

ЛЕКЦИЯ 2.

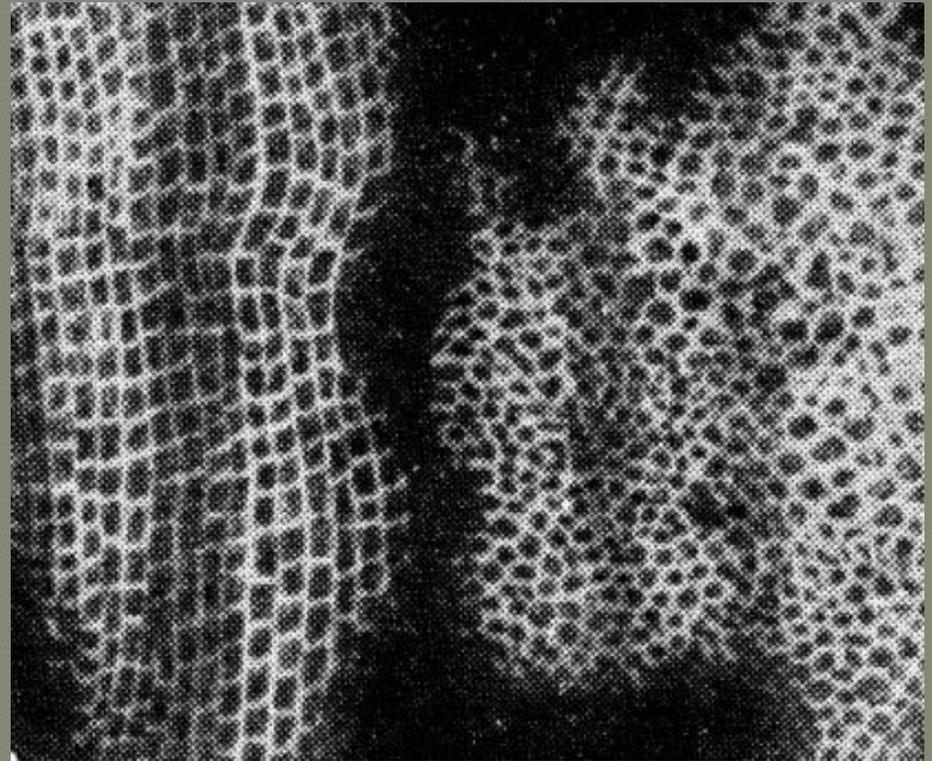
Клеточная теория.

Химия клетки.

ЦИТОЛОГИЯ

- это наука о структуре и функциях клеток.

История создания клеточной теории

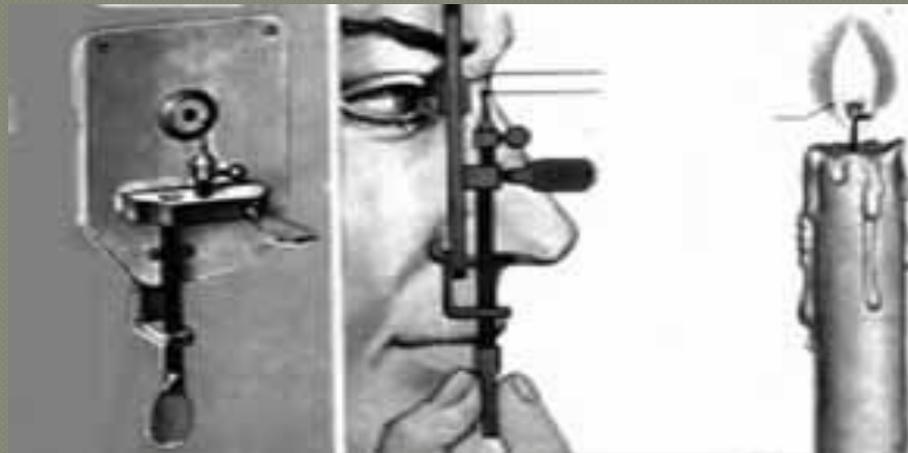


1665 год. Рассматривая под микроскопом срез пробки, английский ученый, физик **Роберт Гук** обнаружил, что она состоит из ячеек, разделенных перегородками. Эти ячейки он назвал "**клетками**".

История создания клеточной теории



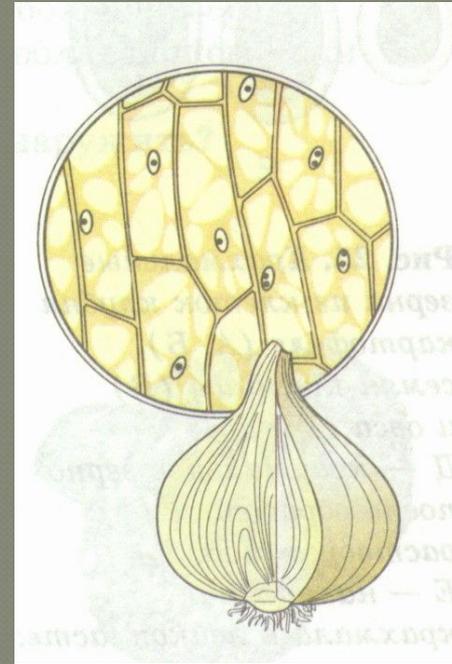
В XVII столетии Левенгук сконструировал микроскоп и открыл людям дверь в микромир. Перед глазами изумленных исследователей замелькали разнообразнейшие инфузории, коловратки и прочая мельчайшая живность. Оказалось, что они повсюду – эти мельчайшие организмы: в воде, навозе, в воздухе и пыли, в земле и водосточных желобах, в гниющих отходах животного и растительного происхождения.



История создания клеточной теории



Немецкий биолог Маттиас Якоб Шлейден.



1831-1833 годы. Роберт Броун описал ядро в растительных клетках.

В 1838 г. немецкий ботаник М.Шлейден привлек внимание к ядру, считал его образователем клетки. По Шлейдену, из зернистой субстанции конденсируется ядрышко, вокруг которого формируется ядро, а вокруг ядра - клетка, причём ядро в процессе образования клетки может исчезать.

