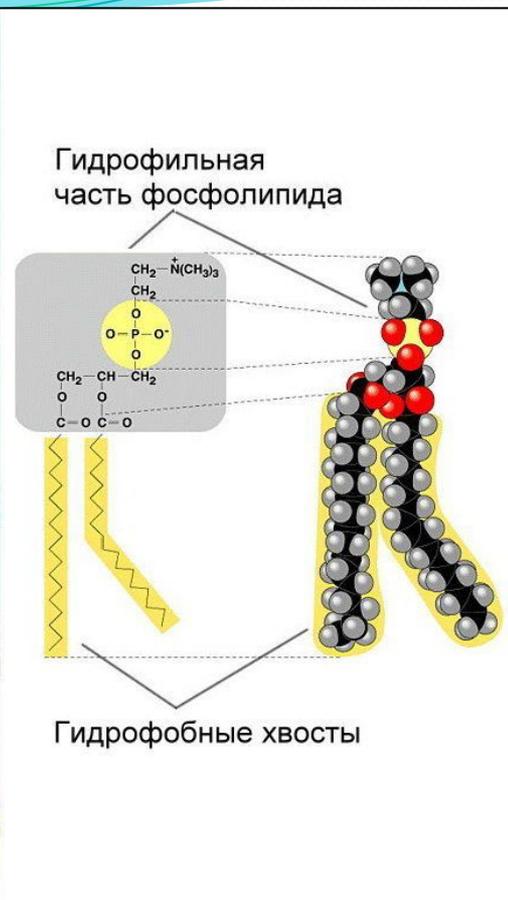
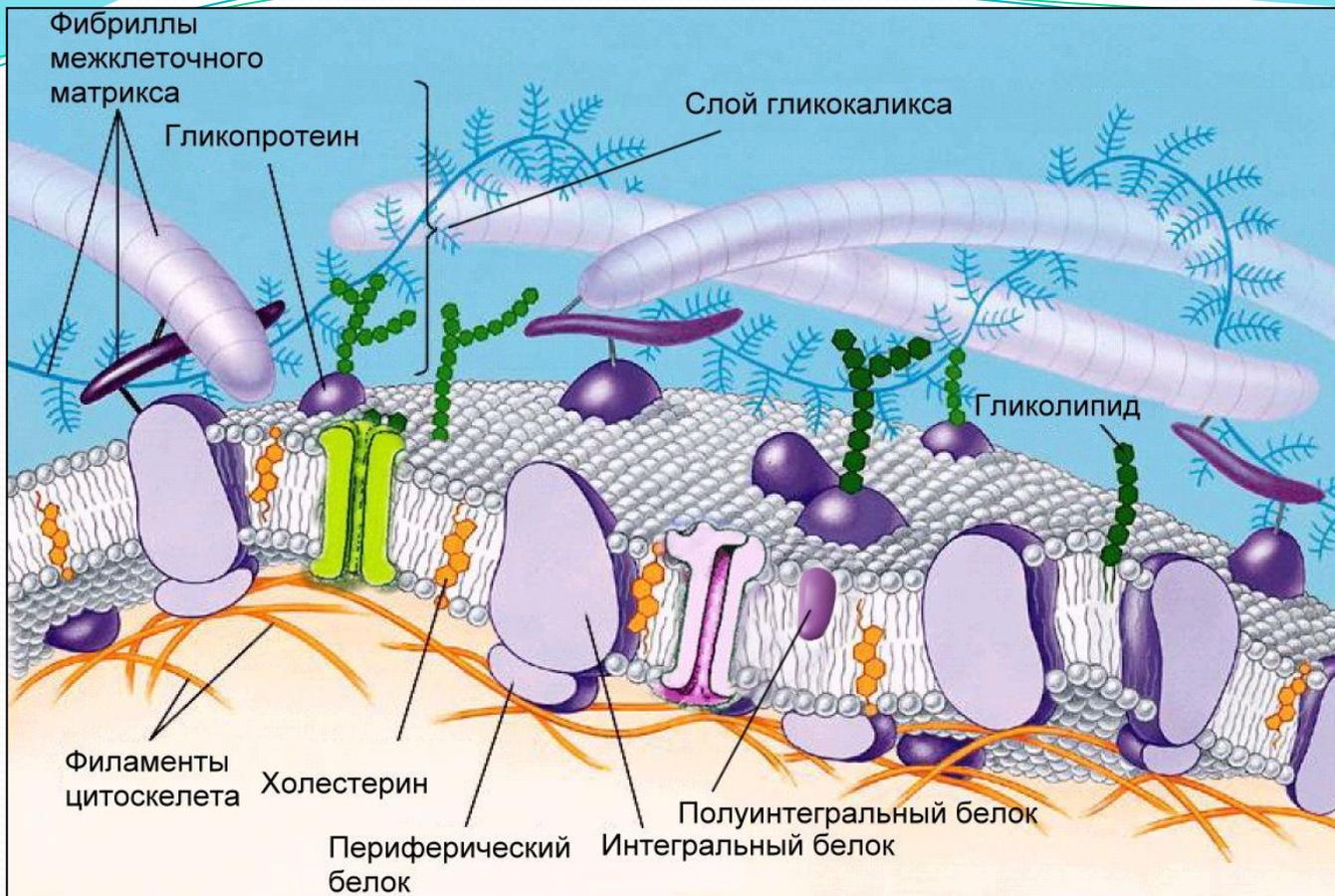
- В настоящее время общепринятой является **жидкостно-мозаичная модель строения плазмалеммы**. Основой мембраны является липидный бислой, в котором гидрофобные хвосты фосфолипидов обращены внутрь, а гидрофильные головки – наружу.
- С липидным бислоем связаны белки (до 60%) – они могут примыкать к липидному бислою, погружаться в него или пронизывать его насквозь.

Оболочка животных клеток



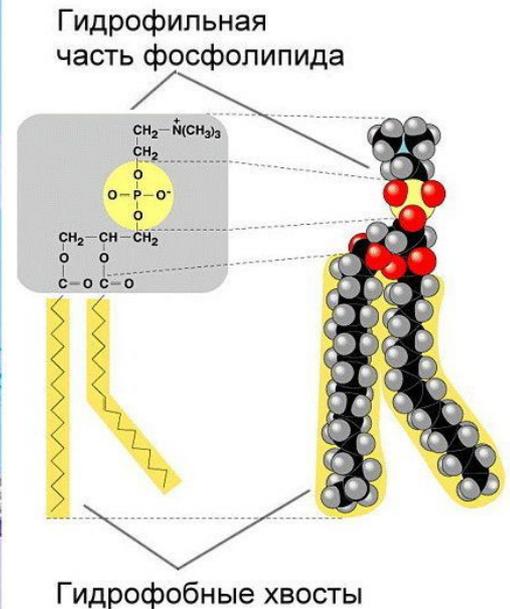
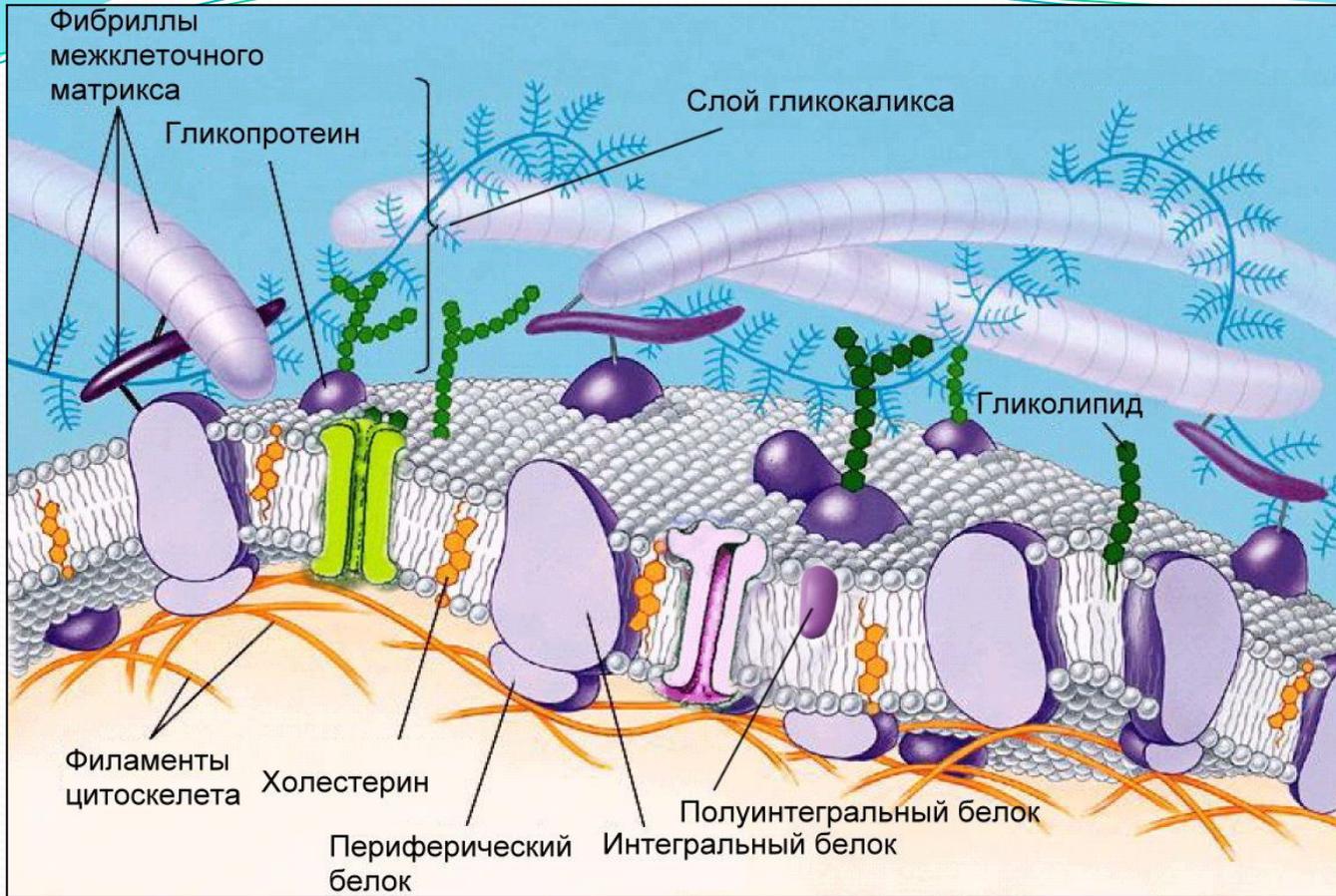
- **Интегральные** белки пронизывают мембрану насквозь;
- **Полуинтегральные** погружены в мембрану на различную глубину;
- **Периферические** белки находятся на внешней или внутренней поверхности липидного бислоя;

Оболочка животных клеток



Толщина мембраны – примерно 7,5 нм. Снаружи находится **гликокаликс**. Углеводный компонент мембран обычно представлен олигосахаридными или полисахаридными цепями, связанными с молекулами белков (*гликопротеиды*) или липидов (*гликолипиды*).

Оболочка животных клеток



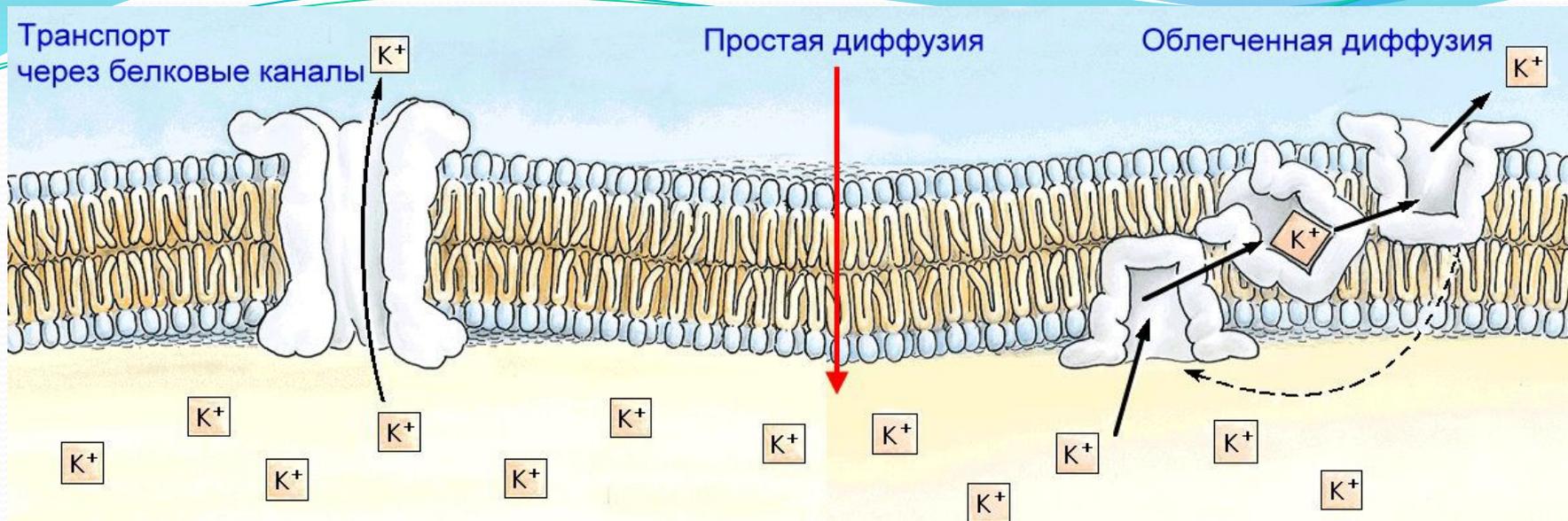
Молекулы белков и липидов подвижны, способны перемещаться, главным образом, в плоскости мембраны.

