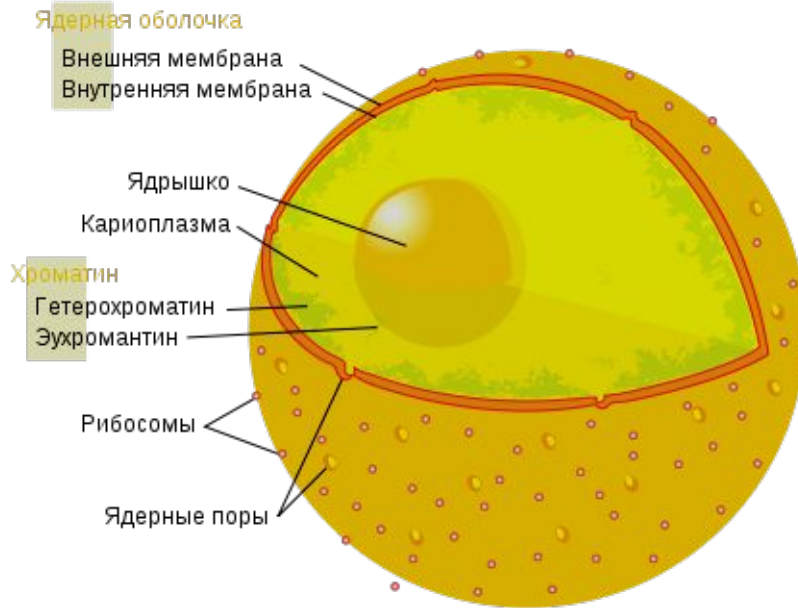


Клетка (органеллы, химический состав)

Часть 2

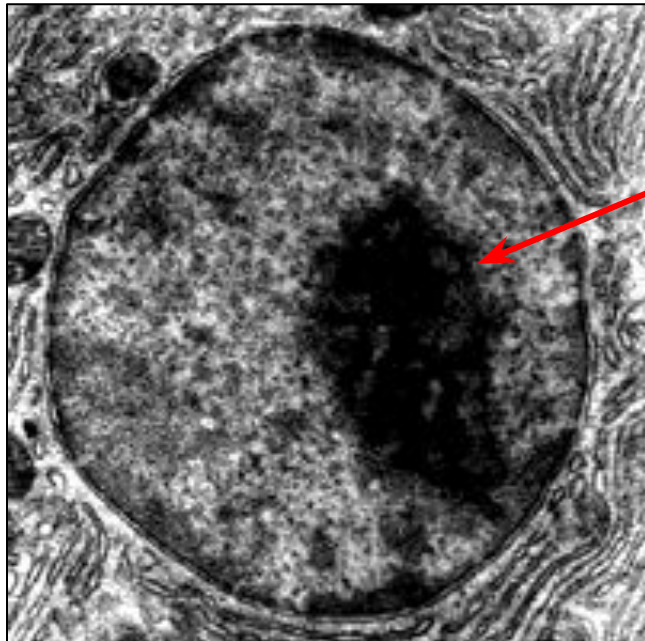


Ядрышко – это очень мелкая структура которая локализуется в ядре, но не имеет собственной мембранной оболочки. Количество ядрышек может быть от одного до нескольких. Основной функцией ядрышка является синтез рибосом. В геноме клетки имеются специальные участки, так называемые **ядрышковые организаторы**, содержащие гены рРНК, вокруг которых и формируются ядрышки. В ядрышке происходит синтез рРНК РНК-полимеразой I, ее созревание, сборка рибосомных субчастиц.



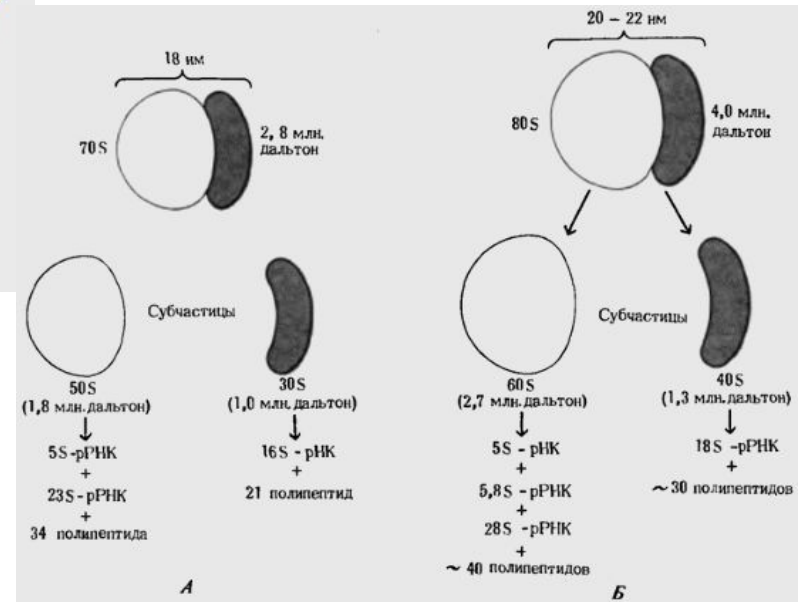
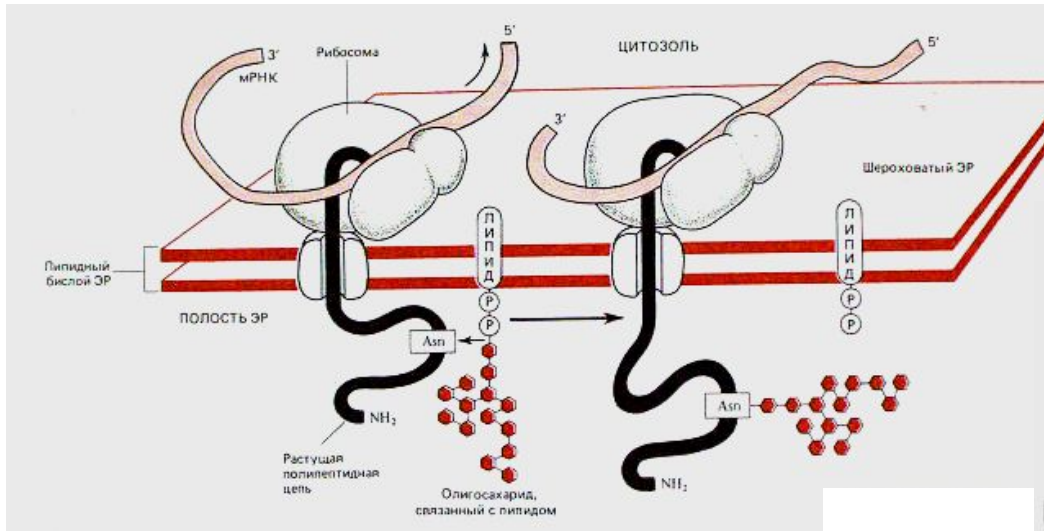
В ядрышке локализируются белки, принимающие участие в этих процессах. Некоторые из этих белков имеют специальную последовательность — сигнал ядрышковой локализации. Следует отметить, самая высокая концентрация белка в клетке наблюдается именно в ядрышке. В этих структурах локализовано около 600 видов различных белков, причем считается, что лишь небольшая их часть действительно необходима для осуществления ядрышковых функций, а остальные попадают туда неспецифически.

Электронная микроскопия позволяет выделить в ядрышке два основных компонента: *гранулярный* (по периферии) — созревающие субъединицы рибосом и *фибрилярный* (в центре) — рибонуклеопротеидные тяжи предшественников рибосом. Так называемые **фибрилярные центры** окружены участками **плотного фибриллярного компонента**, где и происходит синтез рРНК. Снаружи от плотного фибриллярного компонента расположен **гранулярный компонент**, представляющий собой скопление созревающих рибосомных субъединиц.