История создания клеточной теории



Немецкий биолог Теодор Шванн.

Немецкий зоолог **Т.Шванн** показал, что из клеток состоят и ткани животных.

Он создал теорию, утверждающую, что клетки, содержащие ядра, представляют собой *структурную и функциональную основу всех живых существ*.

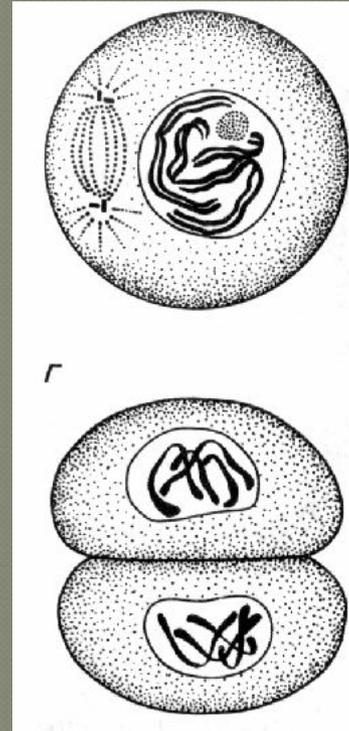
Клеточная теория строения была сформулирована и опубликована Т. Шванном в 1839 г. Суть её можно выразить в следующих положениях:

1. Клетка – *элементарная структурная единица строения всех живых существ*;
2. Клетки растений и животных самостоятельны, **гомологичны** друг другу по происхождению и структуре. Каждая клетка функционирует независимо от других, но вместе со всеми.
3. *Все клетки возникают из бесструктурного межклеточного вещества. (Ошибка!)*
4. *Жизнедеятельность клетки определяется оболочкой. (Ошибка!)*

История создания клеточной теории

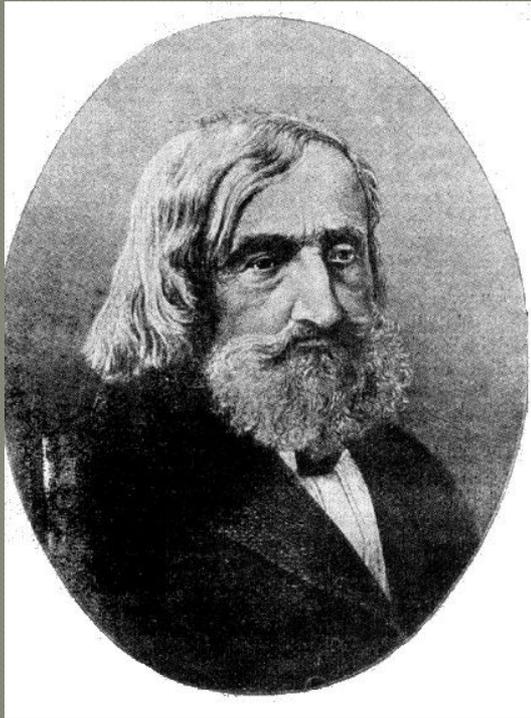


Вирхов Р.

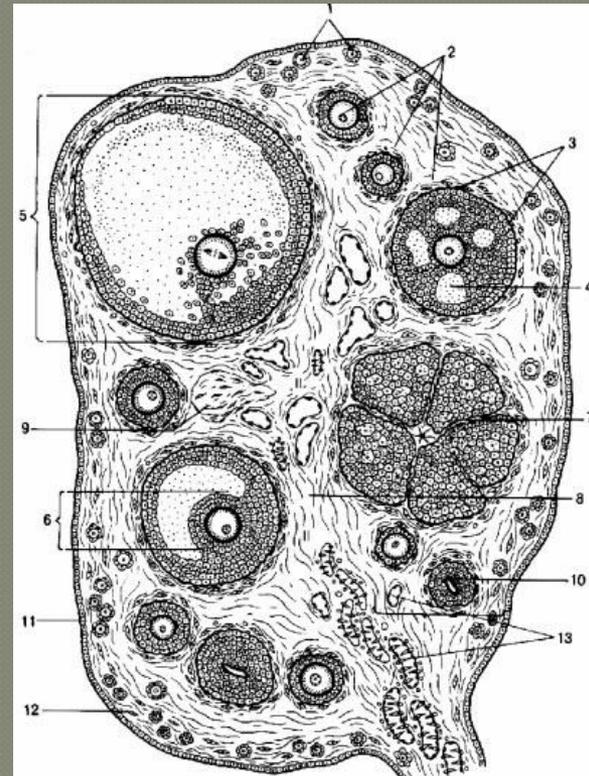


В 1855 г. немецкий врач **Р.Вирхов** сделал обобщение: *клетка может возникнуть только из предшествующей клетки*. Это привело к осознанию того факта, что *рост и развитие организмов связаны с делением клеток и их дальнейшей дифференцировкой, приводящей к образованию тканей и органов*.

История создания клеточной теории



Карл Бэр



Еще в 1827 году Карл Бэр обнаружил яйцеклетку у млекопитающих, доказал, что развитие млекопитающих начинается с оплодотворенной яйцеклетки.

Значит развитие любого организма начинается с одной оплодотворенной яйцеклетки, *клетка является единицей развития.*

История создания клеточной теории

- 1590 год. Янсен изобрел микроскоп, в котором увеличение обеспечивалось соединением двух линз.
- 1665 год. Роберт Гук впервые употребил термин клетка.
- 1650-1700 годы. Антони ван Левенгук впервые описал бактерии и другие микроорганизмы.
- 1700-1800 годы. Опубликовано много новых описаний и рисунков различных тканей, преимущественно растительных.
- 1827 году Карл Бэр обнаружил яйцеклетку у млекопитающих.
- 1831-1833 годы. Роберт Броун описал ядро в растительных клетках.
- 1838-1839 годы. Ботаник Матиас Шлейден и зоолог Теодор Шванн объединили идеи разных ученых и сформулировали клеточную теорию, которая постулировала, что основной единицей структуры и функции в живых организмах является клетка.
- 1855 год. Рудольф Вирхов показал, что все клетки образуются в результате клеточных делений.