Функции

клеточной мембраны

- Барьерная (изолирующая)
- Обменная (транспортная)
- Рецепторная

Транспорт веществ через мембрану



Виды пассивного транспорта

Транспорт веществ через мембранные каналы

Транспорт веществ через липидный бислой (простая диффузия)

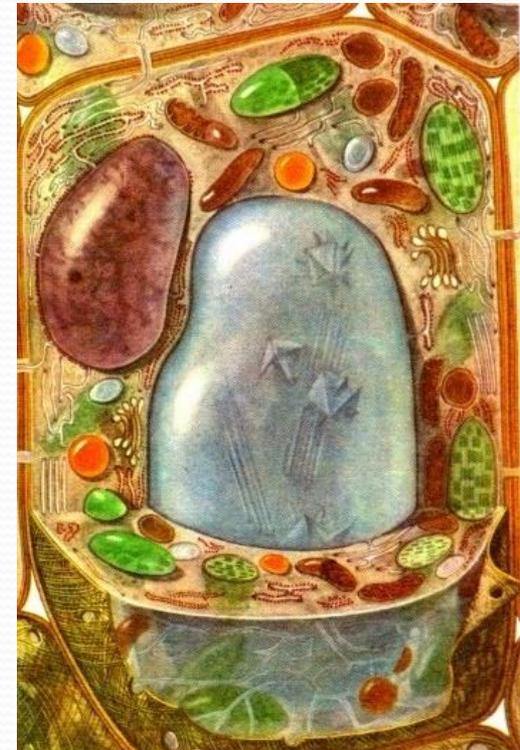
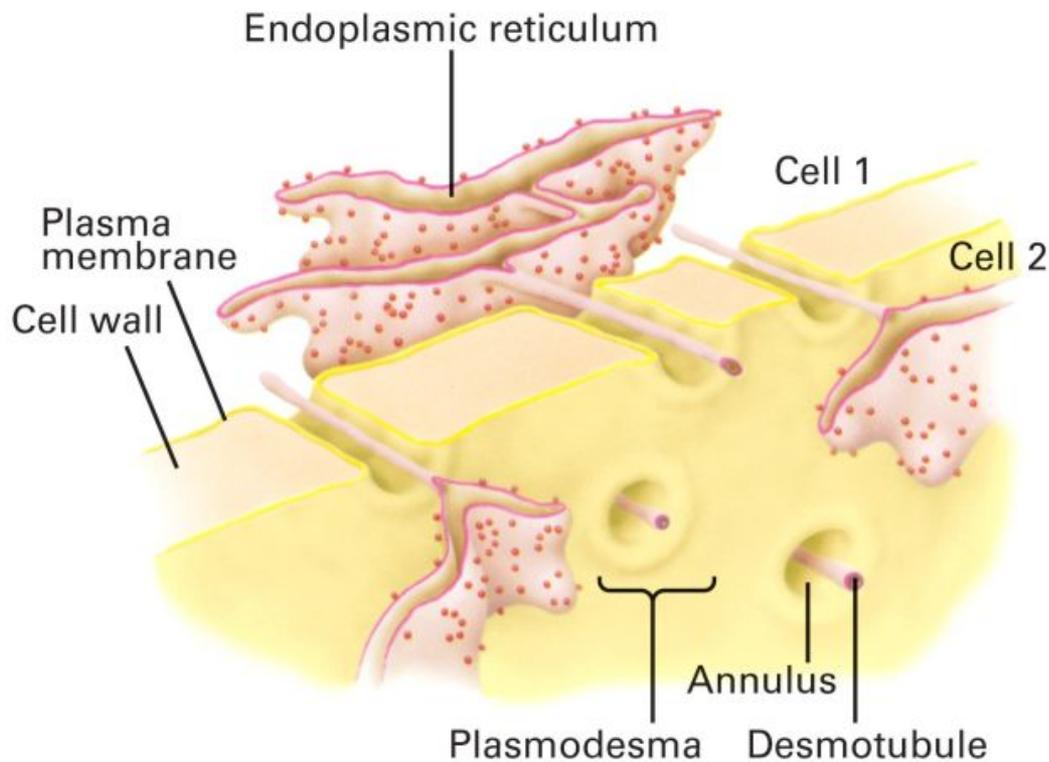
Транспорт веществ через специальные транспортные белки (облегченная диффузия)

Надмембранные структуры

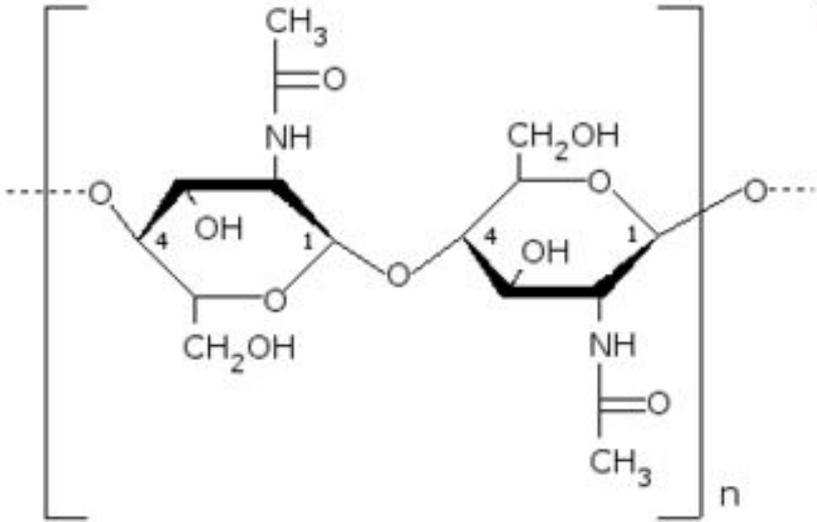
- **клеточные стенки у бактерий**
- **клеточные стенки у растительных клеток**
- **клеточные стенки у клеток грибов**
- **гликокаликс животных клеток**

Оболочка растительных клеток

Плазмодесмы — цитоплазматические тяжи, соединяющие содержимое соседних клеток. Они проходят через клеточную стенку. представляют собой узкие каналы, выстланные плазматической мембраной.



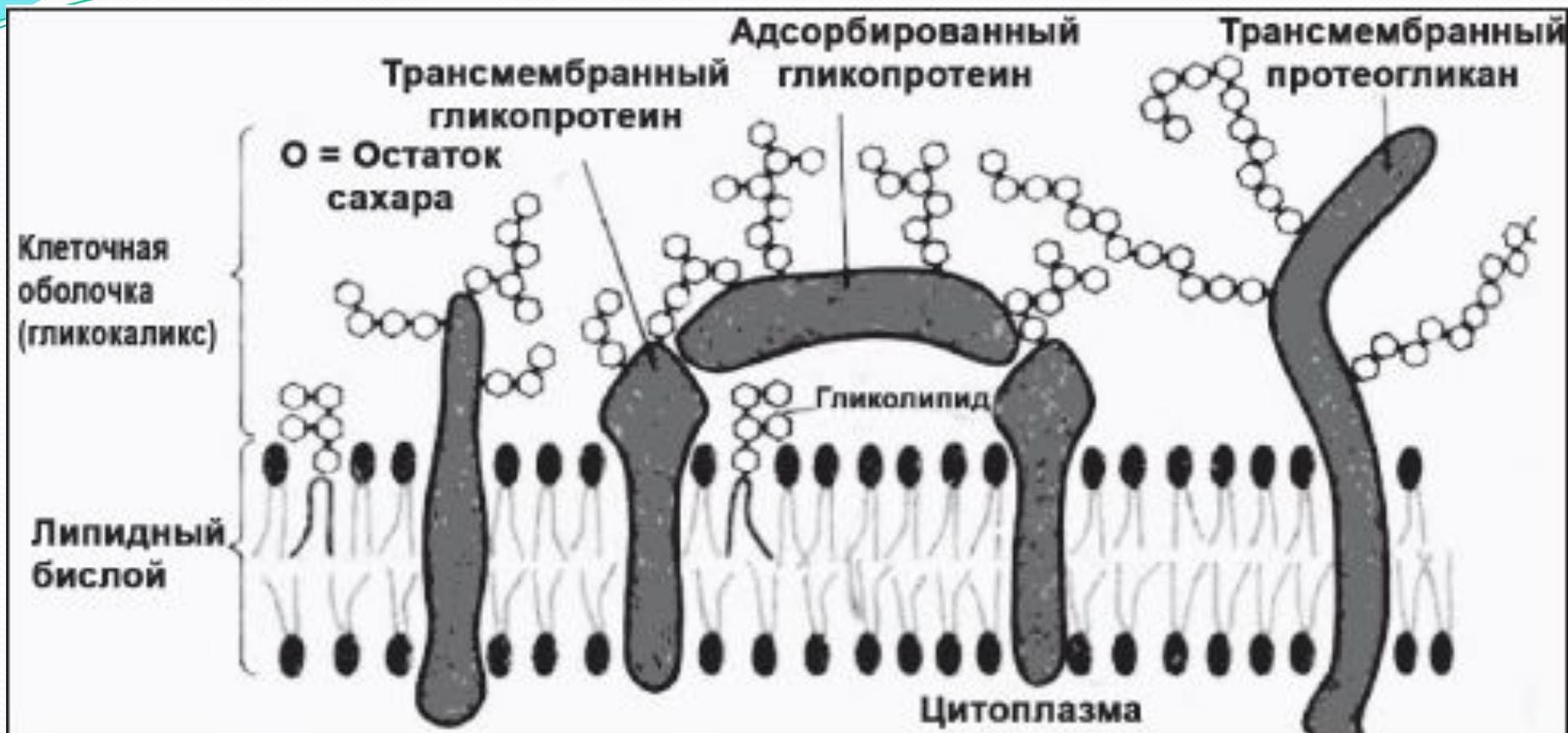
Клеточные стенки у клеток грибов



Хитин - природное соединение из группы азотсодержащих полисахаридов: полимер из остатков N-ацетилглюкозамина, связанных между собой β-(1,4)-гликозидными связями.



Гликокаликс животных клеток



Гликокаликс — «заякоренные» в плазмалемме молекулы олигосахаридов, полисахаридов, гликопротеинов и гликолипидов.

Выполняет рецепторную и маркерную функции, а также участвует в обеспечении избирательности транспорта веществ и пристеночном (примембранном) пищеварении.

Толщина гликокаликса равна приблизительно 15—40 нм.

Клетка

Гиалоплазма

основное вещество
цитоплазмы

Включения — временные
компоненты цитоплазмы

Органоиды- постоянных
компонентов цитоплазмы
(ЭПС, рибосомы,
митохондрии,
пластиды, аппарата
Гольджи, лизосомы,
центриоли и др.),

Снаружи цитоплазма ограничена клеточной мембраной,
внутри - мембраной ядерной оболочки.

У растительных клеток имеется еще и внутренняя пограничная
мембрана, отделяющая клеточный сок и образующая вакуоль.

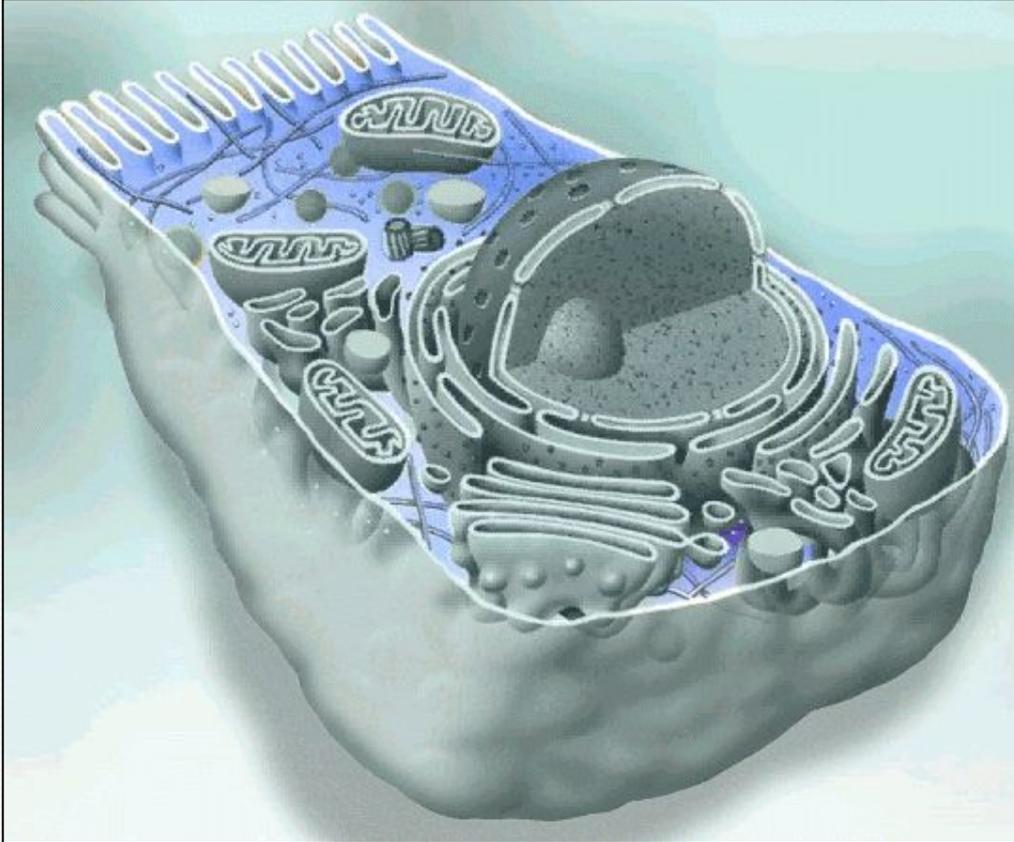
Цитоплазма - это среда для внутриклеточных физиологических и
биохимических процессов.

Цитоплазма способна к движению.

Цитоплазма

Химический состав цитоплазмы:

вода (60-90%); белки (10-20%); жиры и жироподобные вещества (2-3%); другие различные органические и неорганические соединения (до 1,5%).



Цитоплазма имеет *щелочную* реакцию. Одна из характерных особенностей — **циклоз**, движение цитоплазмы.

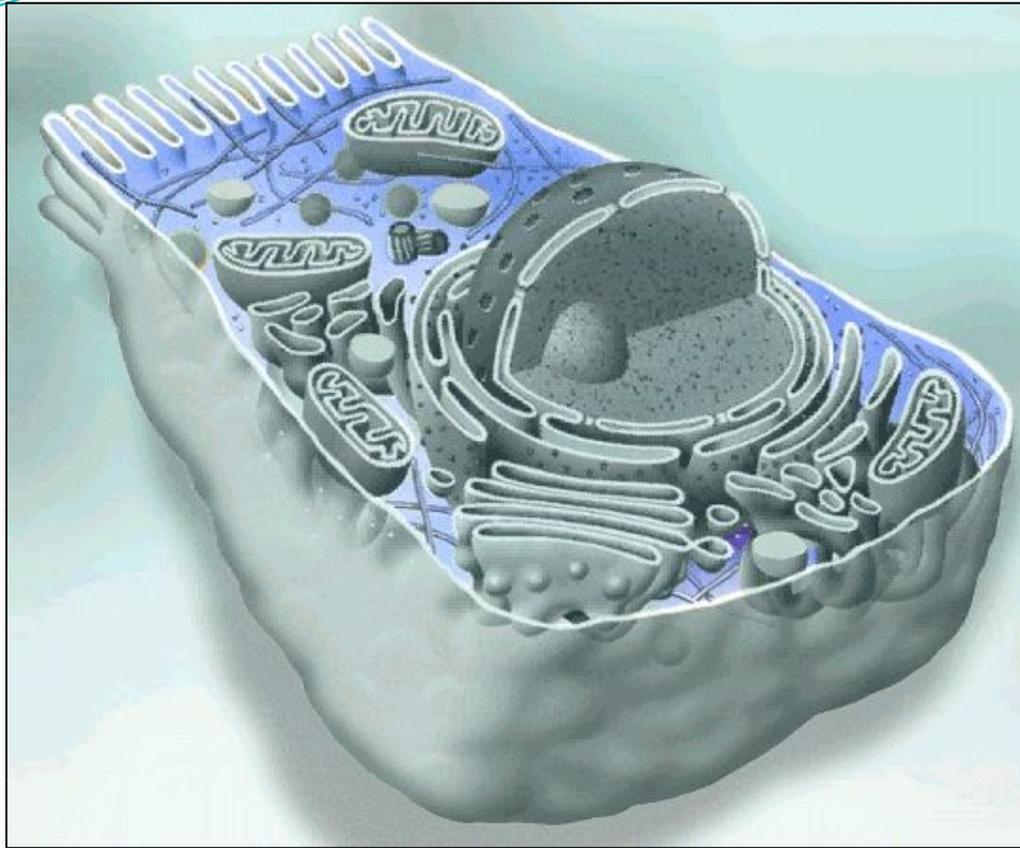
Гиалоплазма. Основное вещество цитоплазмы представляет собой бесцветный, слизистый, густой и прозрачный коллоидный раствор.