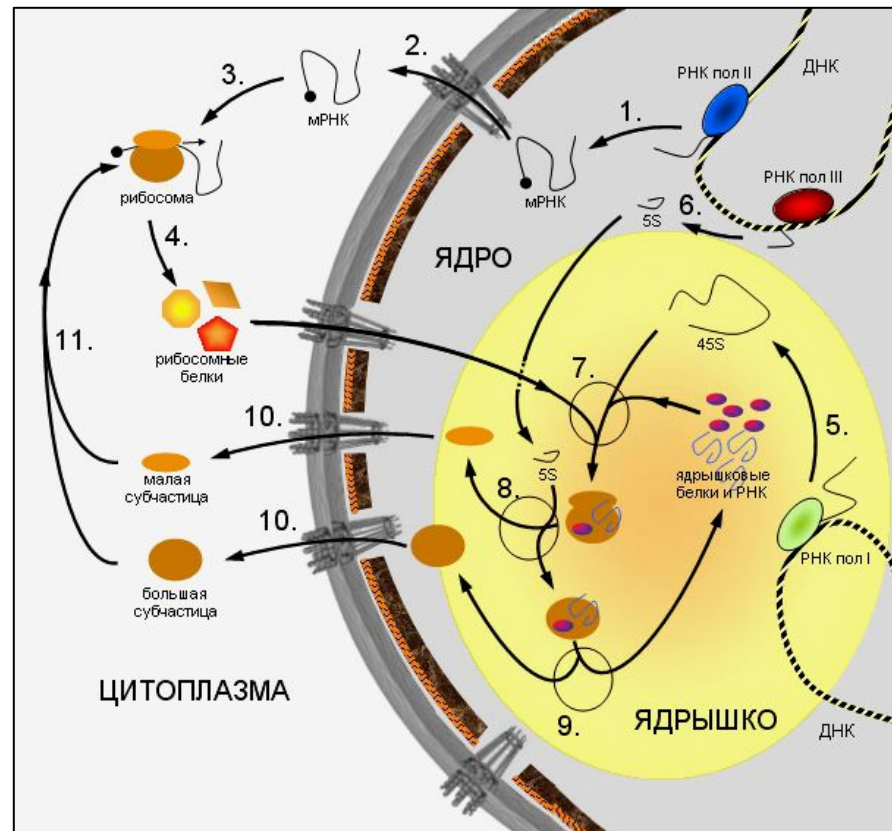
Ядрышко. Электронно-микроскопическое изображение.

Рибосомы. важнейший органоид живой клетки сферической или слегка эллипсоидной формы, диаметром 100—200 ангстрем, состоящий из большой и малой субъединиц. Рибосомы служат для биосинтеза белка из аминокислот по заданной матрице на основе генетической информации, предоставляемой матричной РНК, или мРНК. Этот процесс называется **трансляцией**. В эукариотических клетках рибосомы располагаются на мембранах эндоплазматического ретикулума, хотя могут быть локализованы и в неприкрепленной форме в цитоплазме. Нередко с одной молекулой мРНК ассоциировано несколько рибосом, такая структура называется полирибосомой. Синтез рибосом у эукариот происходит в специальной внутриядерной структуре — ядрышке.



Синтез мРНК рибосомных белков РНК полимеразой II. 1-2. Экспорт мРНК из ядра. 3. Узнавание мРНК рибосомой и 4. синтез рибосомных белков. 5. Синтез предшественника рРНК (45S — предшественник) РНК полимеразой I. 6. Синтез 5S рРНК РНК полимеразой III. 7. Сборка большой рибонуклеопротеидной частицы, включающей 45S-предшественник, импортированные из цитоплазмы рибосомные белки, а также специальные ядрышковые белки и РНК, принимающие участие в созревании рибосомных субчастиц. 8. Присоединение 5S рРНК, нарезание предшественника и отделение малой рибосомной субчастицы. 9. Дозревание большой субчастицы, высвобождение ядрышковых белков и РНК. 10. Выход рибосомных субчастиц из ядра. 11. Вовлечение их в трансляцию.

Схема синтеза рибосом в клетке



Рибосомы представляют собой нуклеопротеид, в составе которого отношение РНК/белок составляет 1:1 у высших животных и 60-65:35-40 у бактерий. Рибосомная РНК составляет около 70 % всей РНК клетки. Рибосомы эукариот включают четыре молекулы рРНК, из них 18S, 5.8S и 28S рРНК синтезируются в ядрышке РНК полимеразой I в виде единого предшественника (48S), который затем подвергается модификациям и нарезанию. 5S рРНК синтезируется РНК полимеразой III в другой части генома и не нуждаются в дополнительных модификациях. Константа седиментации (скорость оседания в ультрацентрифуге) рибосом эукариотических клеток равняется 80S (большая и малая субъединицы 60S и 40S, соответственно), бактериальных клеток (а так же митохондрий и пластид) — 70S (большая и малая субъединицы 50S и 30S, соответственно).

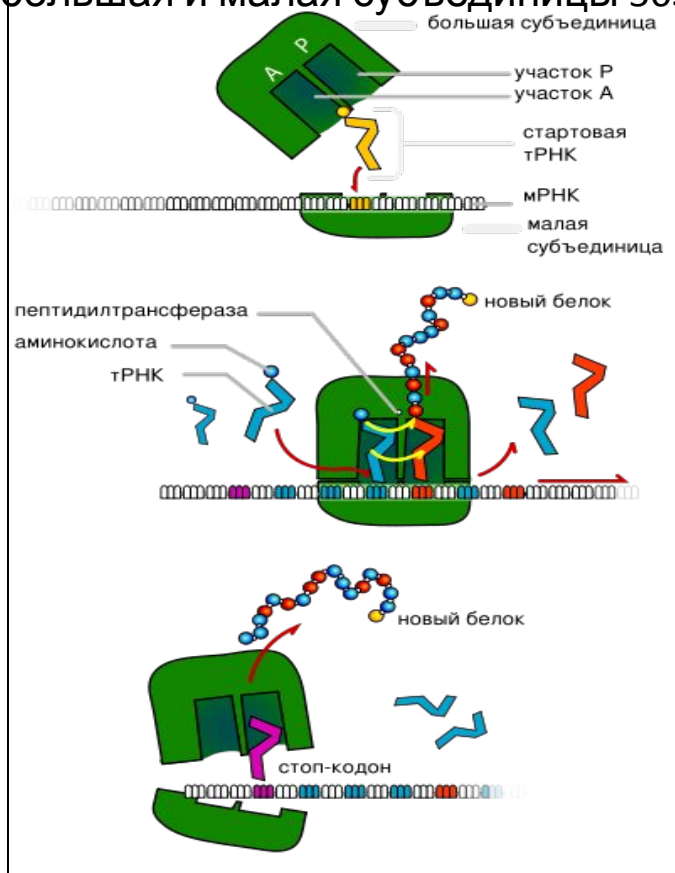
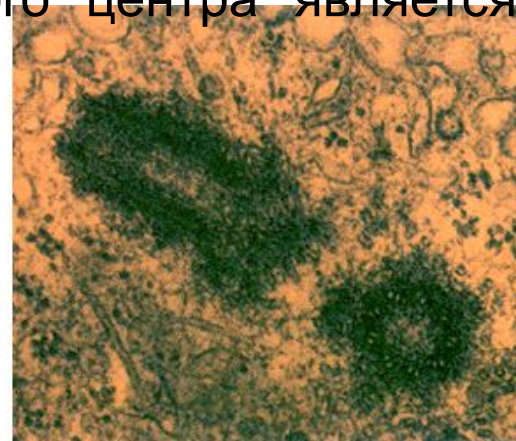
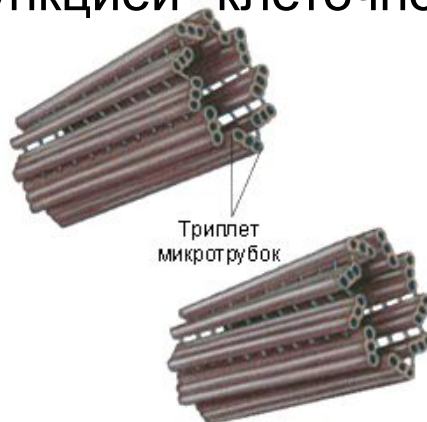
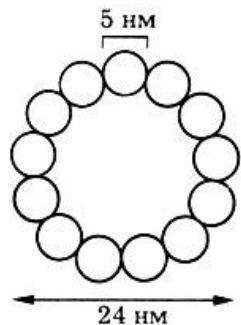


Схема сборки рибосомы из двух субчастиц на матричной РНК и процесс синтеза белка.

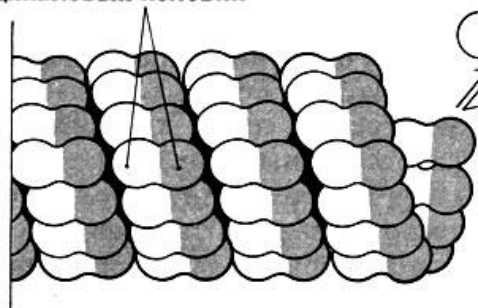
Центриоли представляют собой гранулярные цилиндры, локализованные парами в клетке около ядра. Чаще всего пара центриолей лежат вблизи ядра. Каждая центриоль построена из цилиндрических элементов (микротрубочек), образованных в результате полимеризации белка тубулина. Девять триплетов микротрубочек расположены по окружности. Обе эти структуры образуют клеточный центр. Функцией клеточного центра является организация цитоскелета клеток.