История создания клеточной теории

- 1865 г. Опубликованы законы наследственности (Г.Мендель).
- 1868 г. Открыты нуклеиновые кислоты (Ф. Мишер)
- 1873 г. Открыты хромосомы (Ф. Шнейдер)
- 1874 г. Открыт митоз у растительных клеток (И. Д. Чистяков)
- 1878 г. Открыто митотическое деление животных клеток (В. Флеминг, П. И. Перемежко)
- 1879 г. Флеминг – поведение хромосом во время деления.
- 1882 г. Открыт мейоз у животных клеток (В. Флеминг)
- 1883 г. Показано, что в половых клетках число хромосом в два раза меньше, чем в соматических (Э. Ван Бенеден)
- 1887 г. Открыт мейоз у растительных клеток (Э. Страсбургер)
- 1898 г. Гольджи открыл сетчатый аппарат клетки, аппарат Гольджи.
- 1914 г. Сформулирована хромосомная теория наследственности (Т.Морган).
- 1924 г. Опубликована естественно-научная теория происхождения жизни на Земле (А.И.Опарин).
- 1953 г. Сформулированы представления о структуре ДНК и создана ее модель (Д.Уотсон и Ф.Крик).
- 1961 г. Определены природа и свойства генетического кода (Ф.Крик, Л.Барнет, С.Беннер).

Основные положения современной клеточной теории

1. Клетка — элементарная живая система, единица строения, жизнедеятельности, размножения и индивидуального развития организмов.
2. *Клетки всех живых организмов гомологичны*, едины по строению и происхождению.
3. *Образование клеток*. Новые клетки возникают только путем деления ранее существовавших клеток.
4. *Клетка и организм*. Клетка может быть самостоятельным организмом (прокариоты и одноклеточные эукариоты). Все многоклеточные организмы состоят из клеток.
5. *Функции клеток*. В клетках осуществляются: обмен веществ, раздражимость и возбудимость, движение, размножение и дифференцировка.
6. *Эволюция клетки*. Клеточная организация возникла на заре жизни и прошла длительный путь эволюционного развития от доядерных форм (прокариот) к ядерным (эукариотам).

Методы изучения клетки

Световая микроскопия. Увеличение до 3000 раз.

Электронная микроскопия. Увеличение до нескольких сотен тысяч раз.

Центрифугирование.

Использование радиоактивных изотопов и др.

Электронная микроскопия

В 1931 году в Германии был создан первый электронный микроскоп. И лишь в 50-е годы были разработаны методы изготовления срезов для исследования биологических образцов с помощью этого прибора.

С этого времени началась новая эра микроскопии. В науку хлынул поток информации о тонком строении клеток - *ультраструктуре клеток*.

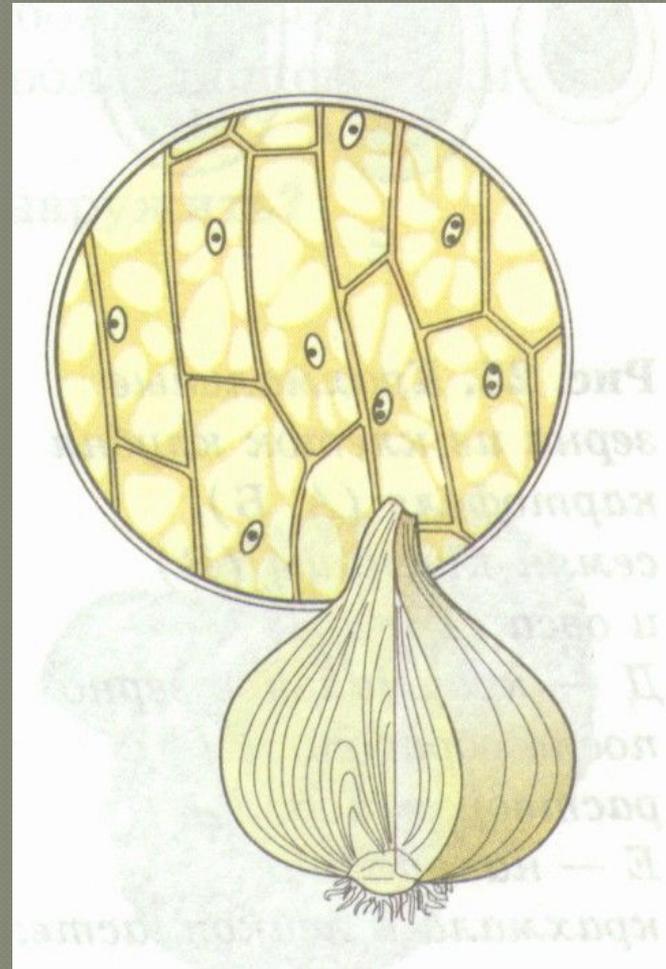
Электронный микроскоп требует ультратонких срезов, толщиной 50-100 нм. Для этого ткани пропитывают смолой. Формируют твердый пластмассовый блок. Затем с помощью острого алмазного ножа делают срезы на специальном микротоме.

Чтобы получить контраст при прохождении электронов через биологическую ткань, тонкие срезы пропитывают солями тяжелых металлов. Объекты исследуют в вакууме.