Различают две формы гиалоплазмы:

золь — более жидкая гиалоплазма;

гель — более густая гиалоплазма. Между ними возможны взаимопереходы: гель легко превращается в золь и наоборот.

Органоиды

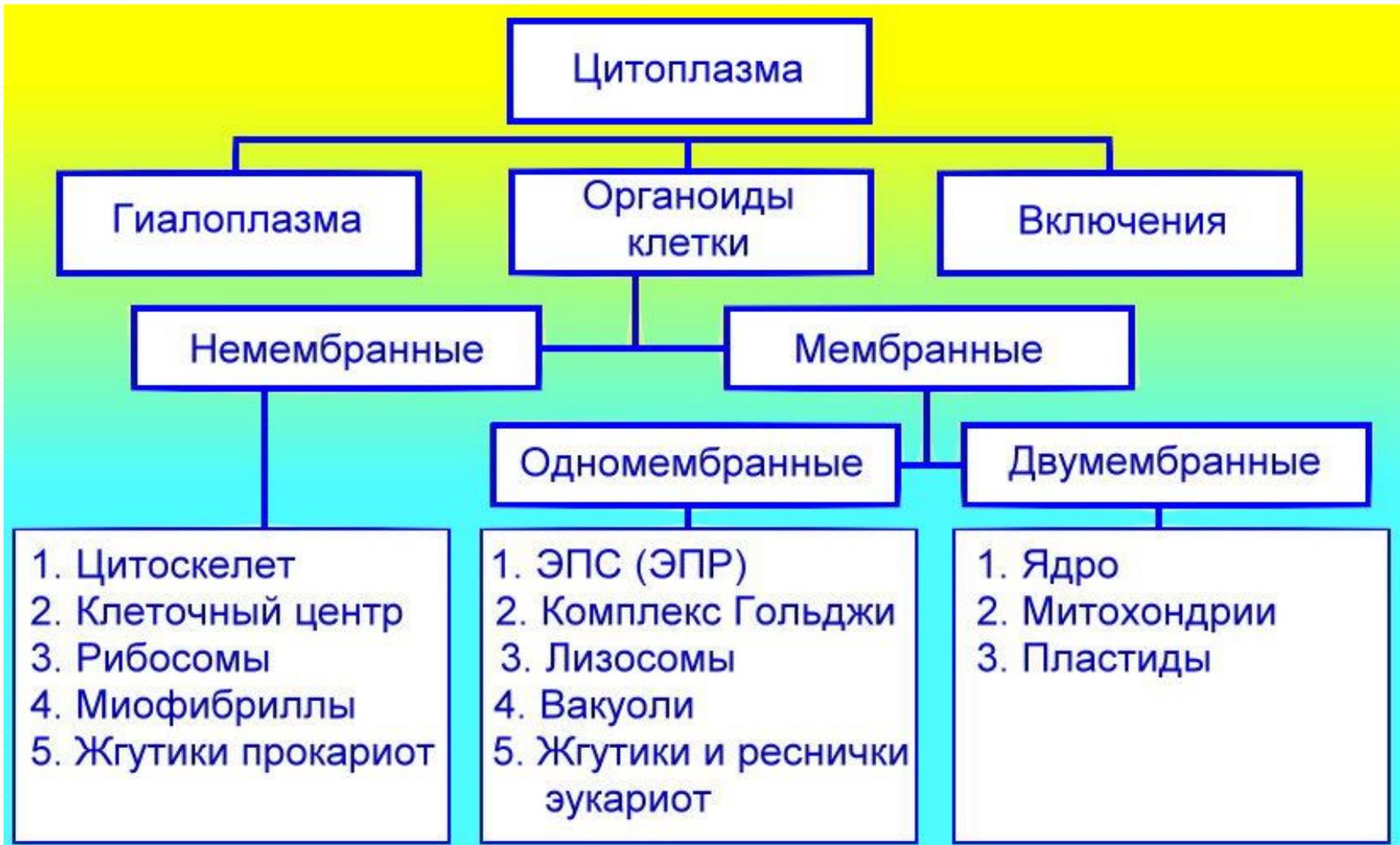


Органоиды (органеллы) — постоянные клеточные структуры, обеспечивающие выполнение клеткой специфических функций. Каждый органоид имеет определенное строение и выполняет определенные функции.

В зависимости от особенностей строения, различают **мембранные и немембранные органоиды.**

Мембранные органоиды могут быть **одномембранными и двумембранными.**

Органоиды



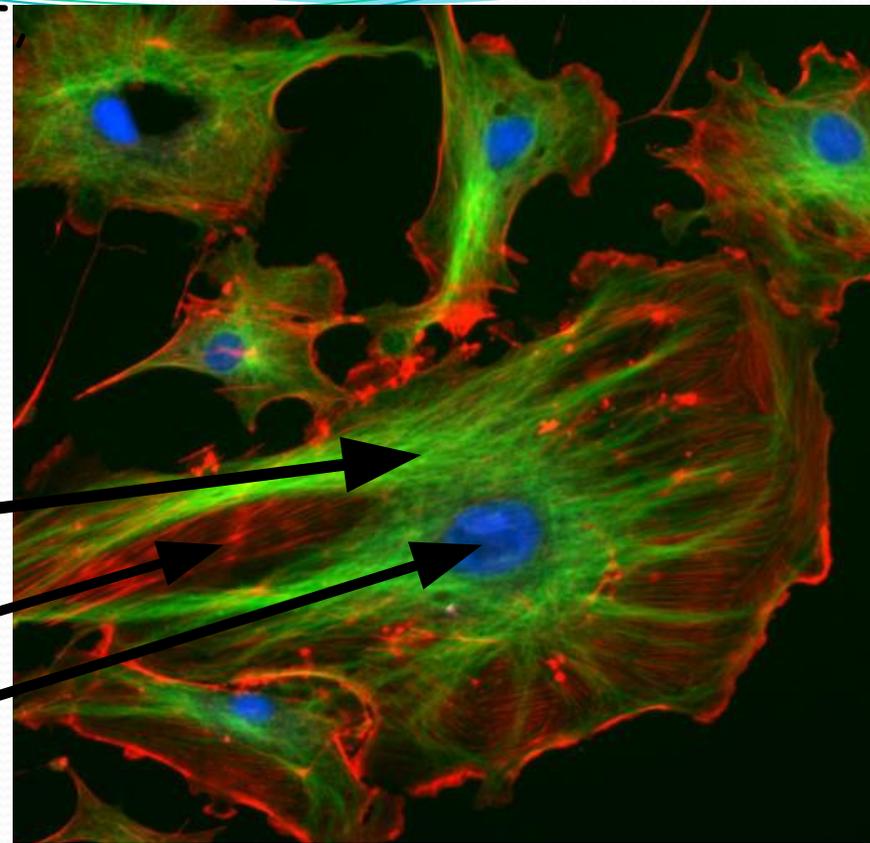
Цитоскелет

Это клеточный каркас или скелет, находящийся в цитоплазме клетки.

Это динамичная, изменяющаяся структура

В цитоскелете выделяют:

- микротрубочки (зеленый)
- актиновые микрофиламенты (красный)
- промежуточные филаменты (голубой)



Функции цитоскелета:

- структурная и механическая
- транспортная
- двигательная
- участие в делении клетки

microtubules



25-nm diameter

actin filaments



7-nm diameter

intermediate filaments



10-nm diameter

Микротрубочки

Микротрубочка - полый цилиндр (диаметр 25 нм), стенки которого состоят из 13 молекул белка тубулина, состоящего из 2-х субъединиц - альфа- и бета- тубулина.

Микротрубочки имеют «-» и «+» концы. На «+» конце происходит сборка микротрубочки, а на «-» конце - ее разборка.

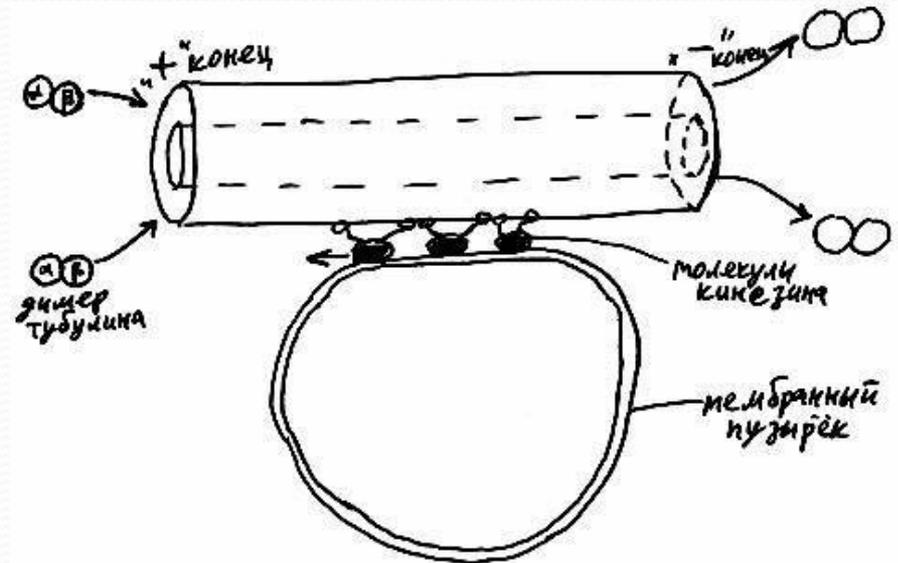
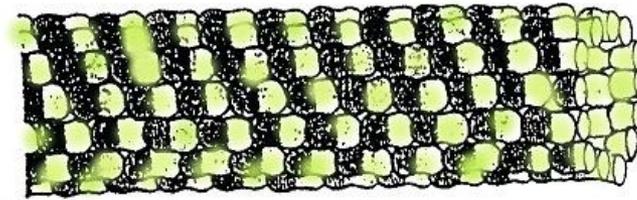
Как правило «+» конец направлен к периферии клетки.

Образование и рост микротрубочек контролируется клеточным центром.

Они постоянно собираются и разбираются. Среднее время жизни в интерфазе около 5-10 минут, во время митоза меньше (15 с).

С микротрубочками связана целая группа белков, которые связываясь с определенными компонентами клетки, обеспечивают их перемещение вдоль микротрубочек (двигатель от + к -, кинезин от - к +).