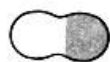
Тубулиновые субъединицы, состоящие из двух не вполне одинаковых половин



Поперечное сечение

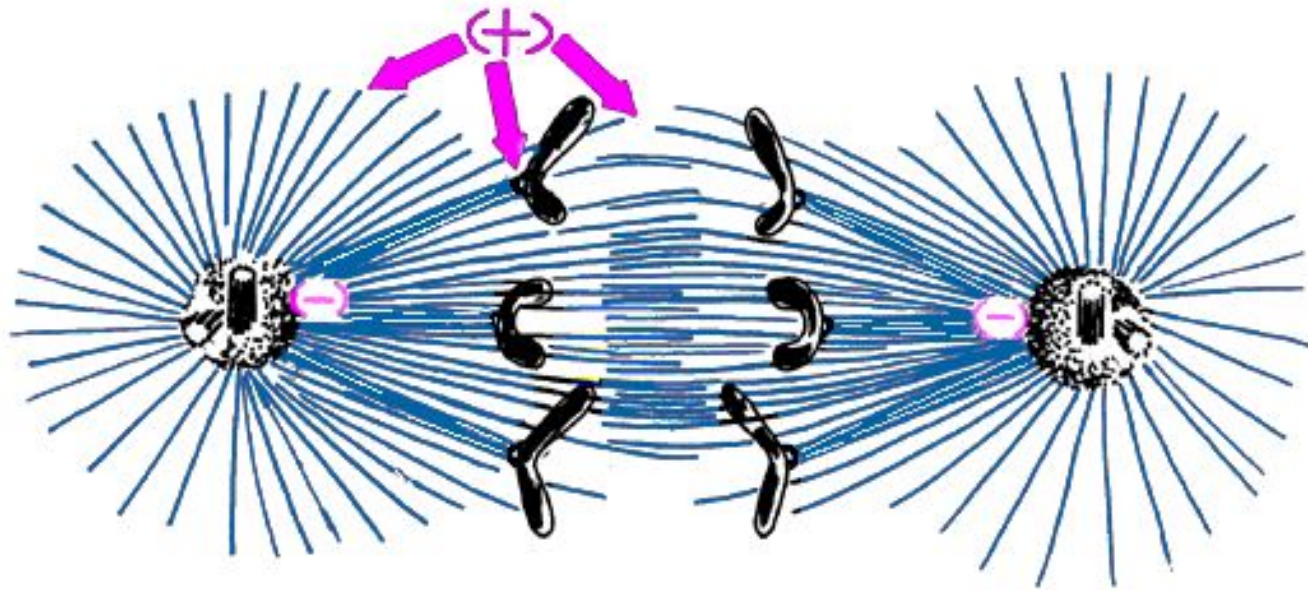


Спиральное расположение тубулиновых субъединиц

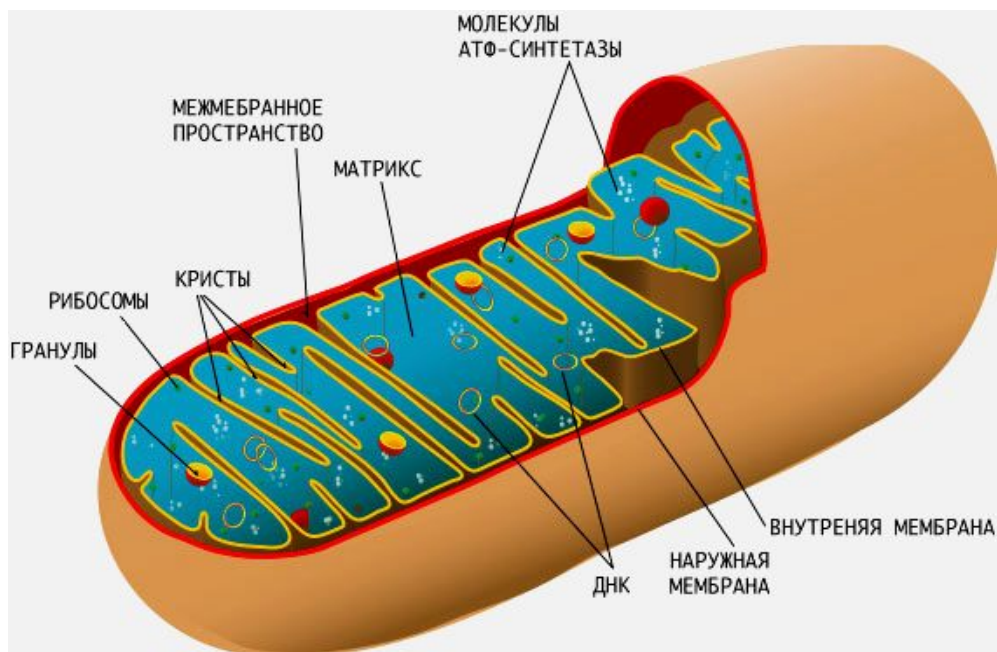


Субъединицы обратимо ассоциируют и диссоциируют

Кроме того центриоли участвуют в делении клеток, расходясь к полюсам клетки. От центриолей протягиваются микротрубочки, образующие митотическое веретено. В клетках высших растений и большинства грибов центриолей нет, и митотическое веретено образуется там иным способом. Кроме того, ученые полагают, что ферменты клеточного центра принимают участие в процессе перемещения дочерних хромосом к разным полюсам в анафазе митоза.

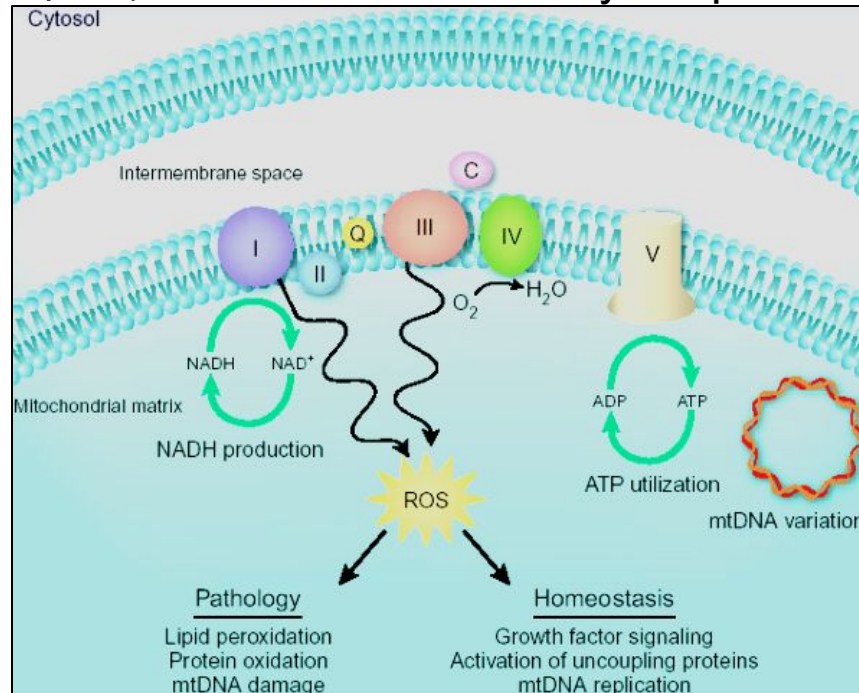


Митохондрии. Каждая митохондрия окружена оболочкой, состоящей из двух мембран; между ними — межмембранное пространство. Отграниченное внутренней мембраной пространство называется матриксом. В матриксе содержатся большая часть ферментов, участвующих в цикле Кребса, протекает окисление жирных кислот, располагаются митохондриальные ДНК, РНК и рибосомы. Внутренняя мембрана образует многочисленные гребневидные складки — кристы, существенно увеличивающие площадь ее поверхности.



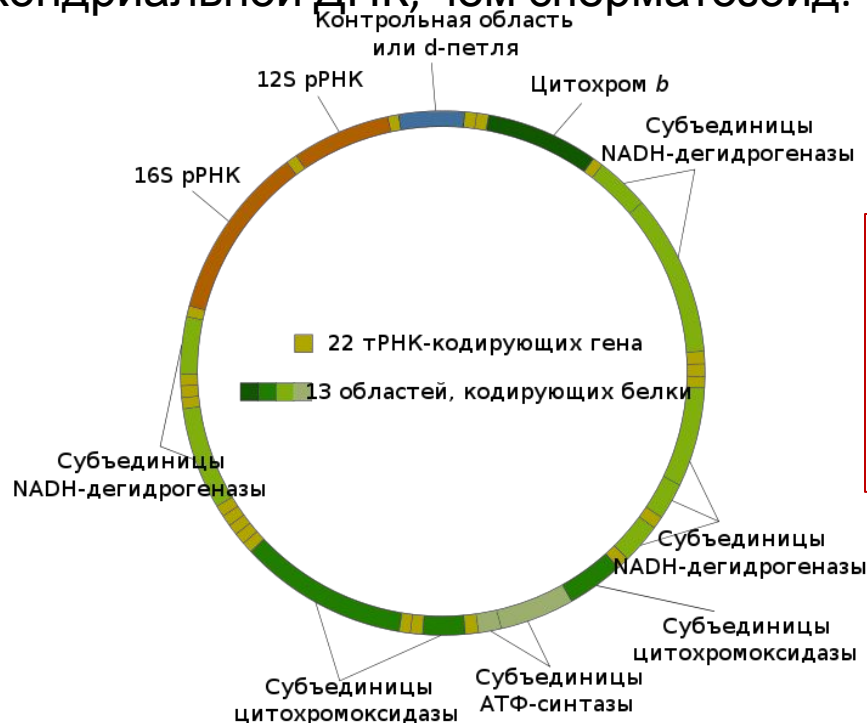
Митохондрии под эл.
микроскопом

Наружная мембрана митохондрий имеет маленькие отверстия, образованные специальными белками, через которые могут проникать небольшие молекулы и ионы. Внутренняя мембрана таких отверстий не имеет; на ней, на стороне, обращенной к матриксу, располагаются особые молекулы АТФ-синтазы, состоящие из головки, ножки и основания. При прохождении через них протонов происходит синтез АТФ. В основании частиц, заполняя собой всю толщу мембраны, располагаются компоненты дыхательной цепи. Эта цепь состоит из белковых комплексов I, II, III, IV, V. Биохимические реакции, протекающие на этой цепи, обеспечивают клетку энергией.