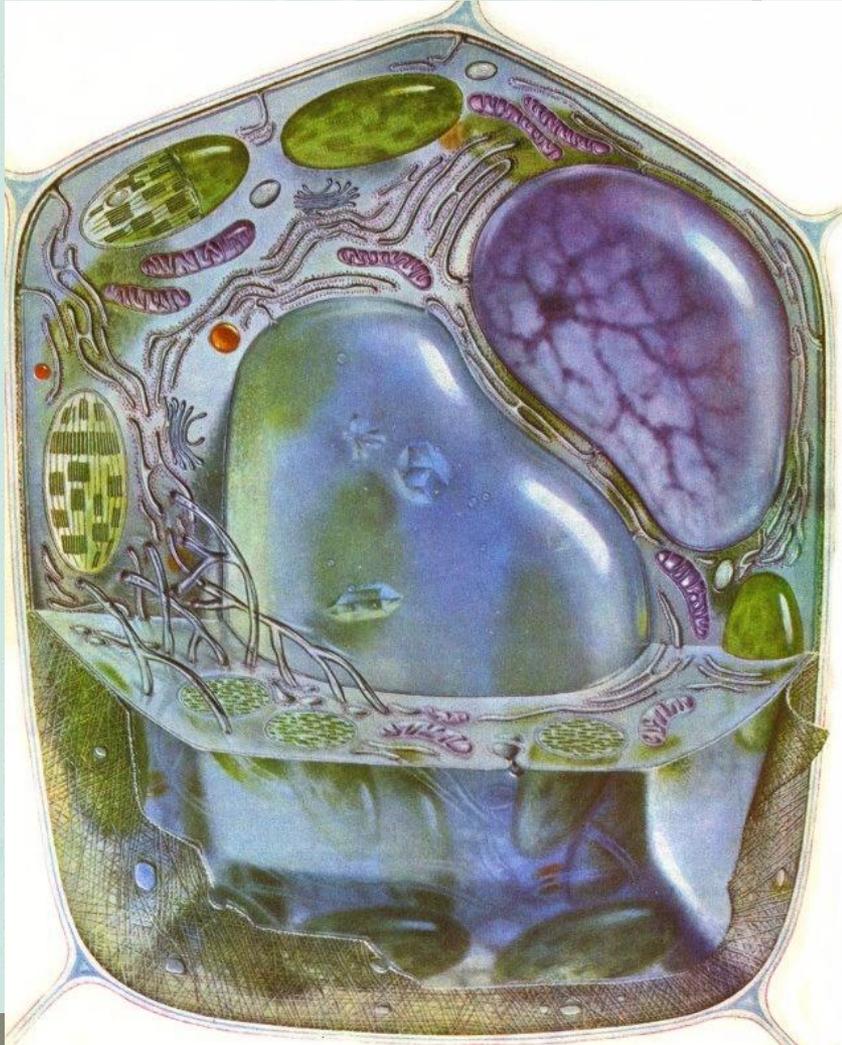


Электронный микроскоп позволяет увидеть взаимное расположение компонентов клетки.

Методы изучения клетки



Типы электронных микроскопов

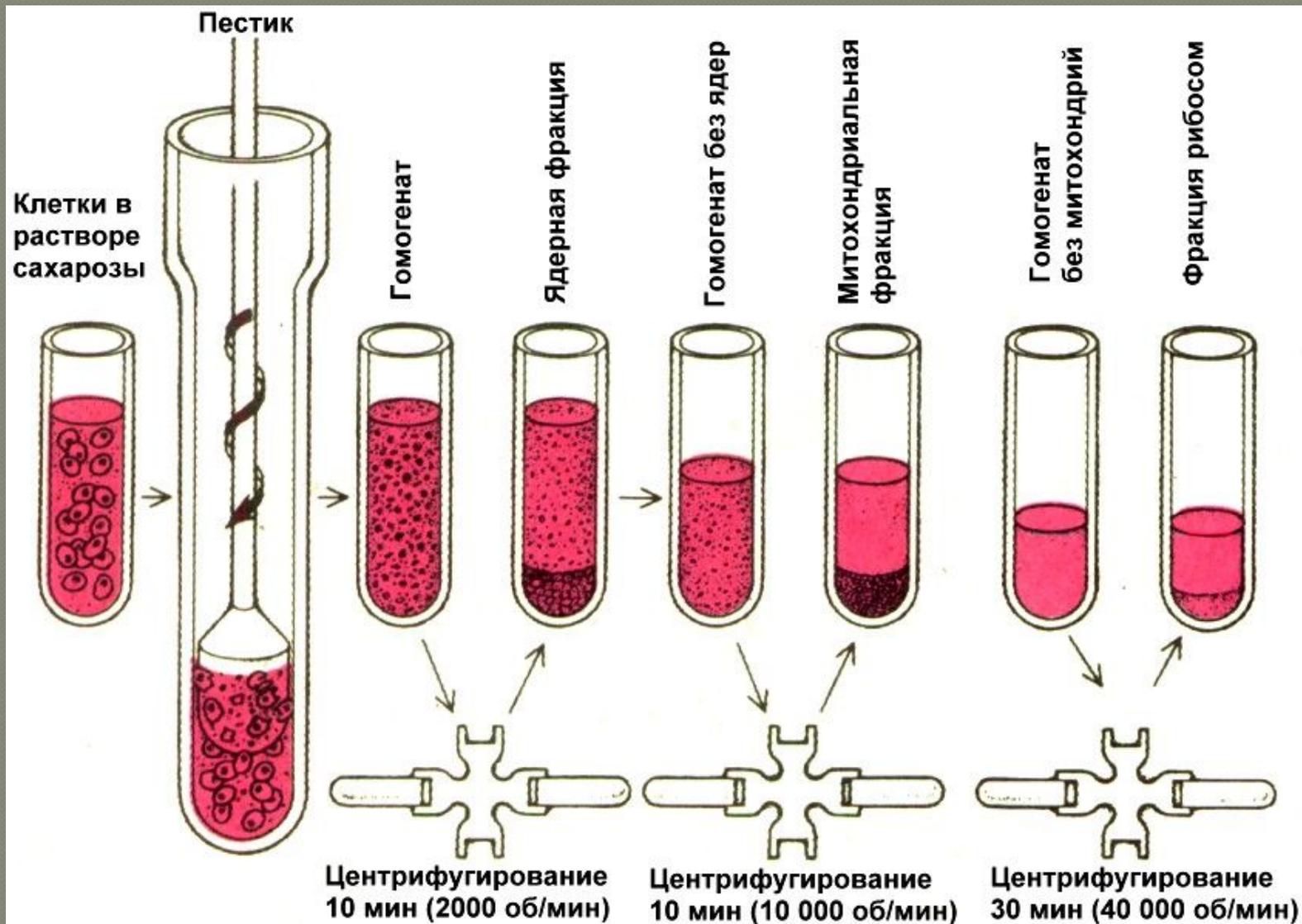


Трансмиссионный электронный микроскоп.