Фрагмент микротрубочки



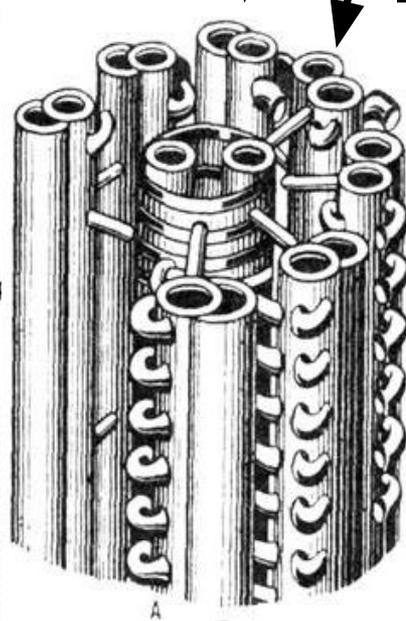
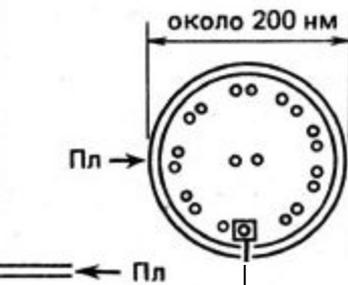
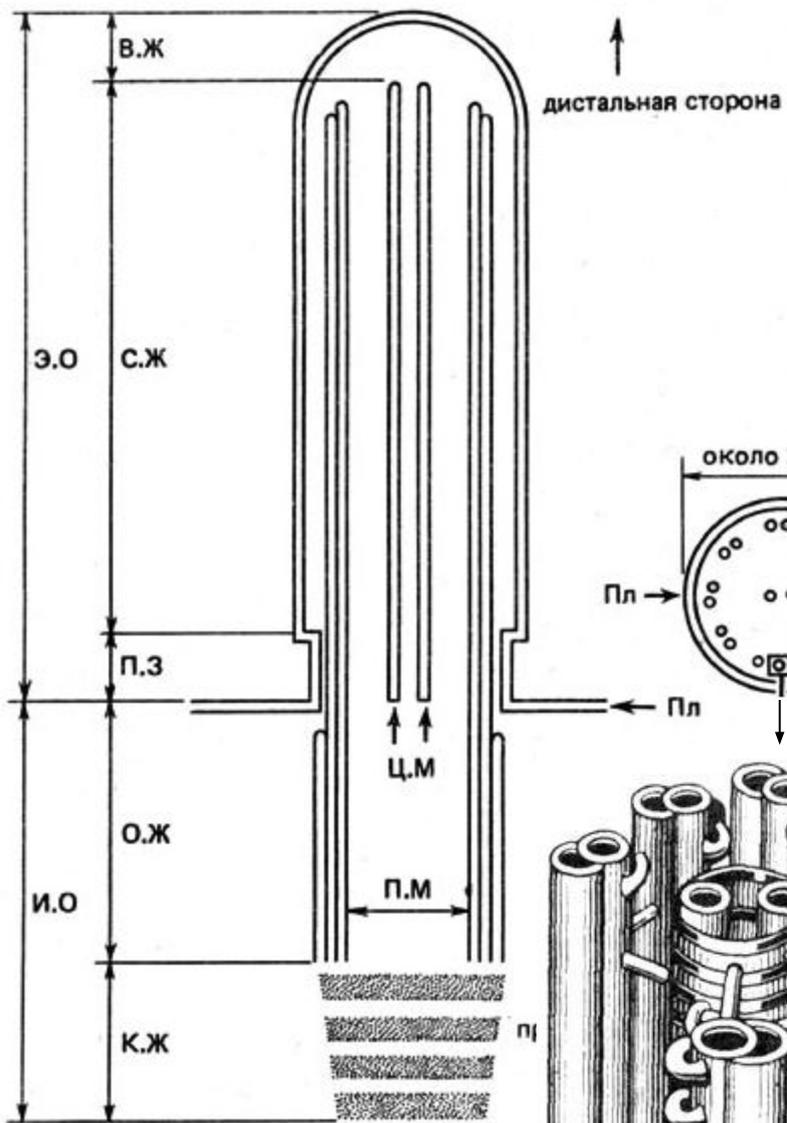
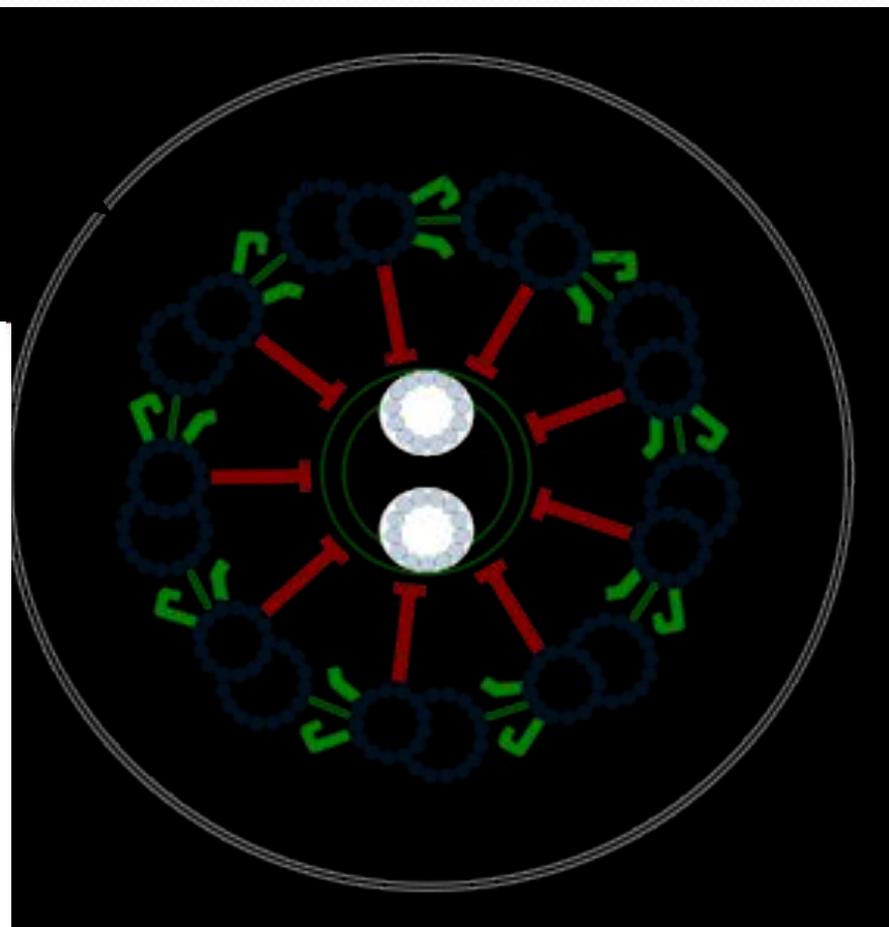
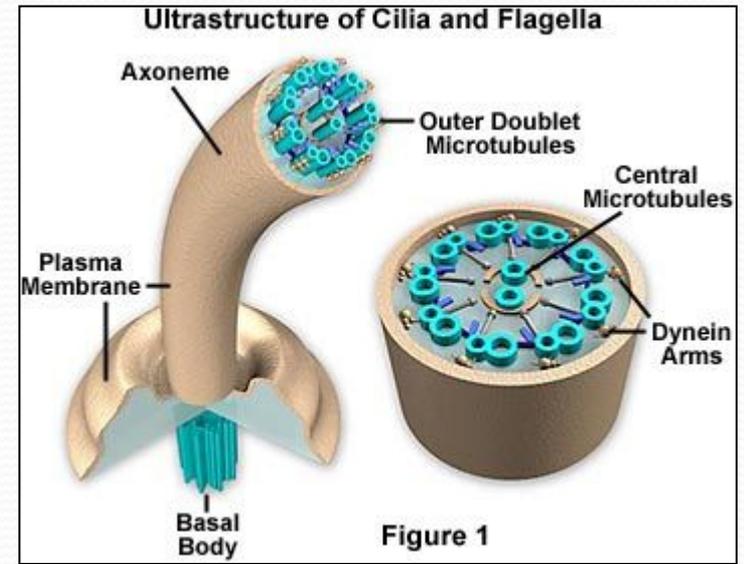
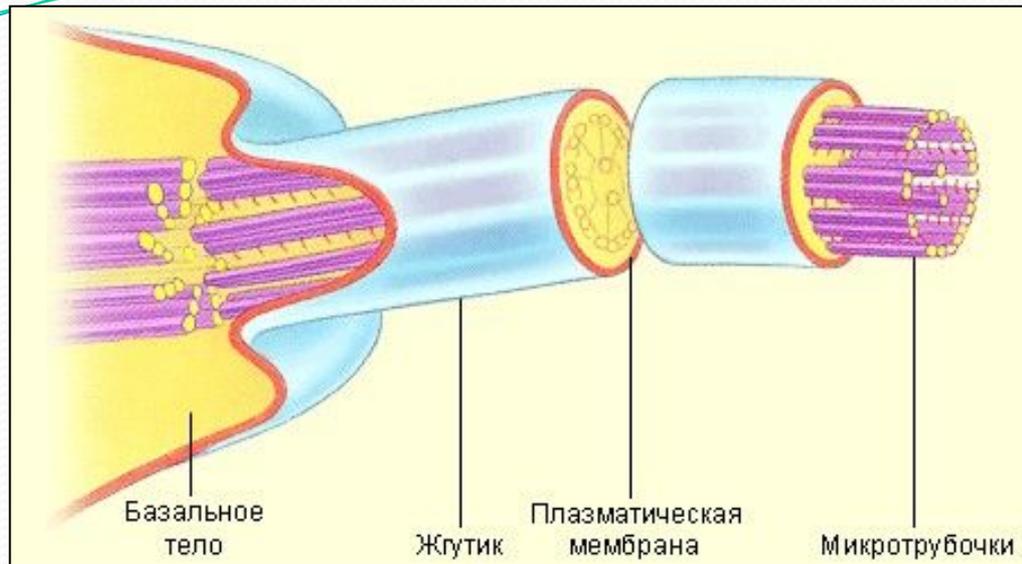


Схема поперечного среза жгутика эукариот.

1А и 1В — А и В микротрубочки периферического дублета, 2 — центральная пара микротрубочек и центральная капсула, 3 — динеиновые ручки, 4 — радиальная спица, 5 — нексинный мостик, 6 — клеточная мембрана.



Жгутики и реснички эукариот



На поперечных срезах видно, что в *середине жгутика* находятся две трубочки, на *периферии* 9 пар трубочек из белка **тубулина**. Данная структура называется **аксонема** и снаружи покрыта мембраной. Центральные трубочки соединены с периферическими радиальными перекладинами.

В основании реснички или жгутика – **базальное тельце**. Каждое базальное тельце состоит из девяти троек микротрубочек, в его центре микротрубочек нет.

Клеточный центр

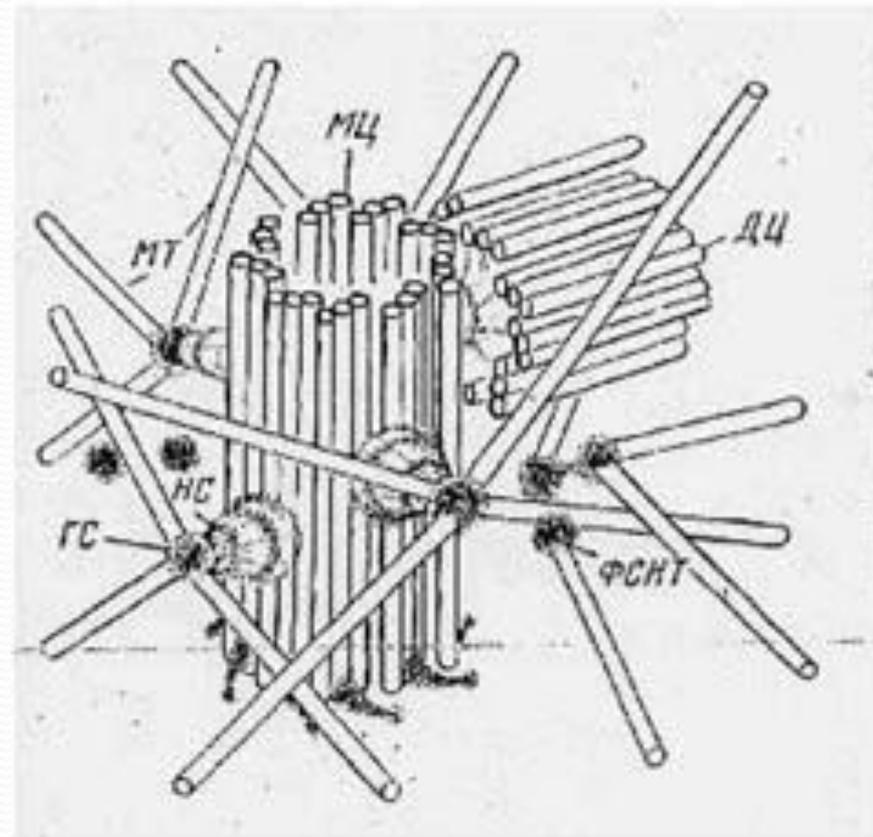
Немембранный компонент клетки.

В его состав входят микротрубочки и две центриоли.

Центриоли находятся в середине центра организации микротрубочек.

Центриоли обнаружены не во всех клетках, имеющих клеточный центр (например, их нет у покрытосеменных растений).

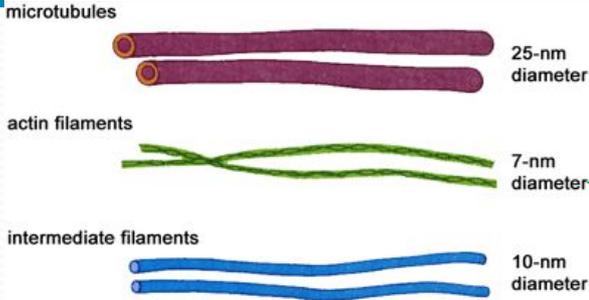
Каждая центриоль - это цилиндр размером около 1 мкм, по окружности которого расположены девять триплетов микротрубочек. Центриоли располагаются под прямым углом друг к другу.



Функции клеточного центра

- организация цитоскелета
- образование веретена деления

АКТИНОВЫЕ МИКРОФИЛАМЕНТЫ



АКТИНОВЫЕ микрофиламенты - две цепочки полимеров актина, закрученные спиралью.

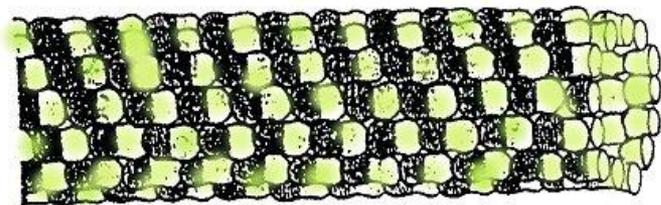
Диаметр 7 нм.

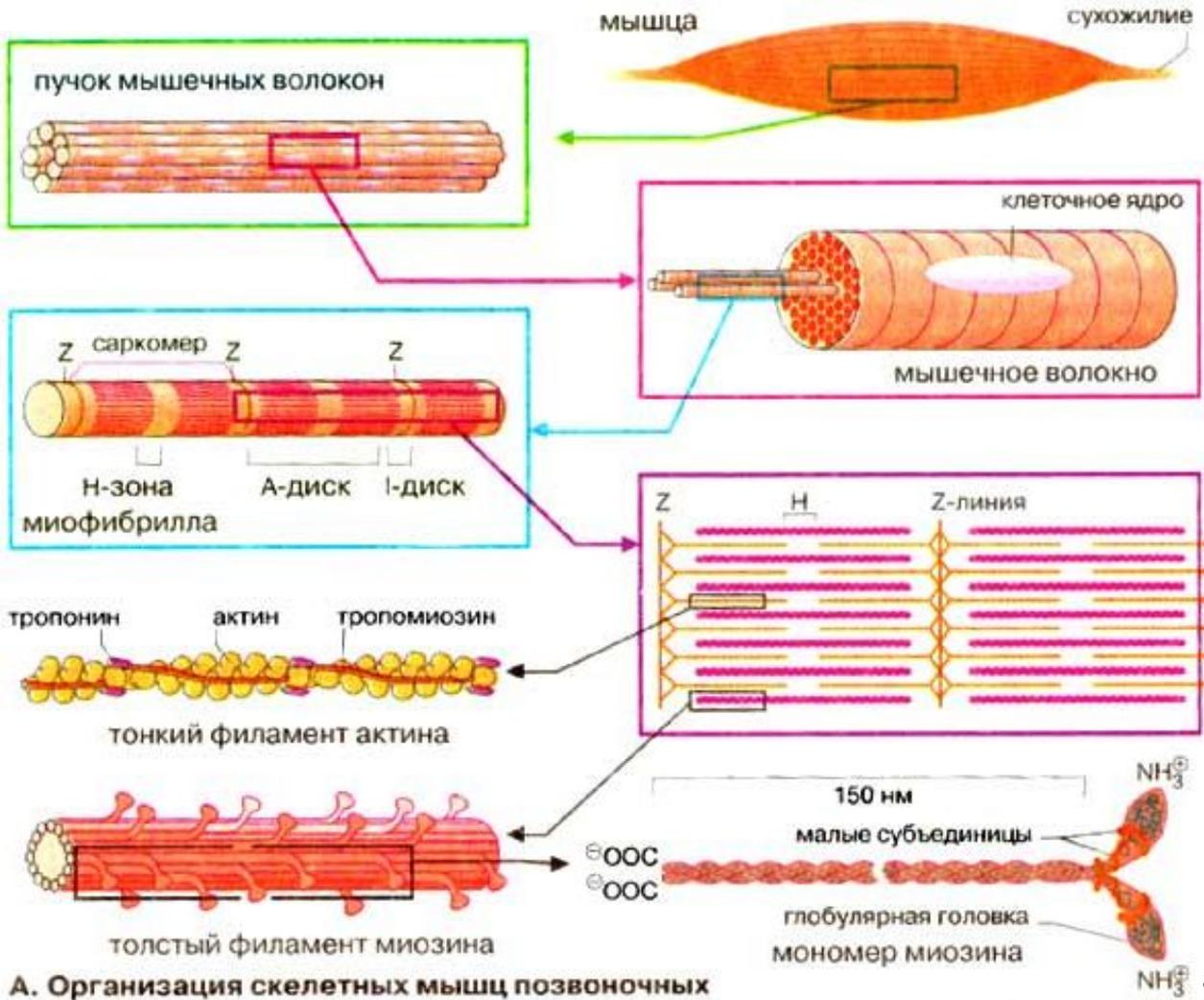
Во многом они похожи на микротрубочки: ориентированы, собираются и разбираются, присутствуют во всех клетках, имеют сходные функции:

поддерживают структуру цитоплазмы и клетки в целом, обеспечивают движение клетки и внутриклеточный транспорт.