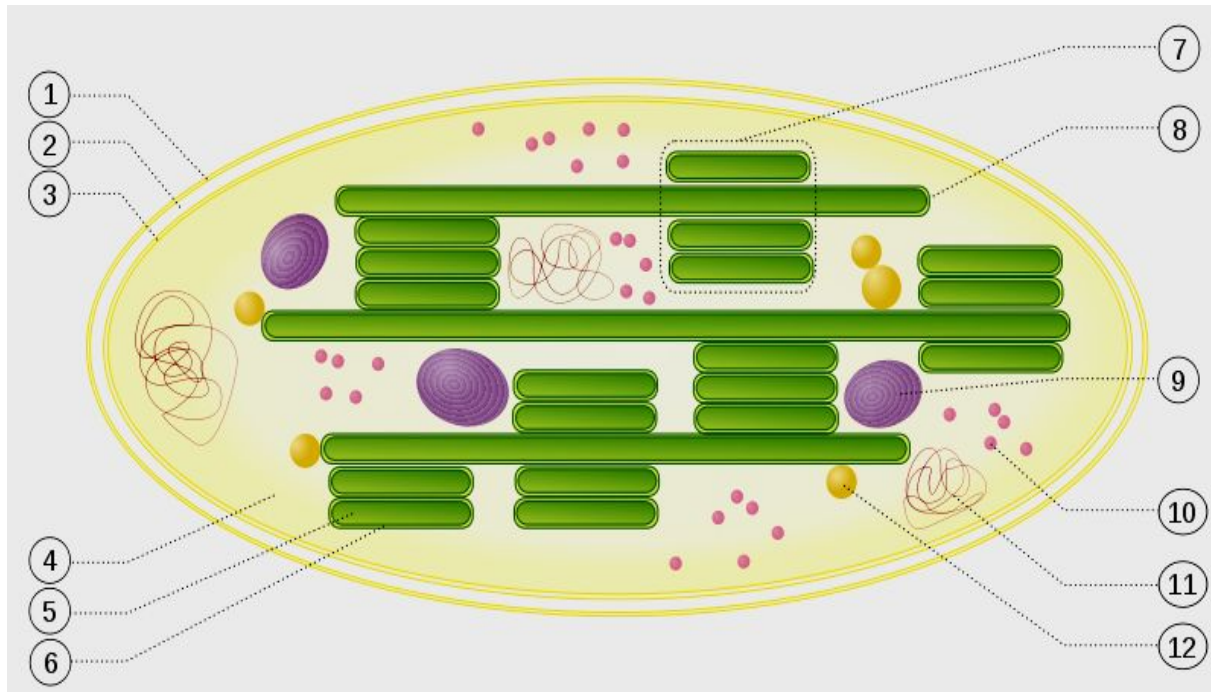
Дыхательная цепь на внутренней мембране митохондрий

Митохондрии содержат собственную ДНК в виде кольцевых молекул и способны к самовоспроизведению независимо от фазы деления клетки. Согласно эндосимбиотической теории, митохондриальная ДНК произошла от кольцевых молекул ДНК бактерий и поэтому имеет иное происхождение, чем ядерный геном. Сейчас преобладает точка зрения, согласно которой митохондрии имеют монофилетическое происхождение, то есть были приобретены предками эукариот лишь однажды. У большинства многоклеточных организмов митохондриальная ДНК наследуется по материнской линии. Яйцеклетка содержит на несколько порядков больше копий митохондриальной ДНК, чем сперматозоид.



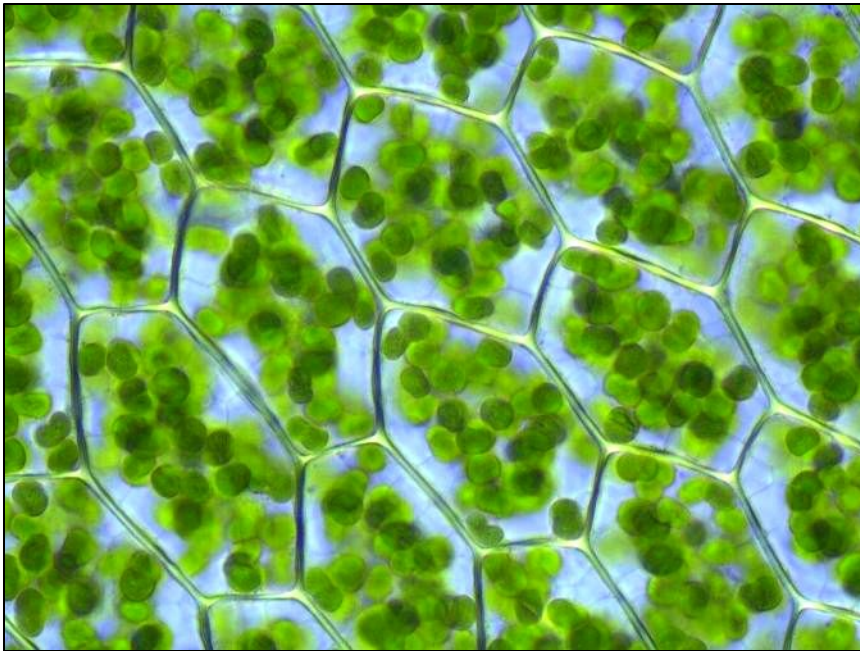
Ферменты дыхательной цепи кодируются около 80 генами. Часть этих генов расположена в митохондриальной ДНК, а часть в ДНК ядра клетки.

Хлоропласты. Кроме митохондрий в клетках содержатся хлоропласты - зелёные пластиды, которые встречаются в клетках растений и водорослей. С их помощью происходит фотосинтез. Хлоропласты содержат хлорофилл. Являются двухмембранными органеллами. Под двойной мембраной имеются тилакоиды (мембранные образования, в которых находится электрон-транспортная цепь хлоропластов). Тилакоиды высших растений группируются в граны, которые представляют собой стопки сплюснутых и тесно прижатых друг к другу тилакоидов, имеющих форму дисков. Соединяются граны с помощью ламелл. Пространство между оболочкой хлоропласта и тилакоидами называется стромой. В строме содержатся хлоропластные молекулы РНК, ДНК, рибосомы, крахмальные зёрна, а также ферменты цикла Кальвина.



1. наружная мембрана
2. межмембранное пространство
3. внутренняя мембрана (1+2+3: оболочка)
4. строма (жидкость)
5. тилакоид с просветом (люменом) внутри
6. мембрана тилакоида
7. грана (стопка тилакоидов)
8. тилакоид (ламела)
9. зерно крахмала
10. рибосома
11. пластидная ДНК
12. пластоглобула (капля жира)

Предполагают, что хлоропласты возникли из цианобактерий, так как являются двухмембранным органоидом, имеют собственную ДНК и РНК, полноценный аппарат синтеза белка (причем рибосомы прокариотического типа - 70S), размножаются бинарным делением, а мембраны тилакоидов похожи на мембраны прокариот (наличием кислых липидов) и напоминают соответствующие органеллы у цианобактерий. В клетках растений и водорослей в хлоропластах протекают биохимические реакции фотосинтеза – основного процесса синтеза первичного органического вещества в биосфере.