Сканирующий электронный микроскоп.

Методы изучения клетки



Значение клеточной теории в развитии науки

- Благодаря этой теории стало понятно, что клетка - это важнейшая составляющая часть всех живых организмов, их главный «строительный» компонент.
- Клетка является эмбриональной основой многоклеточного организма, так как развитие организма начинается с одной клетки - зиготы.
- Клетка - основа физиологических и биохимических процессов в организме, так как на клеточном уровне происходят в конечном счете все физиологические и биохимические процессы.
- Клеточная теория позволила прийти к выводу о сходстве химического состава всех клеток и еще раз подтвердила единство всего органического мира.

Клетка - это один из основных структурных, функциональных и воспроизводящих элементов живой материи.

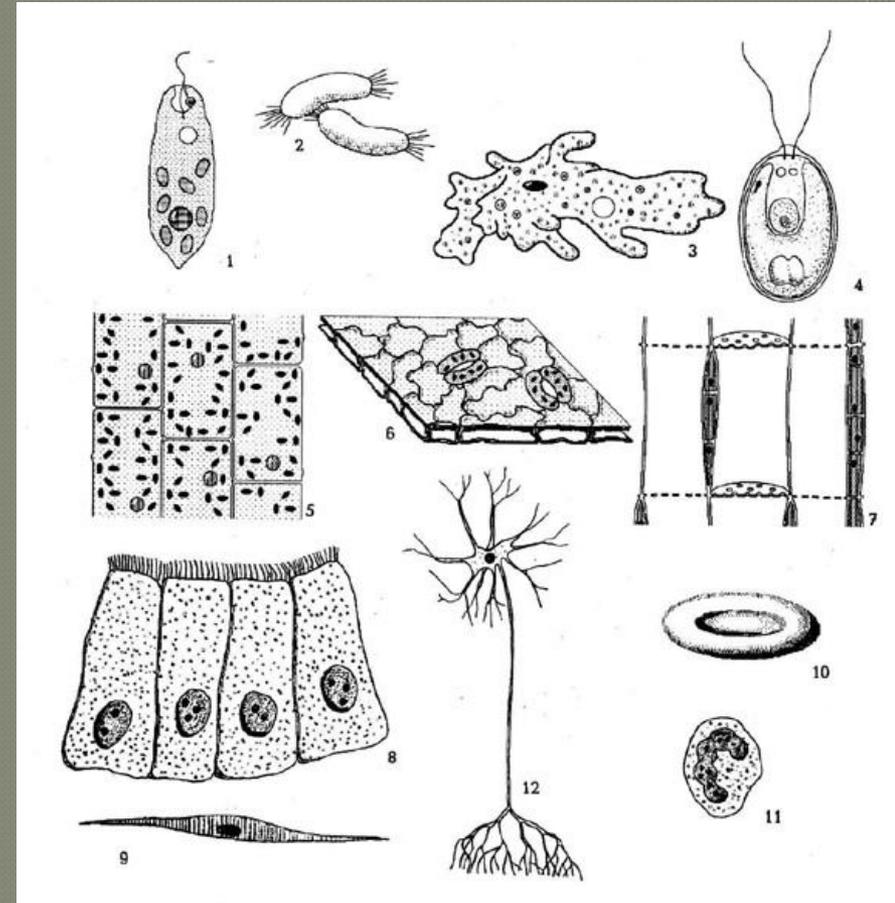
Это элементарная живая система.

Все живые организмы состоят из клеток: из одной клетки (одноклеточные организмы) или многих (многоклеточные).

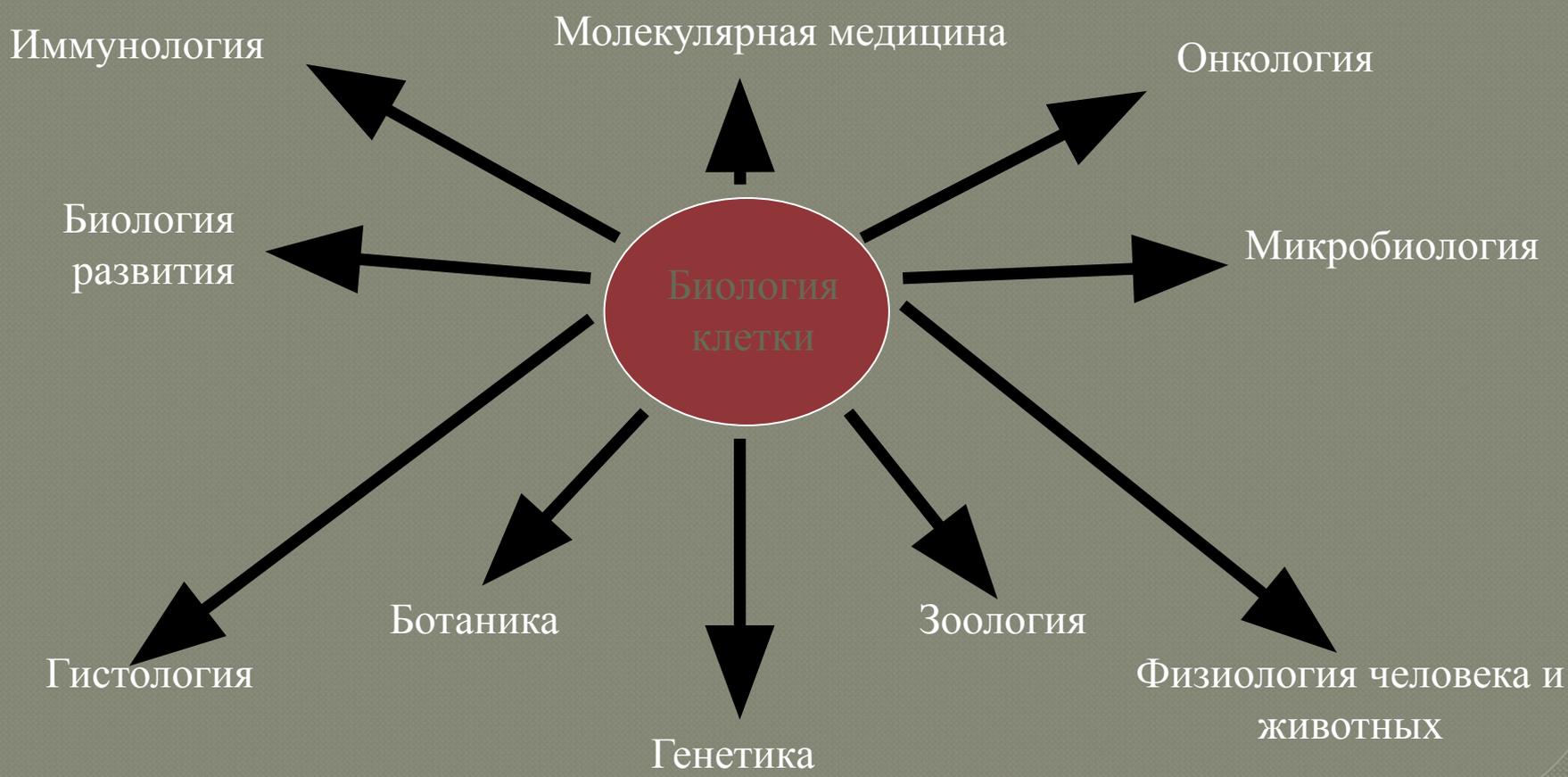
Существуют эволюционно неклеточные организмы (вирусы), но они могут размножаться только в клетках.