Фрагмент микротрубочки





А. Организация скелетных мышц позвоночных



Миофибриллы

Промежуточные филаменты

microtubules



25-nm diameter

actin filaments

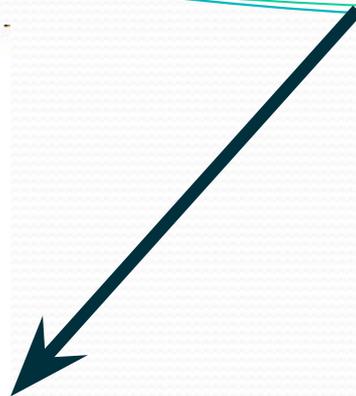


7-nm diameter

intermediate filaments



10-nm diameter



Класс промежуточного филамента	Местонахождение
Кератины (более 20 белков)	Клетки покровного и кишечного эпителия
Десмин	Мышечные клетки
Виментин	Клетки хрящевой, костной, железистой ткани
Глиальный кислый фибриллярный белок	Клетки глиии нервной системы
Нейрофиламенты	Нервные клетки
Ламины (несколько белков)	Все клетки. Расположены в ядре клеток.

Рибосомы

Это субмикроскопические органоиды диаметром 15-35 нм.

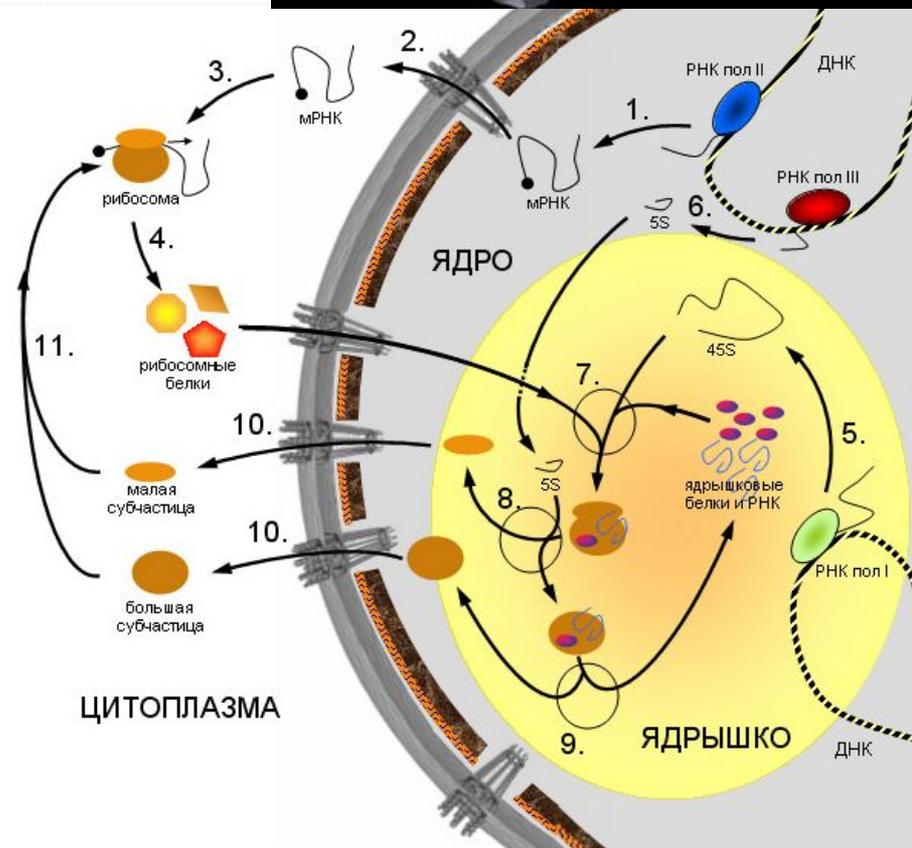
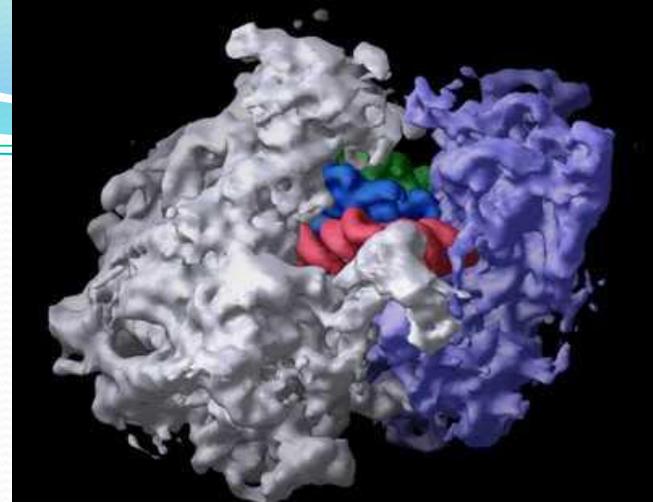
Рибосомы могут быть ядерного, митохондриального и пластидного происхождения.

Большая часть образуется в ядрышке ядра в виде субъединиц (большой и малой) и затем переходит в цитоплазму.

Мембран не имеют.

В составе рибосом эукариотического типа 4 молекулы рРНК и около 100 молекул белка, прокариотического типа — 3 молекулы рРНК и около 55 молекул белка.

На рибосомах идет синтез белков.



Рибосомы эукариот:

80S, размер - 22x32 нм, М ~4.5 млн.Да, состоит из двух субъединиц.

Большая субъединица М=3.0млн.Да, **60S**

(1rRNA 5S (~120н), 1rРНК 5.8S (~160н), 1rRNA 28S (4800н) + 45-50 белковых молекул)

Малая субъединица М=1.5 млн.Да, **40S**

(1rRNA 18S (1900н) + 30-35 белковых молекул)

Рибосомы прокариот:

70S, размер - 21x29 нм, М ~2.8 млн.Да, состоит из двух субъединиц.

Большая субъединица М=1.8млн.Да **50S**

(1rRNA 23S(~2904н), 1rRNA 5S(~120н) + 34 белковые молекулы)

Малая субъединица М=1.0млн.Да **30S**

(1rRNA 16S (~1542н) + 21 белковые молекулы)

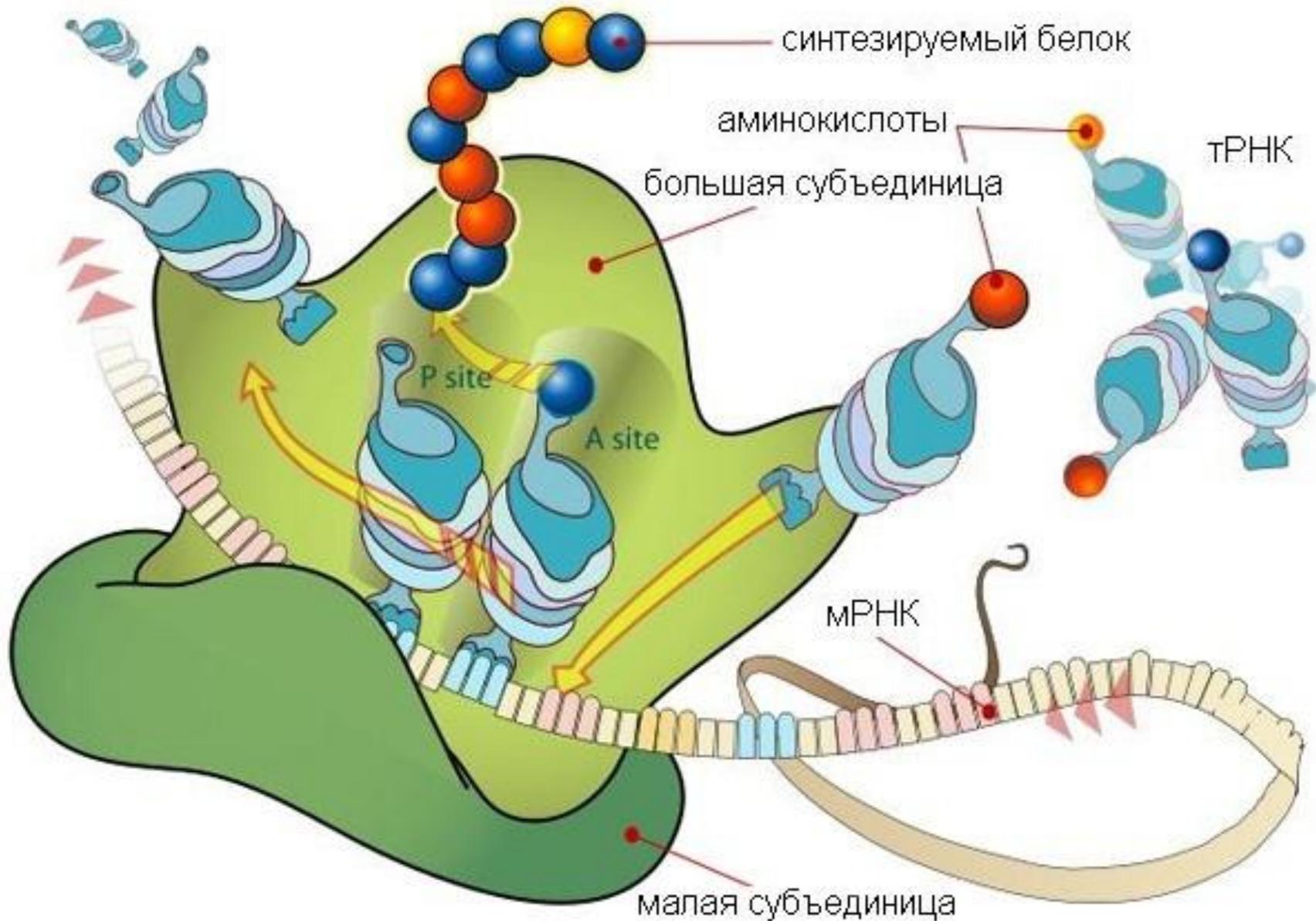
четыре молекулы рРНК (18S, 5.8S и 28S рРНК) синтезируются в ядрышке РНК полимеразой I в виде единого предшественника (45S), который затем подвергается модификациям и нарезанию.

5S рРНК синтезируется РНК полимеразой III в другой части генома и не нуждаются в дополнительных модификациях.

Почти вся рРНК находится в виде магниевой соли, что необходимо для поддержания структуры; при удалении ионов магния рибосома подвергается диссоциации на субъединицы.

S - Константа седиментации (скорость оседания в ультрацентрифуге)

Структура рибосомы





Одномембранные органойды

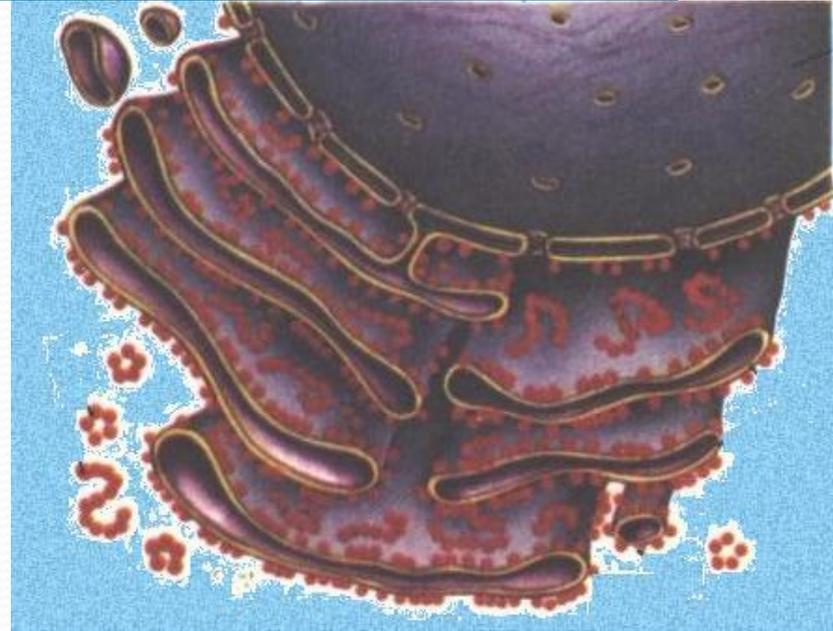
Эндоплазматическая сеть (ЭПС)

ЭПС имеется во всех клетках, исключая бактериальные клетки и эритроциты;

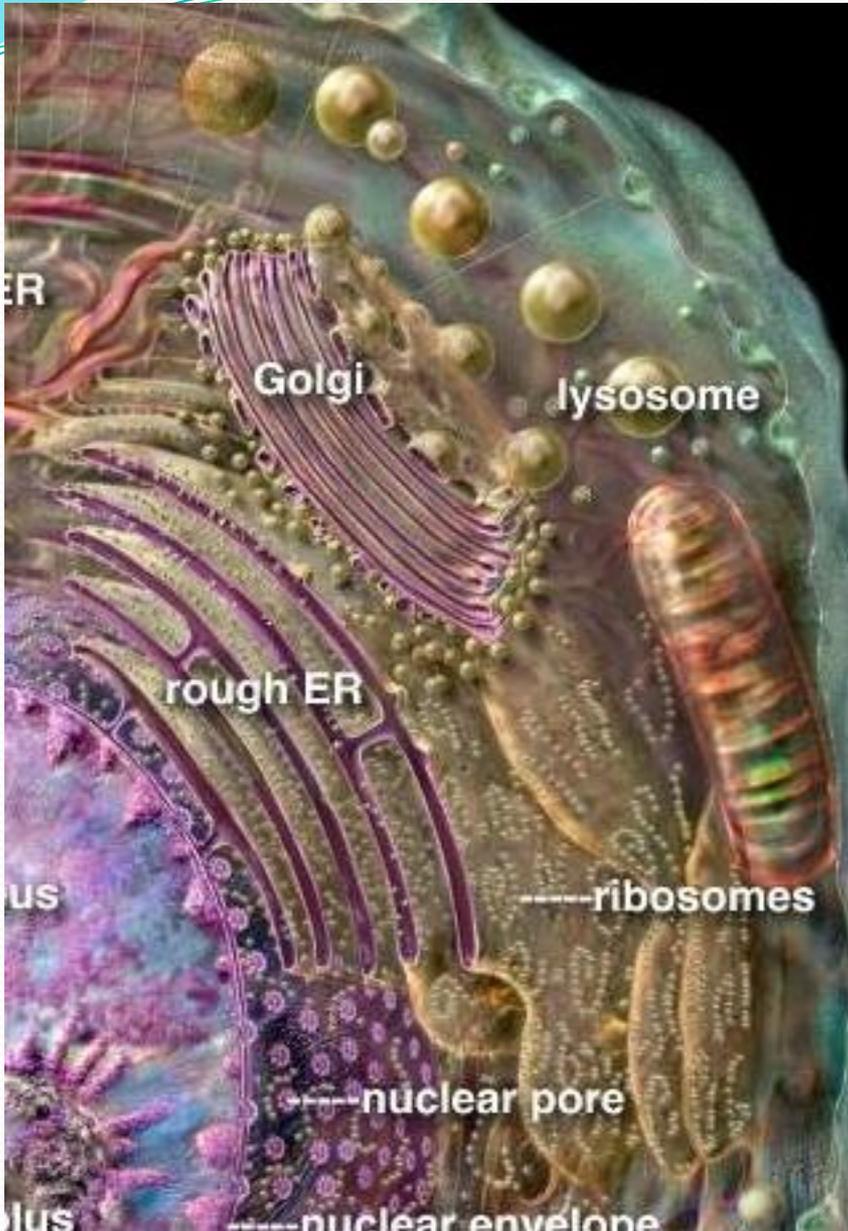
она составляет от 30 до 50 % объема клетки.