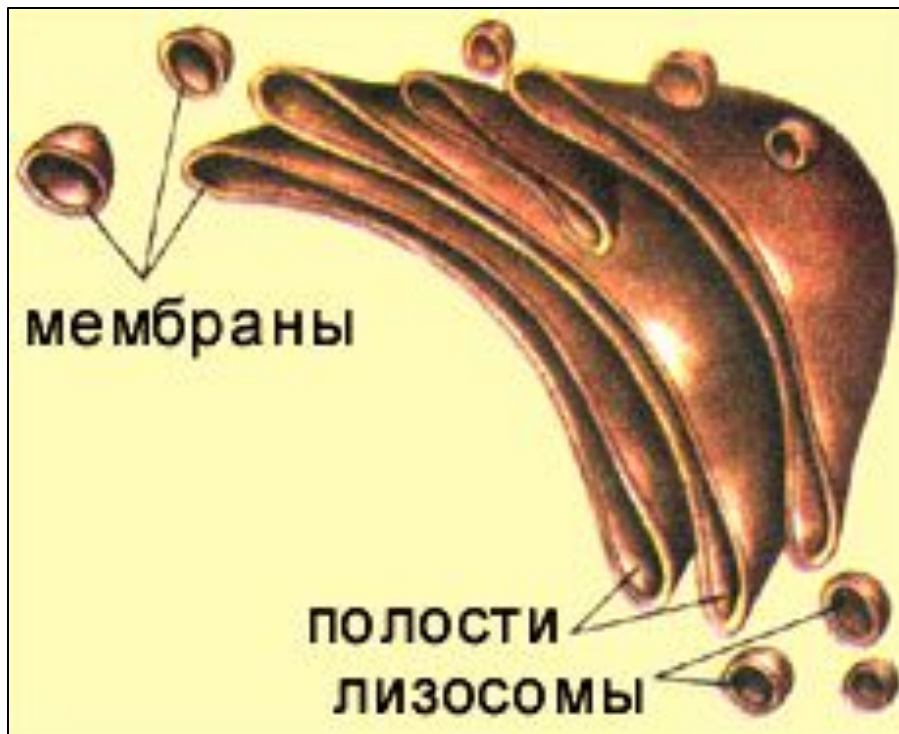


Хлоропласты в клетках *Plagiomnium affine*



Тиллакоиды в клетках цианобактерий

Лизосомы. Это мельчайшие пузырьковидные образования, окружённые однослойной мембраной и содержащие ферменты. Лизосомы обеспечивают изоляцию гидролитических ферментов клетки. В лизосомах обнаружено более 40 различных гидролитических ферментов (протеиназы, нуклеазы, липазы, карбогидразы и т.д.), осуществляющих внутриклеточное расщепление макромолекул. Повреждение лизосом приводит к растворению клеток, следовательно благодаря лизосомам происходит защита клеток от собственных ферментов. Лизосомы имеют самое прямое отношение к апоптозу – клеточной смерти.



Образование лизосом
мембранами аппарата Гольджи.

Пероксисомы. Представляют собой образованные цистернами ЭПР пузырьки, ограниченные однослойной мембраной, содержащие большое количество ферментов катализирующих окислительно-восстановительные реакции. В пероксисоме обычно присутствуют ферменты, использующие молекулярный кислород для отщепления атомов водорода от некоторых органических субстратов (R) с образованием перекиси водорода (H_2O_2): $RH_2 + O_2 \rightarrow R + H_2O_2$ Каталаза использует образующуюся H_2O_2 для окисления множества субстратов — например, фенолов, муравьиной кислоты, формальдегида и этанола: $H_2O_2 + R'H_2 \rightarrow R' + 2H_2O$ Этот тип окислительных реакций особенно важен в клетках печени и почек, пероксисомы которых обезвреживают множество ядовитых веществ, попадающих в кровотоки. Почти половина поступающего в организм человека этанола окисляется до ацетальдегида этим способом. Кроме того, реакция имеет значения для детоксикации клетки от самой перекиси водорода. Новые пероксисомы образуются чаще всего в результате деления предшествующих, как митохондрии и хлоропласты. Они, однако, могут формироваться и *de novo* из ЭПР, не содержат ДНК и рибосом.

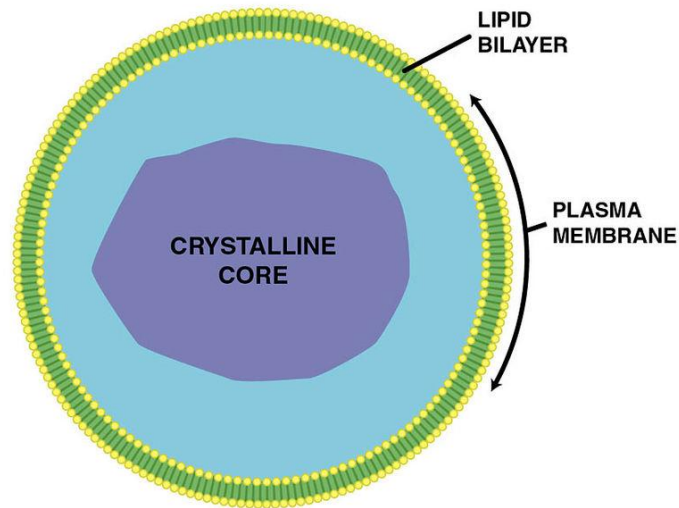
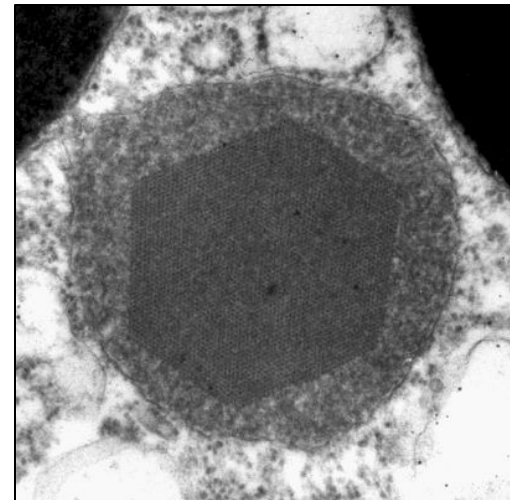