Клетки отличаются друг от друга:

по строению
по размерам (колеблются от 1 мкм до нескольких см - это яйцеклетки рыб и птиц)
по форме (могут быть круглыми как эритроциты, древовидными как нейроны, веретенообразными как мышечные волокна)
по биохимическим характеристикам (например, в клетках, содержащих хлорофилл или бактериохлорофилл, идет процесс фотосинтеза, который невозможен при отсутствии этих пигментов)
по функциям (различают половые клетки - гаметы и соматические - клетки тела, которые в свою очередь подразделяют на множество разных типов).



Связь биологии клетки с другими биологическими и медицинскими науками



Химия клетки

По содержанию в клетке химические элементы делятся на

<u>Макроэлементы</u> (99,8 - 99,9 %)		<u>Микроэлементы</u> (около 0,1-0,2 %) <i>от 10-3 до 10-6 % массы клетки</i>	<u>Ультрамикроэлементы</u> (следовые количества) <i>меньше 10-6 % массы клетки</i>
Органогенные (98 %)	Неорганогенные (1,8-1,9 %)		
Кислород 65-75	Фосфор 0,2-0,1	Цинк 0,0003	Золото
Углерод 15-18	Сера 0,15-0,2	Медь 0,0002	Уран
Водород 8-10	Кальций 0,04-0,2	Йод 0,0001	Селен
Азот 1,5-3,0	Натрий 0,02-0,03	Фтор 0,0001	Радий менее
	Калий 0,15-0,4	Марганец 0,0001	Цезий
	Магний 0,02-0,03	Бор	Ртуть 0,000001
	Хлор 0,05-0,10	Кобальт	Бериллий
		Молибден	
		Бром	
		Ванадий	

Химия клетки

КЛЕТКА

```
graph TD; A((КЛЕТКА)) --> B[Неорганические соединения]; A --> C[Органические соединения]; B --- B_list[• вода  
• различные соли]; C --- C_list[• белки  
• углеводы  
• жиры  
• нуклеиновые кислоты];
```

Неорганические соединения

- вода
- различные соли

Органические соединения

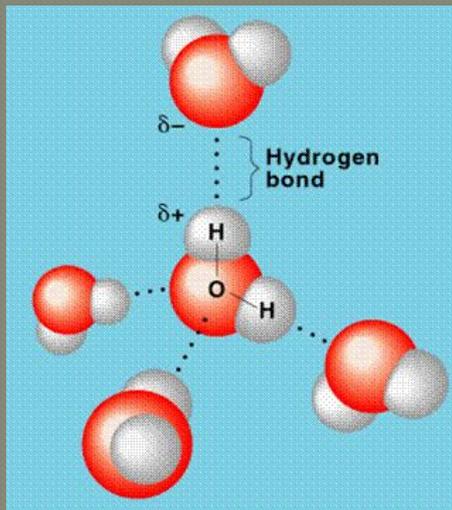
- белки
- углеводы
- жиры
- нуклеиновые кислоты

Химические соединения клетки. Вода

Неорганические	Содержание, %	Органические	Содержание, %
Вода	40—95	Белки	10—20
Другие неорганические вещества	1,0—1,5	Липиды	1—5
		Углеводы	0,2—2,0
		Нуклеиновые кислоты	1,0—2,0
		АТФ и другие низкомолекулярные органические соединения	0,1—0,5

Вода. Самое распространенное в живых организмах неорганическое соединение. Ее содержание колеблется в широких пределах: в клетках эмали зубов вода составляет по массе около 10%, а в клетках развивающегося зародыша — более 90%.

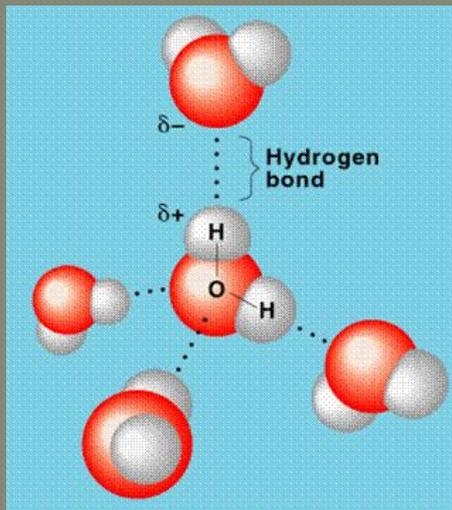
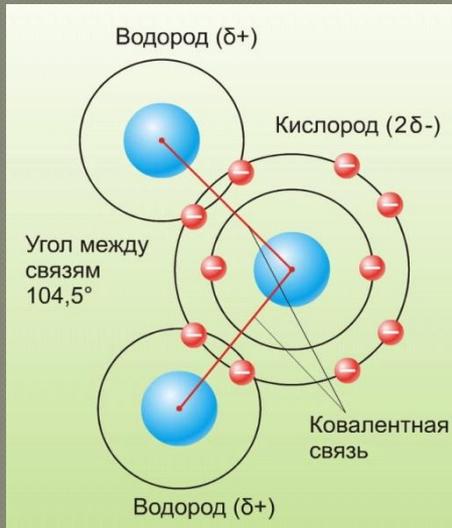
Химические соединения клетки. Вода