Функции

- участвует в синтезе органических веществ (гранулярная - белки, гладкая - жиры и углеводы)
- транспортирует синтезированные вещества в аппарат Гольджи
- разделяет клетку на отсеки
- в клетках печени ЭПС участвует в обезвреживании ядовитых веществ
- в мышечных клетках играет роль депо кальция, необходимого для мышечного сокращения



Комплекс Гольджи



Пластинчатый комплекс, комплекс Гольджи. Органоид, обычно расположенный около клеточного ядра (в животных клетках часто вблизи клеточного центра).

Представляет собой стопку уплощенных цистерн - диктиосому с расширенными краями, от которой отшнуровываются мелкие одномембранные пузырьки (пузырьки Гольджи).

Число стопок Гольджи (**ДИКТИОСОМ**) в клетке колеблется от одной до нескольких сотен.

Комплекс Гольджи

Это сложная сеть полостей, трубочек и пузырьков вокруг ядра.

Состоит из трех основных компонентов: группы мембранных полостей, системы трубочек, отходящих от полостей и пузырьков на концах трубочек.



Функции

- в полостях накапливаются вещества, которые синтезируются и транспортируются по ЭПС
- здесь они подвергаются химическим изменениям
- модифицированные вещества упаковываются в мембранные пузырьки, которые выбрасываются клеткой в виде секретов
- пузырьки могут использоваться клеткой в качестве лизосом
- пузырьки могут участвовать в обновлении мембран

Комплекс Гольджи



Важнейшая функция комплекса Гольджи — выведение из клетки различных секретов (ферментов, гормонов), поэтому он хорошо развит в секреторных клетках.

У аппарата Гольджи выделяют две разные стороны: формирующую и зрелую, от которой постоянно отпочковываются пузырьки, несущие белки и липиды в разные компартменты клетки или за ее пределы.

Наружная часть аппарата Гольджи постоянно расходуется в результате отшнуровывания пузырьков, а внутренняя — постепенно формируется за счет деятельности ЭПР.

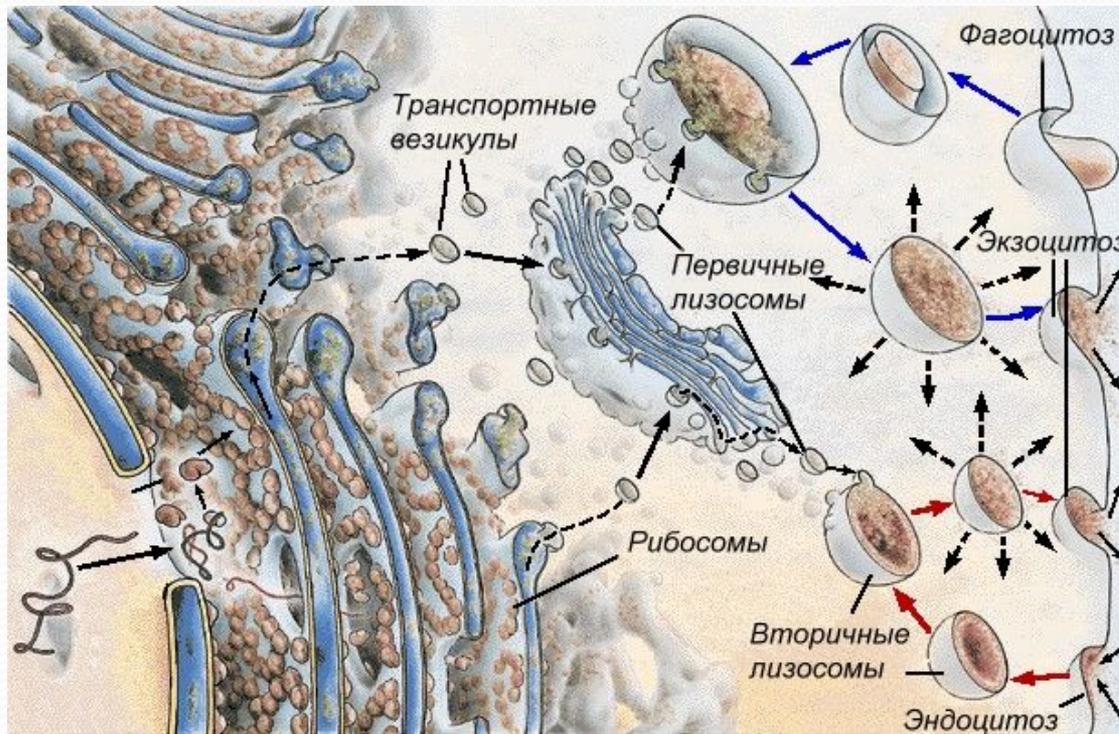
Лизосомы

Самые мелкие одномембранные органоиды клетки, представляющие собой пузырьки диаметром 0,2-0,8 мкм, содержащие около 40 гидролитических ферментов (протеазы, липазы, нуклеазы, фосфатазы), *активных в слабокислой среде*.

Расщепление веществ с помощью ферментов называют **лизисом**, отсюда и название органоида.



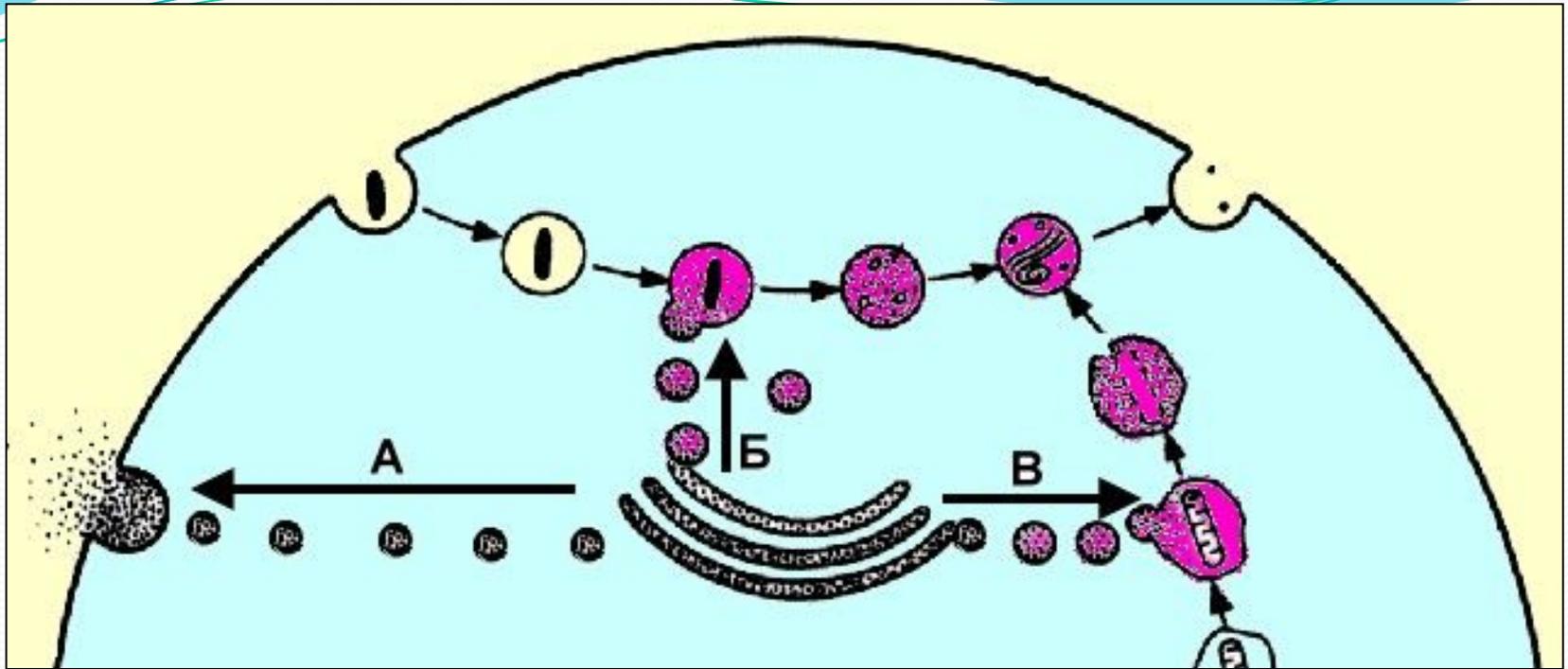
Лизосомы



Различают **первичные лизосомы** — лизосомы, отшнуровавшиеся от аппарата Гольджи и содержащие ферменты в неактивной форме;

вторичные лизосомы — лизосомы, образовавшиеся в результате слияния первичных лизосом с пиноцитозными или фагоцитозными вакуолями (часто их называют пищеварительными вакуолями):

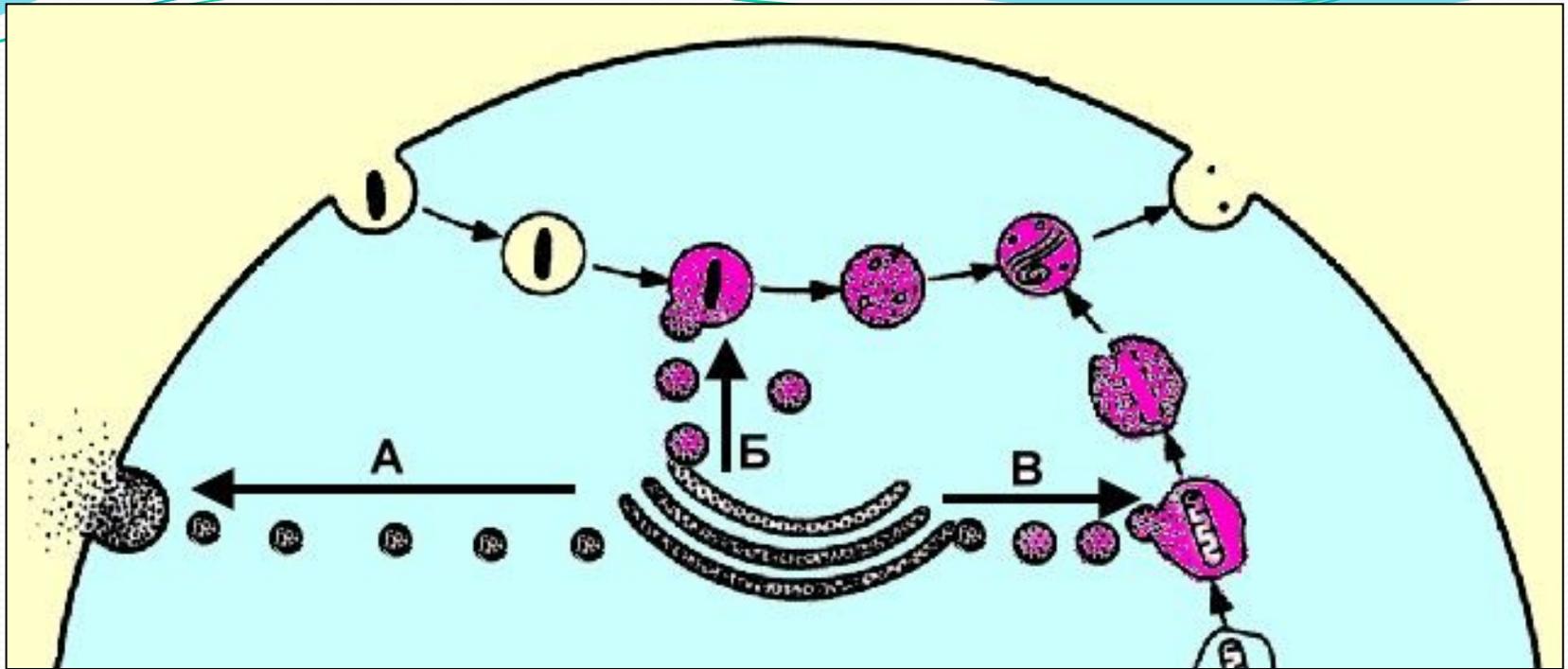
Лизосомы



Продукты переваривания усваиваются цитоплазмой клетки, но часть материала так и остается непереваренной. Вторичная лизосома, содержащая этот непереваренный материал, называется **остаточным тельцем**.

Вторичная лизосома, переваривающая отдельные составные части клетки, называется **автофагической вакуолью**.

Одномембранные органоиды. Лизосомы



Иногда с участием лизосом происходит саморазрушение клетки. Этот процесс называют **автолизом**. Обычно это происходит при некоторых процессах дифференцировки (например, замена хрящевой ткани костной, исчезновение хвоста у головастика лягушек).