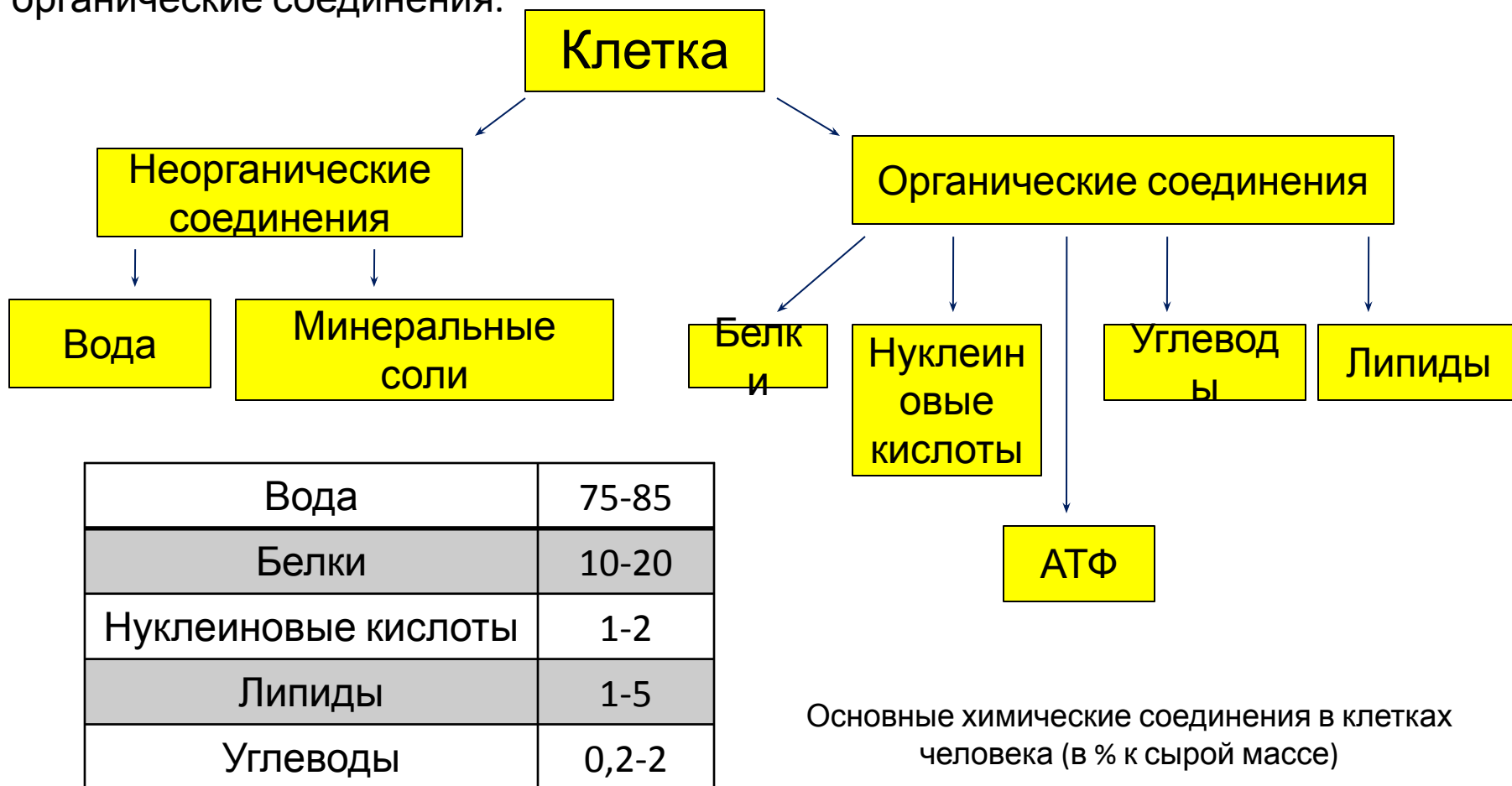
Схема строения пероксисомы



Пероксисома под эл. микроскопом

Химический состав клетки

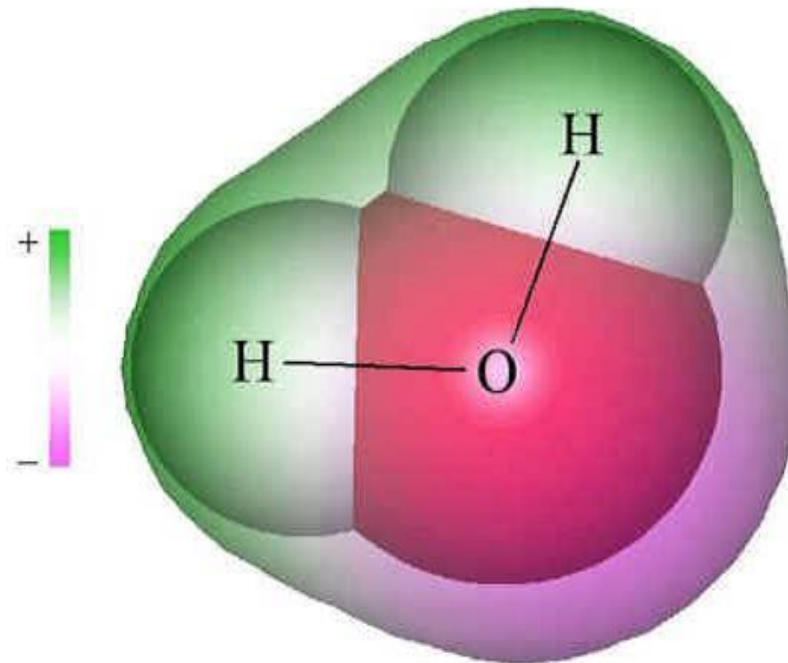
Клеточное вещество является сложным полифазным коллоидом и представляет собой систему из двух несмешивающихся фаз. Одна из них является клеточным матриксом и выполняет роль водной фазы, а другая является мембранной системой и выполняет роль относительно жидкой фазы (жидкокристаллическое состояние). В состав клетки входят неорганические и органические соединения.



Основные химические соединения в клетках человека (в % к сырой массе)

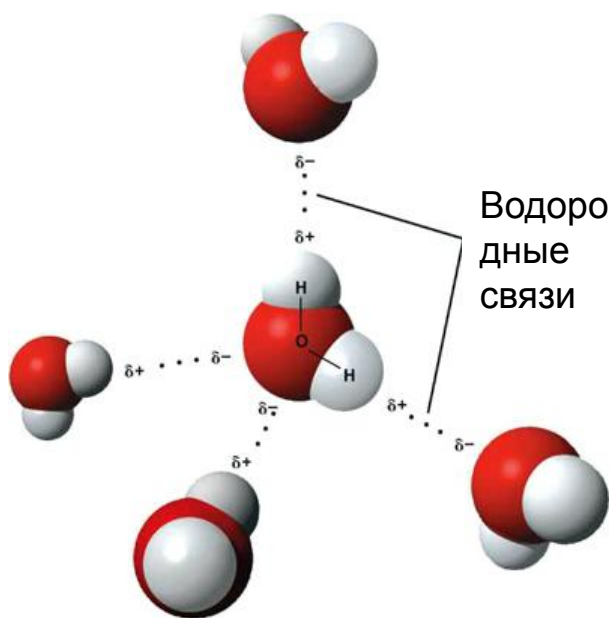
Вода в клетке

Вода Вода составляет 75% массы клетки, а у отдельных организмов (медузы) её содержание превышает 95%. Для воды характерна некоторая способность к обратимой ионизации, в ходе которой она распадается на ионы водорода H^+ и гидроксила OH^- . Для изменения концентрации ионов водорода в любом водном растворе используют шкалу рН (от 0 до 14). Величина рН всех жидкостей организма чрезвычайно постоянны. Их изменения неблагоприятны для организмов, поскольку даже небольшие сдвиги характеризуются значительным падением активности ферментов.



Молекула воды представляет собой диполь, поскольку разные её части несут противоположные заряд.

Основные функции воды в клетке



Полимеризация молекул воды за счёт водородных связей

- 1. Участие в химических реакциях:** вода в качестве реагента участвует во многих химических реакциях, в том числе в процессах фотосинтеза и гидролиза полимерных соединений.
- 2. Поддержание структуры клеток:** вода практически не сжимаема и поэтому служит гидростатическим скелетом клеток.
- 3. Транспорт веществ:** все вещества транспортируются в организме в растворённом виде.
- 4. Участие в терморегуляции:** благодаря своей большой теплоёмкости вода обеспечивает постоянство температуры внутри клетки. При испарении воды происходит охлаждение т.к. много энергии тратится на разрыв водородных связей.

Минеральные соли. Они также входят в состав протоплазмы. Важнейшая роль минеральных солей заключается в определении ими кислотно-щелочного состояния протоплазмы, которое поддерживается благодаря анионов и катионов в клетке.

Катионы:

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

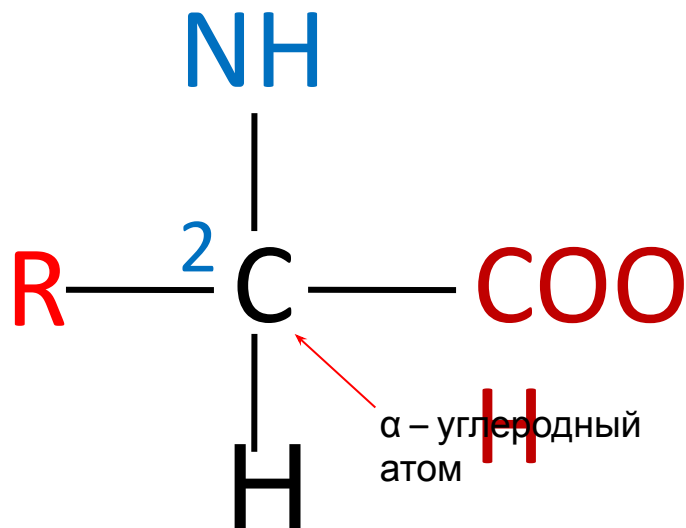
Анионы:

HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, Cl^- ,
 HCO_3^-

Концентрация катионов и анионов в клетке и в окружающей ее среде различна. В результате образуется разность потенциалов между содержимым клетки и окружающей ее средой, обеспечивающая такие важные процессы, как раздражимость и передача возбуждения по нерву или мышце.

Соединения азота, фосфора, кальция и другие неорганические вещества используются для синтеза органических молекул (аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и др.). Ионы некоторых металлов (Mg, Ca, Fe, Zn, Си, Mn, Mo, Вг, Со) явактивируют их. Например, ион Fe входит в состав гемоглобина крови, ион Zn — гормона инсулина.

Белки. Являются наиболее важными и сложными химическими соединениями клетки, характеризующиеся большой молекулярной массой. В состав белков входят: С, Н, N, и О. В большинстве белков находят также серу, а в некоторых белках – фосфор, железо, цинк и медь. Белки являются полимерными молекулами, в которых мономерами являются аминокислоты, каждая из которых состоит из аминогруппы, карбоксильной группы, атома водорода и R – группы присоединённой к атому углерода.



Благодаря наличию аминогрупп и карбоксильных групп аминокислоты способны реагировать друг с другом и образовывать между собой ковалентные связи. Возникающую между кислотами связь называют **пептидной**, а несколько соединений аминокислот называют пептидом. Так как первоначально образующийся пептид содержит реакционноспособные аминогруппу и карбоксильную группы, то к нему присоединяются другие аминокислоты, образуя **полипептид** (белок).

Для аминокислот характерна оптические изомеры, в результате чего различают L- и D-аминокислоты. В составе клеточных белков имеются только L-аминокислоты, известно 20 аминокислот, которые встречаются во всех белках организмов, из них 8 являются незаменимыми (не синтезируются в организме). Эти аминокислоты называют стандартными, кроме них имеются ещё и нестандартные аминокислоты, которые обнаруживаются лишь в специфических белках. Например, карбооксиглутаминовая кислота в протромбине.

Стандартные аминокислоты

(незаменимые аминокислоты в выделенных ячейках)

1. Глицин	8. Треонин	15. Аспарагин
2. Аланин	9. Фенилаланин	16. Глутаминовая кислота
3. Валин	10. Тирозин	17. Глутамин
4. Лейцин	11. Триптофан	18. Гистидин
5. Изолейцин	12. Цистеин	19. Аргинин
6. Серин	13. Пролин	20. Лизин
7. Метионин	14. Аспарагиновая кислота	

Сложные белки

Сложные белки	Простетическая группа
Рибосомы	РНК
РНК-вирусы	
Гамма-глобулин	Гексозамин, галактоза, сиаловая кислота
Липопротеиды плазмы	Фосфолипиды, холестерин, нейтральные, липиды
Казеин	Фосфатная группа + серин
Гемоглобин	Железопорфирин
Цитохром	Железопорфирин
Сукцинатдегидрогеназа	Флавиннуклеотид

В зависимости от конформации (пространственной структуры) различают глобулярные белки и фибриллярные белки. Глобулярными белками являются почти все ферменты, антитела, гормоны, гемоглобин, сывороточный альбумин, тогда как фибриллярными являются коллаген сухожилий и костей, кератин волос, миозин мышечных волокон и т.д.