Молекула воды состоит из атома O , связанного с двумя атомами H полярными ковалентными связями. Характерное расположение электронов в молекуле воды придает ей электрическую асимметрию. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны атомов водорода сильнее, в результате общие пары электронов смещены в молекуле воды в его сторону.

Поэтому, хотя молекула воды **в целом не заряжена**, каждый из двух атомов водорода обладает частично положительным зарядом (обозначаемым δ^+), а атом кислорода несет частично отрицательный заряд ($2\delta^-$). Молекула воды поляризована и является диполем (имеет два полюса).

Химические соединения клетки. Вода

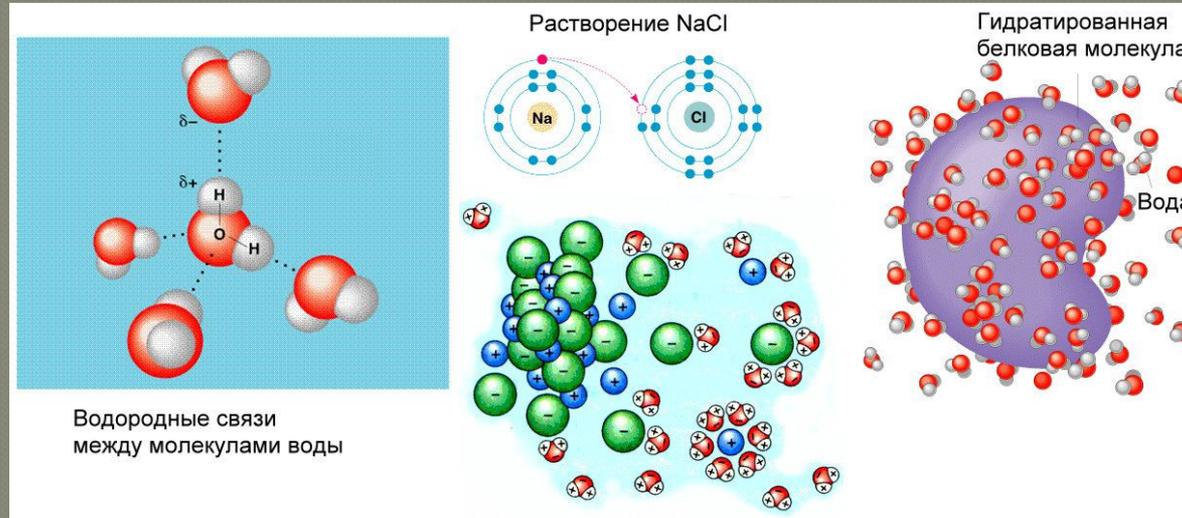


Частично отрицательный заряд атома кислорода одной молекулы воды притягивается частично положительными атомами водорода других молекул. Таким образом, каждая молекула воды стремится связаться водородными связями с четырьмя соседними молекулами воды.

Вода является хорошим растворителем. Благодаря полярности молекул и способности образовывать водородные связи вода легко **растворяет ионные соединения (соли, кислоты, основания)**. Хорошо растворяются в воде и некоторые **неионные, но полярные соединения**, т. е. в молекуле которых присутствуют заряженные (полярные) группы, например сахара, простые спирты, аминокислоты.

Химические соединения клетки. Вода

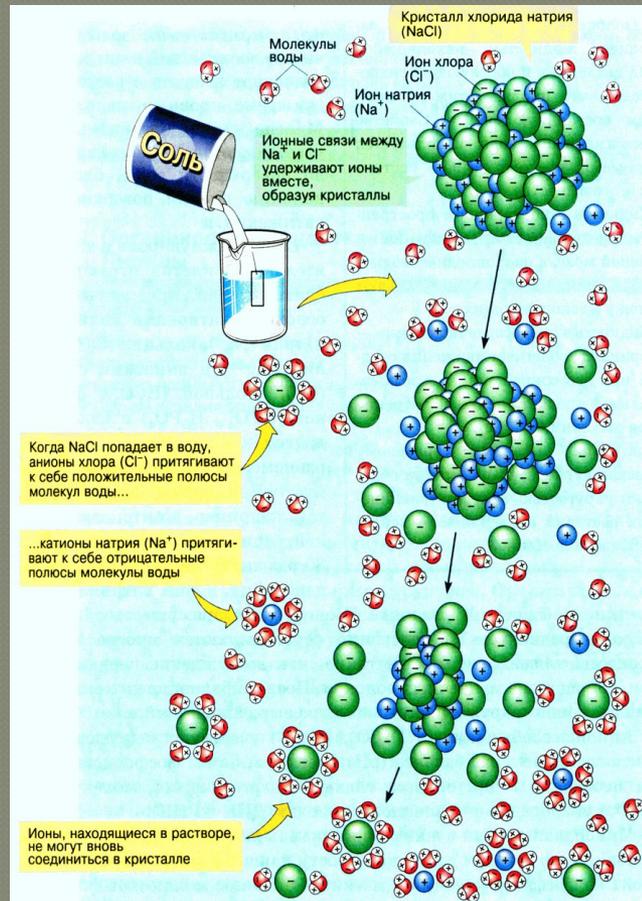
Вещества, хорошо растворимые в воде, называются **гидрофильными** (от греч. *hugros* – влажный и *philia* – дружба, склонность).