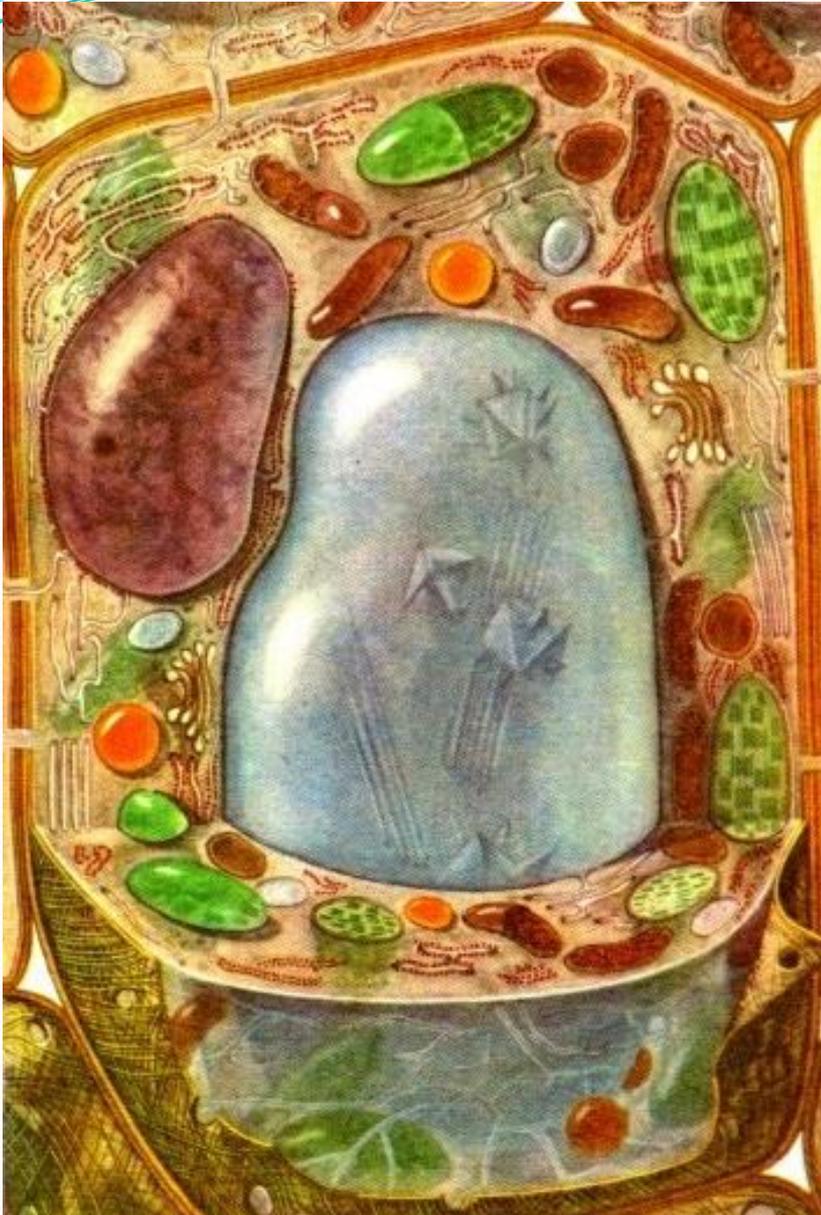
Лизосомы

Функции



- **переваривание** захваченных клеткой при **эндоцитозе** веществ или частиц (бактерий, других клеток)
- **аутофагия** — уничтожение ненужных клетке структур, например, во время замены старых органоидов новыми, или переваривание белков и других веществ, произведенных внутри самой клетки
- **автолизис**— самопереваривание клетки, приводящее к ее гибели (иногда этот процесс не является патологическим, а сопровождает развитие организма или дифференцировку некоторых специализированных клеток). Пример: При превращении головастика в лягушку, лизосомы, находящиеся в клетках хвоста, переваривают его: хвост исчезает, а образовавшиеся во время этого процесса вещества всасываются и используются другими клетками тела.
- **растворение внешних структур** (например, остеокласты)

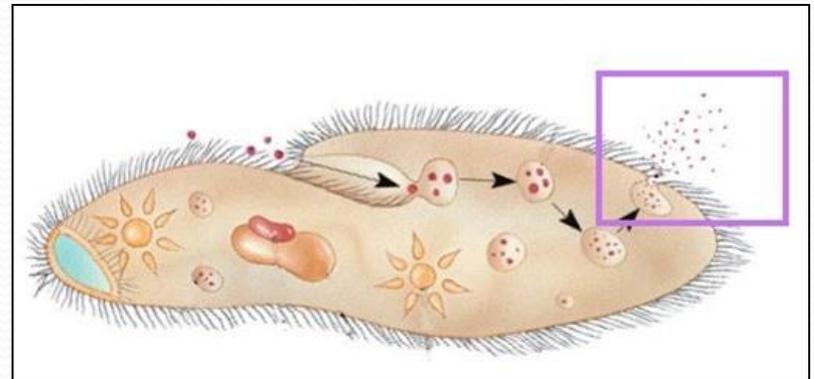
Одномембранные органоиды. Вакуоли



Одномембранным органоидом является также вакуоль растительной клетки, окруженная мембраной – **тонопластом**.

Вакуоль обеспечивает накопление органических и неорганических веществ, обеспечивает **тургор** клетки.

Есть ли вакуоли в животных клетках?





Двумембранные органоиды

Митохондрии

Оболочка состоит из двух мембран.

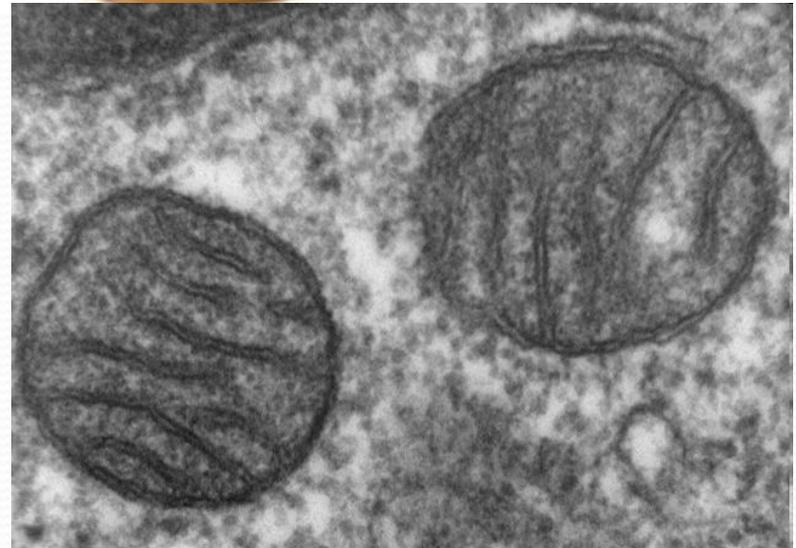
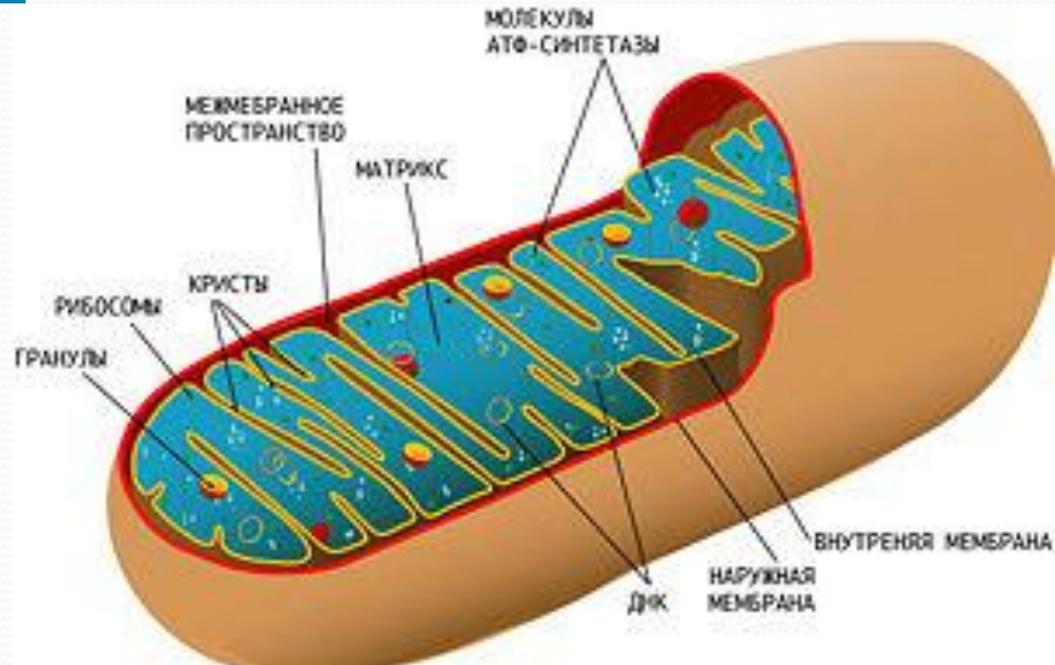
Наружная мембрана - гладкая, внутренняя образует выросты, называемые **кристами**.

Внутри митохондрии находится полужидкий матрикс, который содержит РНК, ДНК, белки, липиды, углеводы, ферменты, АТФ, рибосомы и другие вещества.

Размеры митохондрий от 0,2-0,4 до 1-7 мкм.

Количество зависит от вида клетки

(например, в клетке печени может быть 1000-2500 митохондрий).



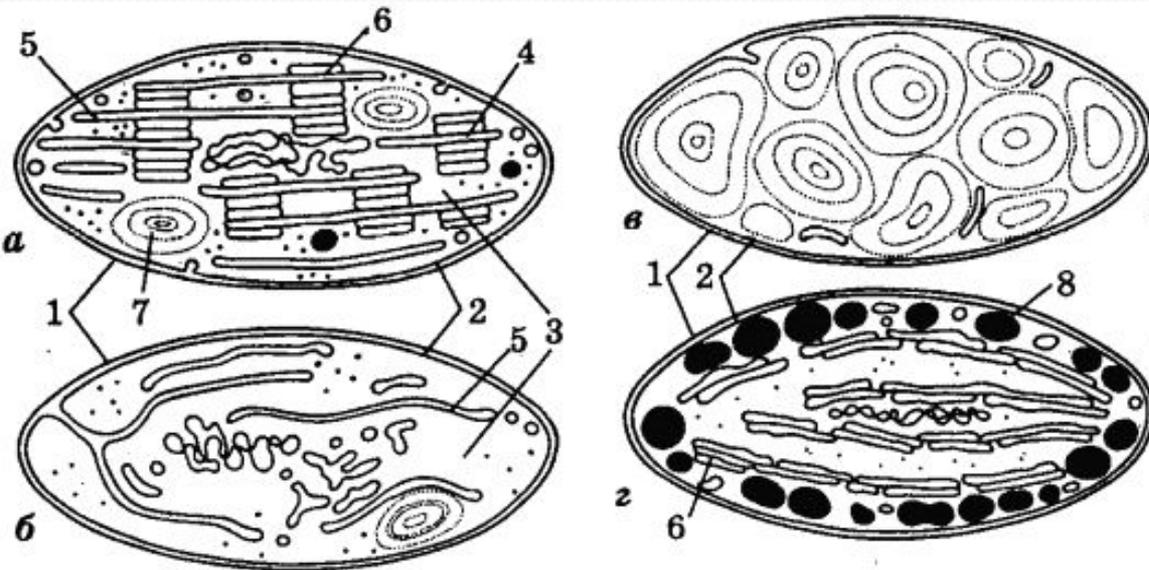
Функции митохондрий

- На внутренней мембране находятся дыхательные ферменты и ферменты синтеза АТФ. Благодаря этому митохондрии обеспечивают **клеточное дыхание и синтез АТФ**.
- митохондрии могут сами синтезировать белки, так как в них есть собственные ДНК, РНК и рибосомы.

По своему строению митохондрии напоминают клетки прокариот; в связи с этим предполагают, что они произошли от внутриклеточных аэробных симбионтов.

Пластиды

- **Лейкопласты** — неокрашенные пластиды, как правило выполняют запасную функцию.
- **Хромопласты** — пластиды, окрашенные в жёлтый, красный или оранжевый цвет. Окраска хромопластов связана с накоплением в них **каротиноидов**. Хромопласты определяют окраску осенних листьев, лепестков цветов, корнеплодов, созревших плодов.
- **Хлоропласты** — пластиды, несущие фотосинтезирующий пигменты (**хлорофилл**). Имеют зелёную окраску.



Строение (а) хлоропласта, лейкопласта (б), амилопласта (в), хромопласта (г).

1 - внешняя мембрана; 2 - внутренняя мембрана; 3 - матрикс (stroma); 4 - грана; 5 - ламеллы стромы; 6 - тилакоид; 7 - крахмальное зерно; 8 - липидная капля с пигментами.

Все виды пластид могут образовываться из пропластид.

Пропластиды — мелкие органоиды, содержащиеся в меристематических тканях.

Поскольку пластиды имеют общее происхождение, между ними возможны взаимопревращения.

Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение клубней картофеля на свету), хлоропласты — в хромопласты (пожелтение листьев и покраснение плодов).

Превращение хромопластов в лейкопласты или хлоропласты считается невозможным.

Хлоропласты

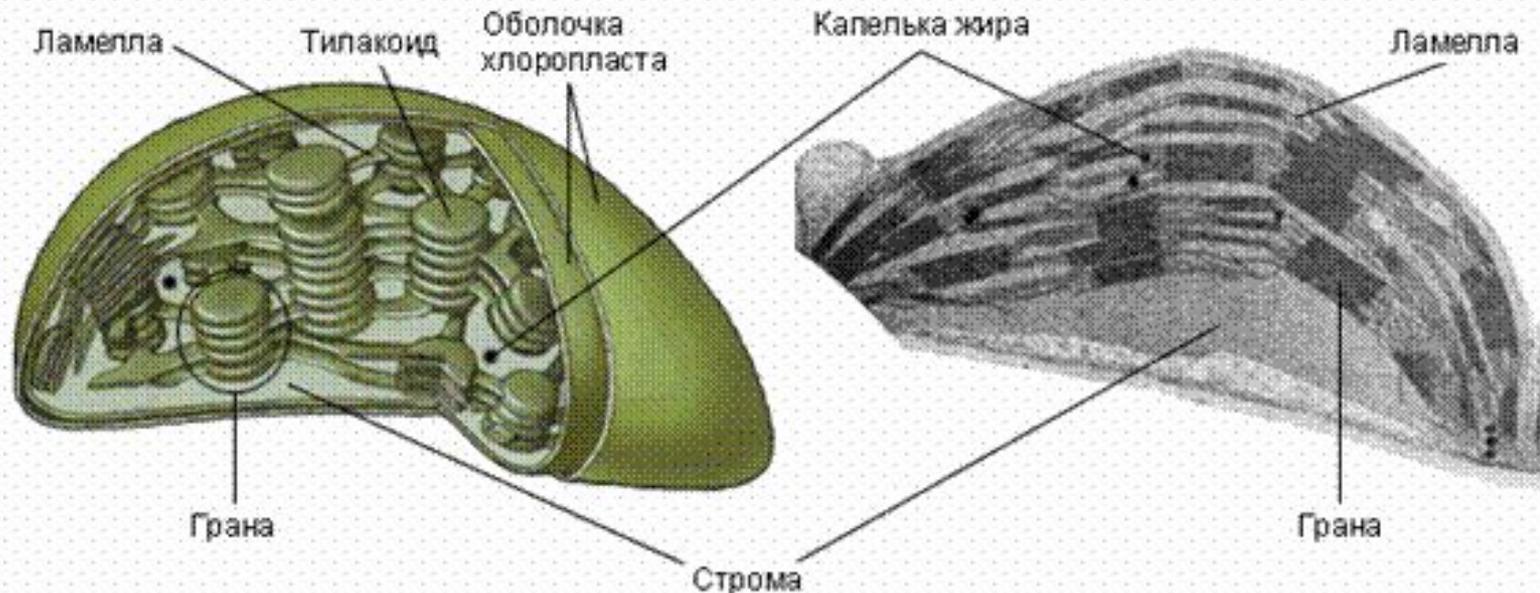
Это зеленые пластинки диаметром 3-4 мкм, имеющие овальную форму. Хлоропласты, как и митохондрии, имеют наружную и внутреннюю мембраны.

Внутренняя мембрана образует выросты - тилакоиды.

Тилакоиды образуют стопки - граны, которые объединяются друг с другом внутренней мембраной.

В мембранах тилакоидов находится хлорофилл.

В матриксе (строме) хлоропласта находятся рибосомы, РНК и ДНК.



Функции хлоропластов

- обеспечение процесса фотосинтеза:
в мембранах тилакоидов идет световая фаза,
а в строме хлоропластов - темновая фаза фотосинтеза
- запасающая функция: в матриксе хлоропластов видны гранулы первичного крахмала, то есть крахмала, синтезированного в процессе фотосинтеза из глюкозы
- могут сами синтезировать белки, так как в них есть собственные ДНК, РНК и рибосомы

По своему строению напоминают клетки прокариот; в связи с этим предполагают, что они произошли от внутриклеточных аэробных симбионтов.