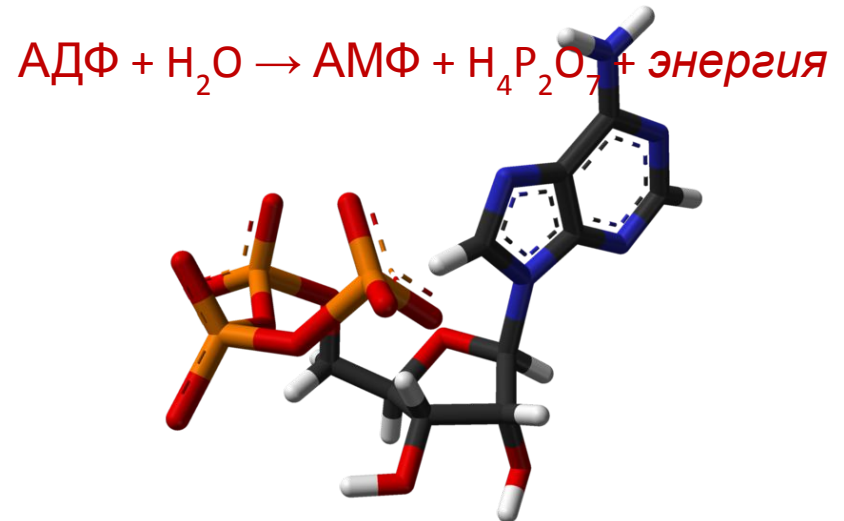
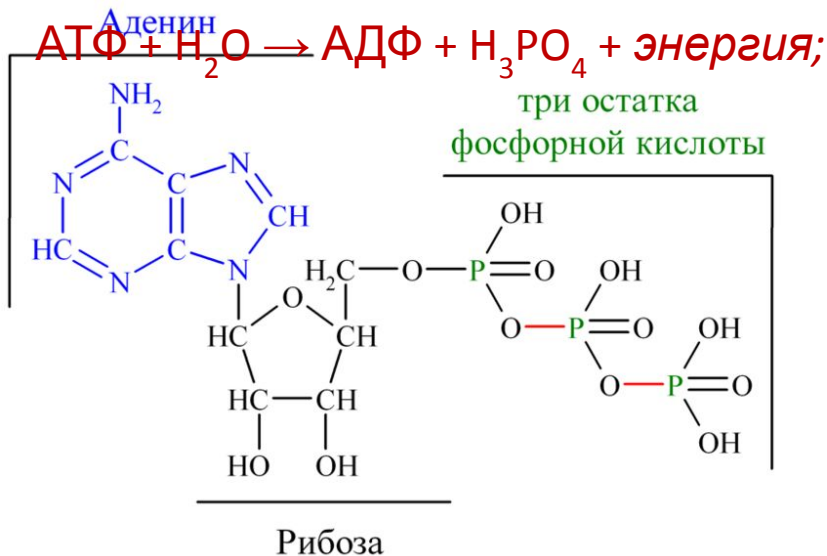
Функции белков

Белок	Функция	Тип
Гликопротеиды	Образуют клеточные стенки	структурные
Коллаген	Образуют соединительную ткань	
Эластин	Связки	
Кератин	Кожа, перья, ногти, копыта	
Инсулин	Регулирует обмен глюкозы	гормоны
Аденокортикотропный	Регулирует синтез кортикостероидов	
Миозин	Нити в миофибриллах	Двигательные
Актин	Движущиеся нити в миофибриллах	
Дипеин	Движение жгутиков и ресничек	
Гемоглобин	Переносит кислород	Транспортные
Миоглобин	Переносит кислород в мышцах	
Антитела	Контролируют чужеродные белки	Защитные
Змеиный яд	Гидролиз фосфолипидов	Токсины

Нуклеиновые кислоты

В клетке присутствуют нуклеиновые кислоты двух типов — дезоксирибонуклеиновую и рибонуклеиновую кислоты. Их важнейшая биологическая роль в клетке заключается в том, что они являются хранителями генетической информации.

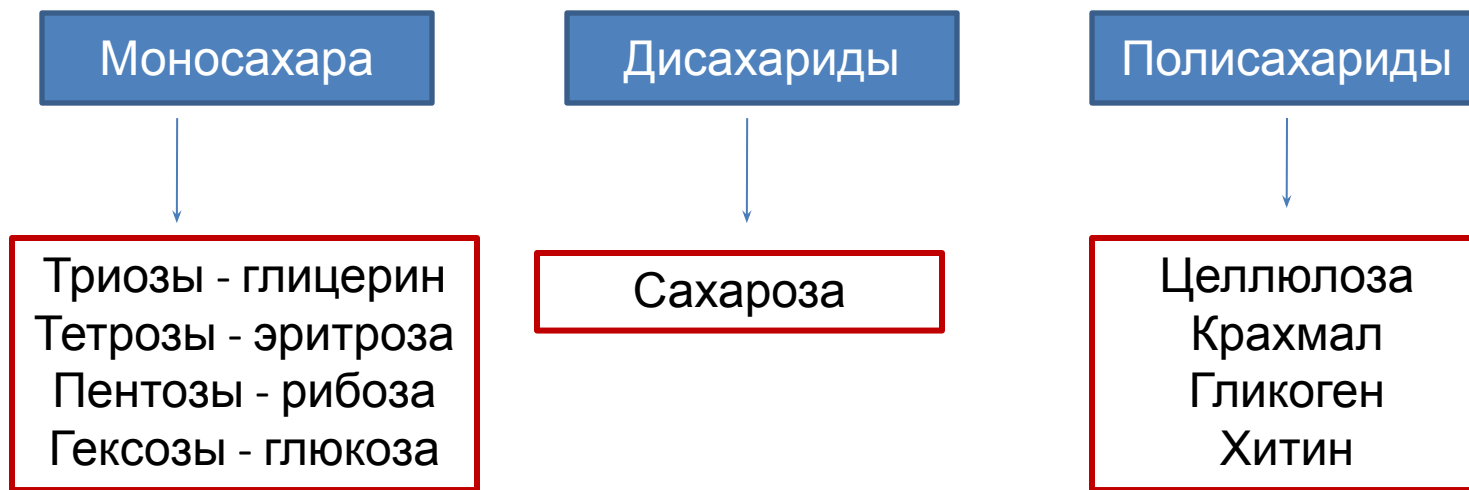
Аденозинтрифосфат — нуклеотид, играет исключительно важную роль в обмене энергии и веществ в организмах; в первую очередь соединение известно как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. Химически АТФ представляет собой трифосфорный эфир аденозина, который является производным аденина и рибозы. Гидролиз макроэргических связей молекулы АТФ, сопровождаемый отщеплением 1 или 2 остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению, по различным данным, от 40 до 60 кДж/моль.



Структурная стереоформула АТФ

Углеводы

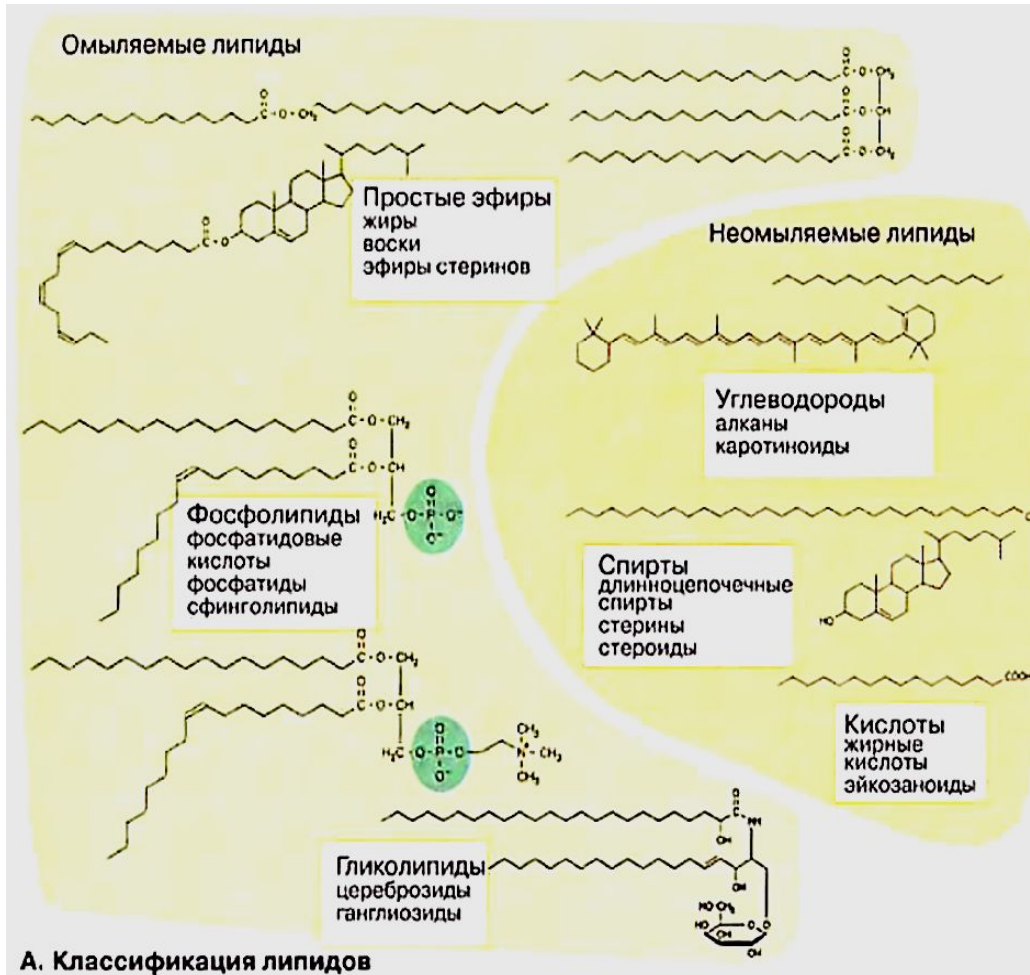
Это органические соединения углерода, водорода и кислорода. Углеводы обладают структурной функцией (целлюлоза, протеогликаны), являются важнейшими источниками энергии, которая освобождается в результате окислительно-восстановительных реакций.



Дисахариды, трисахариды и тетрасахариды часто называют олигосахаридами, среди которых наиболее важными для жизни организмов являются сахароза, лактоза и мальтоза.

Липиды

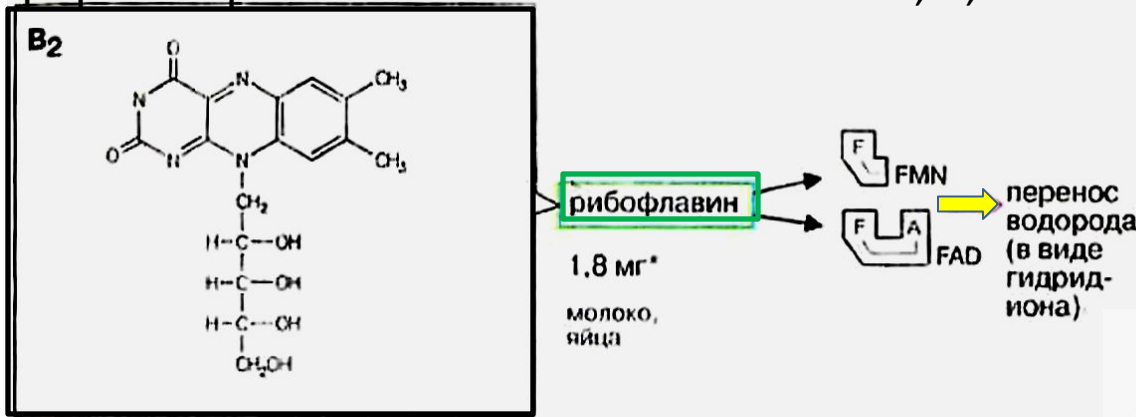
Липиды или жиры это соединения состоящие из глицерина и жирных кислот. Основной характеристикой липидов является то, что они не растворимы в воде. В сочетании с другими соединениями липиды образуют более сложные соединения – фосфолипиды, липопротеиды и т.д.



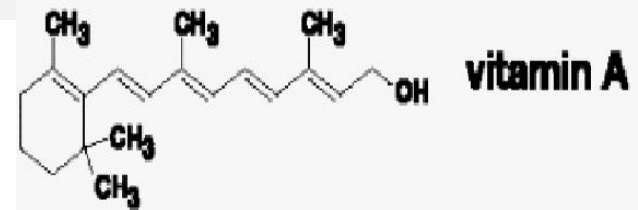
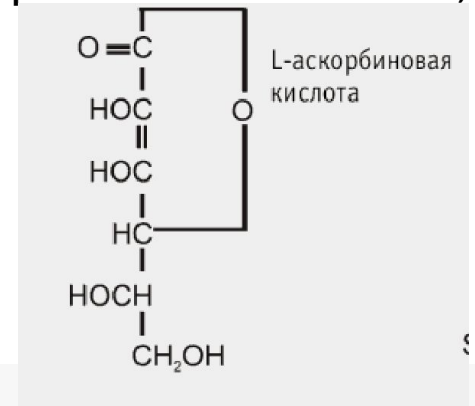
1. Липиды играют важную роль в построение клеточных структур в составе фосфолипидов и являются основными компонентами клеточных мембран.
2. Липиды являются предшественниками в синтезе стероидных гормонов и играют регуляторную роль в организме.
3. Так как углеводы могут легко переводится в липиды, то они могут выполнять роль накопителей энергии. Окисление 1г. жира сопровождается выделением 9,5 ккал.
4. Липиды участвуют в терморегуляции организмов.
5. Являясь материалом для образования эндогенной воды в результате окисления, липиды имеют важное значение для жизни животных пустынь.
6. Производные липидов – воска предохраняют кожу позвоночных от воды и защищают листья растений

Прочие химические соединения клеток

Витамины. Для проявления своей каталитической активности ферменты нуждаются в присутствии кофакторов небелковой природы, которые или непосредственно участвуют в каталитическом процессе либо являются промежуточными переносчиками функциональных групп от субстрата к ферменту. Предшественниками многих таких кофакторов являются витамины. Известно более 10 различных витаминов, которые классифицируются на водорастворимые и жирорастворимые. К водорастворимым относятся витамины группы В, фолиевая, никотиновая, аскорбиновая кислоты. Жирорастворимыми являются витамины А, D, Е и К.

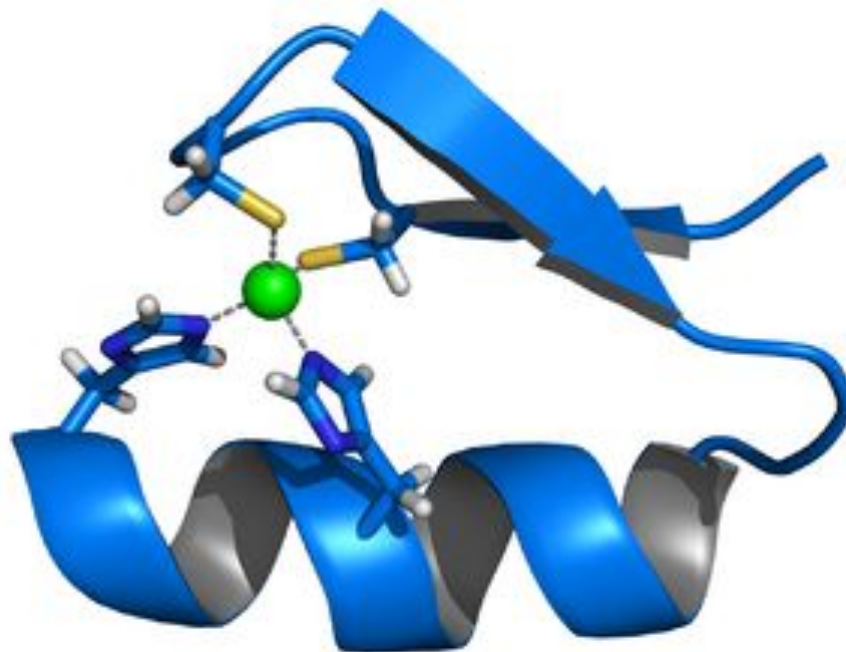


Водорастворимый витамин В₂



Жирорастворимый витамин А

Микроэлементы. Кофакторами ферментов являются также и микроэлементы. Например, для каталитического действия многих ферментов (каталаза, пероксидазы и т.д.) необходимы ионы железа. Ионы цинка присутствуют в НАД- и НАДФ-зависимых дегидрогеназах. Хром участвует в усвоении глюкозы, клетками животных тканей, а олово необходимо для кальцификации костей. Для действия цитохромоксидазы и лизиноксидазы необходима медь.



Молекула металлопротеина с атомом металла (зелёный цвет)

Общие выводы

1. Небольшая структура внутри клеточного ядра – ядрышко является местом синтеза рибосомальной РНК.
2. Среди органелл клетки митохондрии и хлоропласты являются наиболее автономными структурами. Они обладают собственной ДНК и размножаются независимо от клеточного цикла. Основные функции этих органелл – снабжение клетки энергией (митохондрии) и фотосинтез (хлоропласты).
3. Клеточное вещество является сложным полифазным коллоидом и представляет собой систему из двух несмешивающихся фаз.
4. В состав клеток входят неорганические вещества – вода и минеральные соли; органические вещества – белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и углеводы, липиды.