В морфологической и функциональной организации митохондрий и хлоропластов есть общие черты.

Основная характеристика, объединяющая эти органоиды, состоит в том, что они имеют собственную генетическую информацию и синтезируют собственные белки.

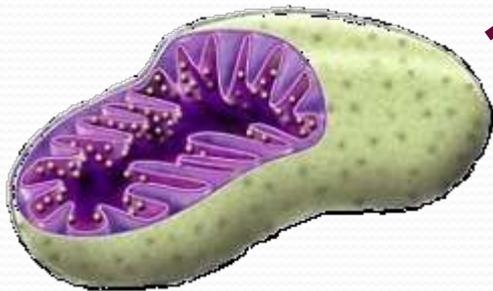
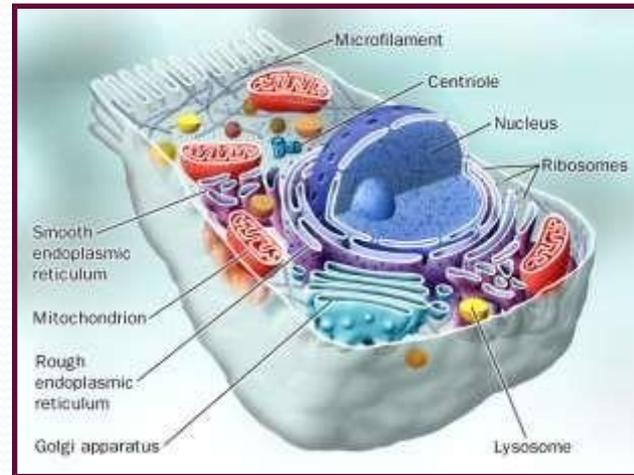
Симбиогенез



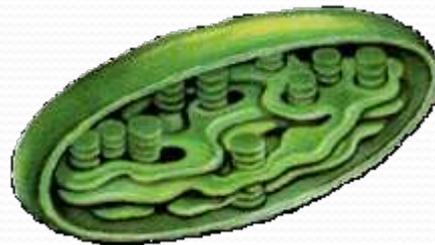
Линн Маргулис
(1938-2011)
отвергли в 15 журналах
1967 jtb



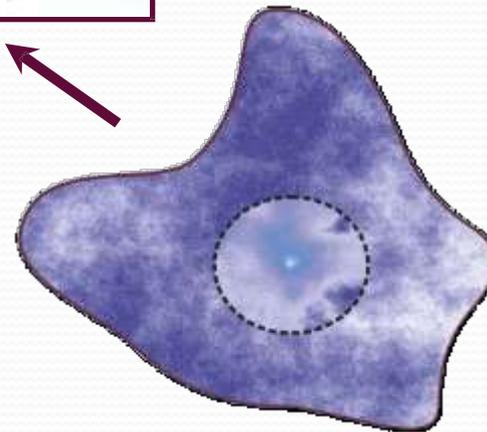
Константин Сергеевич
Мережковский
(1855-1921)



• Митохондрии
(альфапротеобактерии)

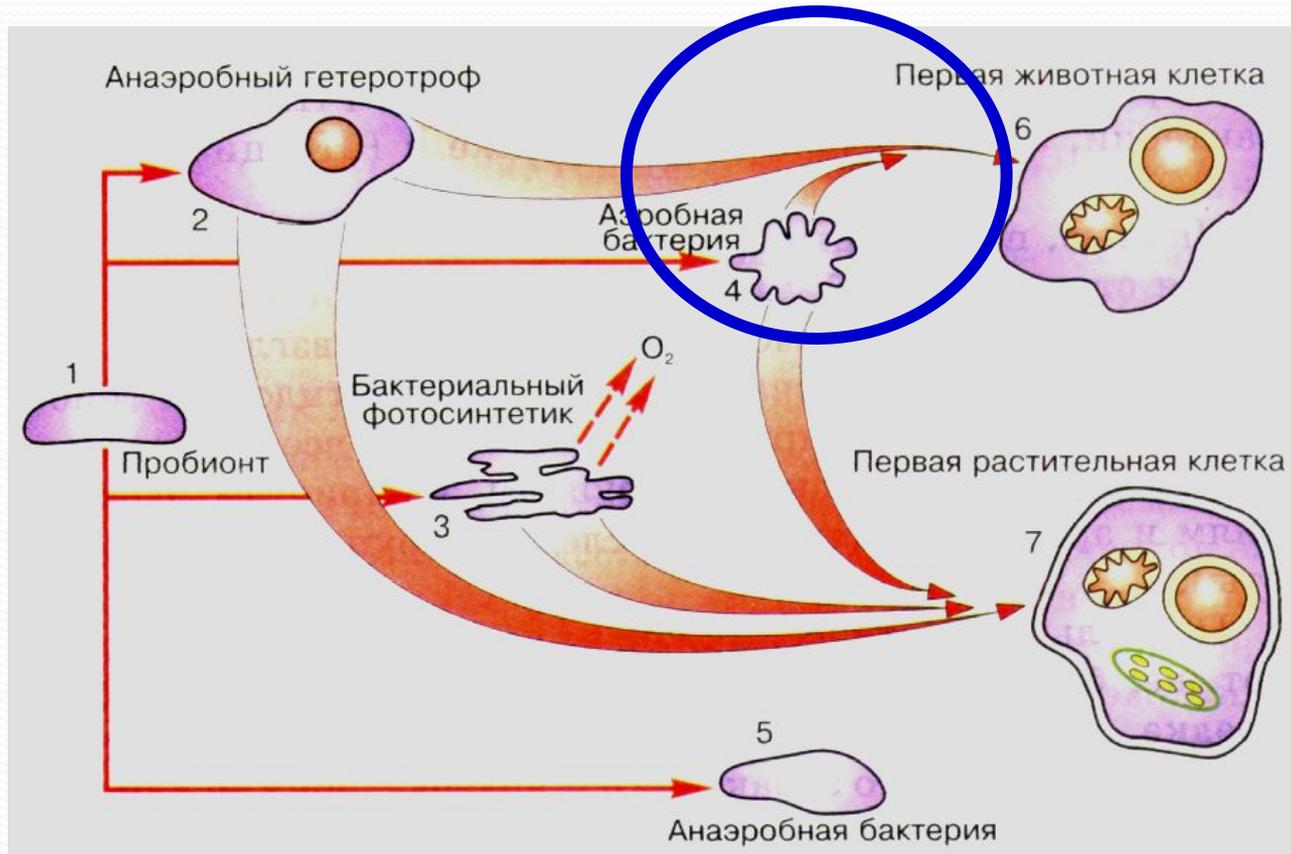


• Пластиды
(цианобактерии)



• Ядро и цитоплазма
? археи ?
? хрооциты ?
? химеры ?

Двумембранные органеллы. Митохондрии

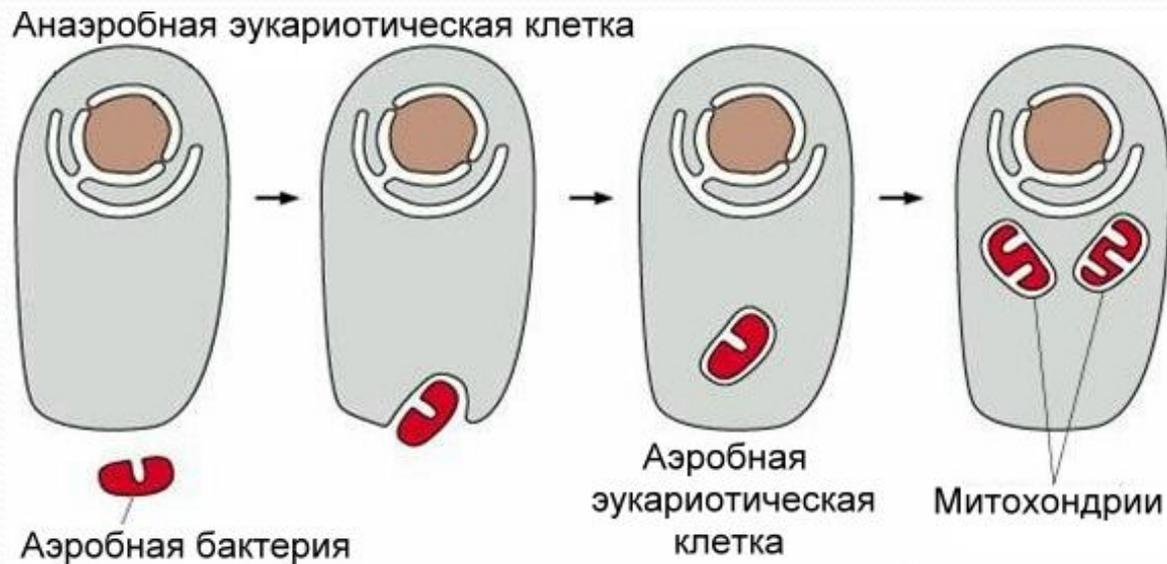


Согласно гипотезе **симбиогенеза**, митохондрии произошли от бактерий-окислителей, вступивших в симбиоз с анаэробной клеткой.

Двумембранные органеллы. Митохондрии

Значение симбиоза – при окислении образуется в 19 раз больше энергии, чем при гликолизе, бескислородном окислении.

Доказательства симбиотического происхождения митохондрий: в органоидах своя ДНК, кольцевая, как у бактерий, синтезируются свои белки, размножаются – как бактерии – делением. Но в процессе симбиоза большая часть генов перешла в ядро.



Приобретение митохондрий (из

лекции Маркова А.В.)

- Возможно, именно это было ключевым событием (а не появление ядра).

Эукариоты были аэробными с самого начала.

- Митохондрии аэробны и служат для кислородного дыхания, у цитоплазмы – анаэробный метаболизм. Скорее всего, первичной функцией мт-симбионта была защита хозяина от токсичного кислорода.
- Большинство генов мт-симбионта были перенесены в ядро.
- Ядерные гены митохондриального происхождения кодируют не только белки митохондрий, но и множество белков, работающих в цитоплазме. Т.е. симбионт дал больше, чем просто органеллы для дыхания.
- Сосуществование двух геномов в одной клетке требовало развития систем генной регуляции. Это могло стать стимулом для формирования ядра (чтобы отделить геном от бурных химических процессов цитоплазмы).
- Чтобы избежать необратимого накопления вредных мутаций из-за резкого увеличения генома, необходимо было перейти к половому

Клеточные включения

Это непостоянные структуры клетки.

К ним относятся капли и зерна белков, углеводов, жиров, а также кристаллические включения

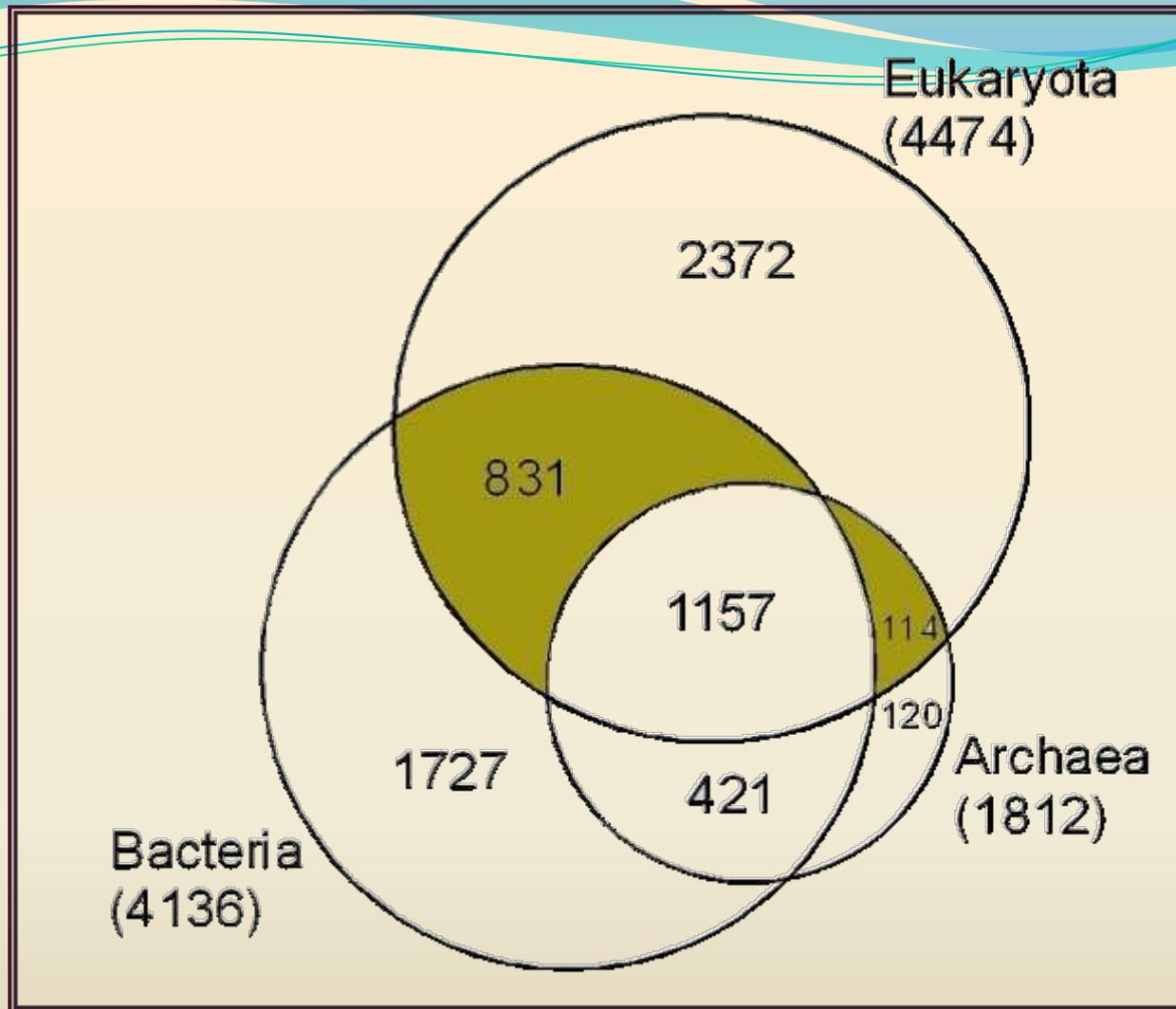
(органические кристаллы, которые могут образовывать в клетках белки, вирусы, соли щавелевой кислоты и т.д. и неорганические кристаллы, образованные солями кальция).

В отличие от органоидов эти включения не имеют мембран или элементов цитоскелета и периодически синтезируются и расходуются.

Капли жира используются как запасное вещество в связи с его высокой энергоемкостью;

зерна углеводов (в виде крахмала у растений и гликогена у животных и грибов) - как источник энергии для образования АТФ;

зерна белка - как источник строительного материала; соли кальция - для обеспечения процесса возбуждения, обмена веществ и т.д.



Число общих и уникальных белковых молекул у архей, бактерий и эукариот (из лекции Маркова А.В.)