Вещества, плохо или вовсе нерастворимые в воде, называются **гидрофобными** (от греч. *phobos* – страх). К ним относятся жиры, нуклеиновые кислоты, некоторые белки. Такие вещества могут образовывать с водой поверхности раздела, на которых протекают многие химические реакции.

То, что вода не растворяет неполярные вещества, для живых организмов также очень важен. К числу важных в физиологическом отношении свойств воды относится ее способность растворять газы (O₂, CO₂ и др.).

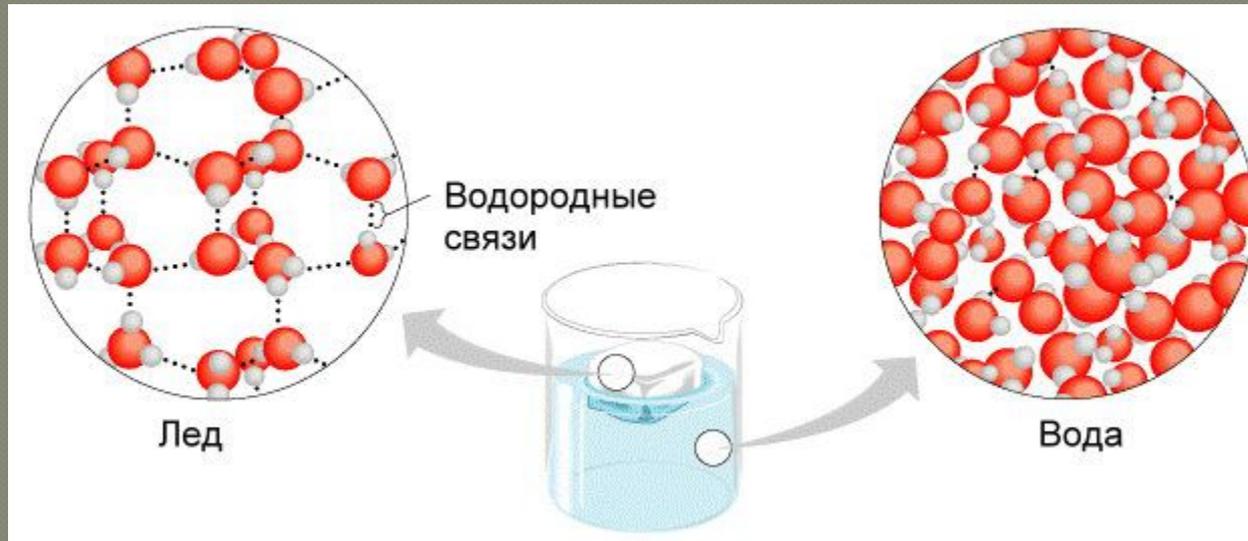
Химические соединения клетки. Вода



Вода обладает также высокой теплопроводностью, обеспечивая равномерное распределение тепла по всему организму. Следовательно, высокая удельная теплоемкость и высокая теплопроводность делают воду идеальной жидкостью для поддержания теплового равновесия клетки и организма.

Вода практически не сжимается, создавая **тургорное** давление, определяя объем и упругость клеток и тканей. Так, именно гидростатический скелет поддерживает форму у круглых червей, медуз и других организмов.

Химические соединения клетки. Вода



Плотность воды в твердом состоянии меньше чем в жидком, благодаря этому лед образуется на поверхности воды. Максимальная плотность воды при $+4\text{ C}^\circ$.

Функции воды:

- осуществляют важнейшие реакции синтеза и распада различных соединений
- определяет тургор (упругость) тканей
- создает среду для химических реакций
- участвует в реакциях гидролиза
- участвует в световой фазе фотосинтеза
- участвует в терморегуляции
- является хорошим растворителем

К неорганическим веществам клетки, кроме воды,

относят *соли, кислоты и щелочи.*

Они находятся в растворе в виде
анионов и катионов или
в виде *соединений с органическими
веществами.*

Для процессов жизнедеятельности особое
значение имеют:

катионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
и анионы $НРО_4^{2-}$, $Н_2РО_4^-$, SO_4^{2-} , Cl^- .

Роль солей в организме

- обеспечение трансмембранной разности потенциалов (вследствие разницы во внутри- и внеклеточной концентрации ионов калия и натрия)
- создание буферных свойств (за счет наличия в цитоплазме анионов фосфорной и угольной кислот)
- обеспечивают передачу нервного импульса
- создание осмотического давления клетки
- входят в состав белковых молекул
- и др.

Роль неорганических элементов

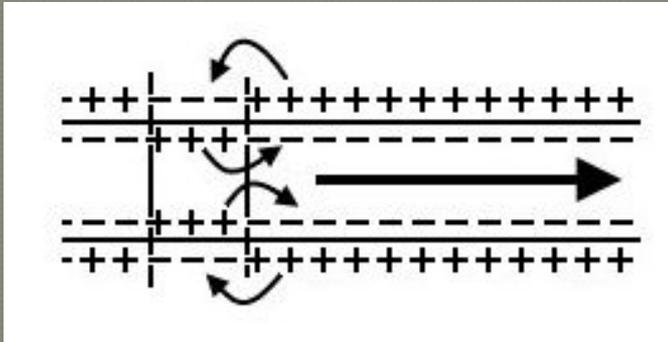
ЭЛЕМЕНТ	ФУНКЦИИ В КЛЕТКЕ
Натрий Калий Хлор	Обеспечение возбудимости клетки
Кальций	Важнейший регулятор обменных реакций в клетке; соли кальция входят в состав костей, раковин моллюсков
Железо	Входит в состав ферментов синтеза цитохромов, ферментов фотосинтеза, является частью гемоглобина
Фосфор	Остатки фосфорной кислоты входят в состав АТФ, НАДФ, ДНК, РНК
Сера	Входит в состав аминокислот (метионин, цистеин), бактериохлорофилла; участвует в реакциях хемосинтеза
Медь	Входит в состав ферментов, обеспечивающих синтез цитохромов, гемоглобина и др.
Цинк	Входит в состав ферментов спиртового брожения, пищеварительных ферментов

Химические соединения клетки. Соли

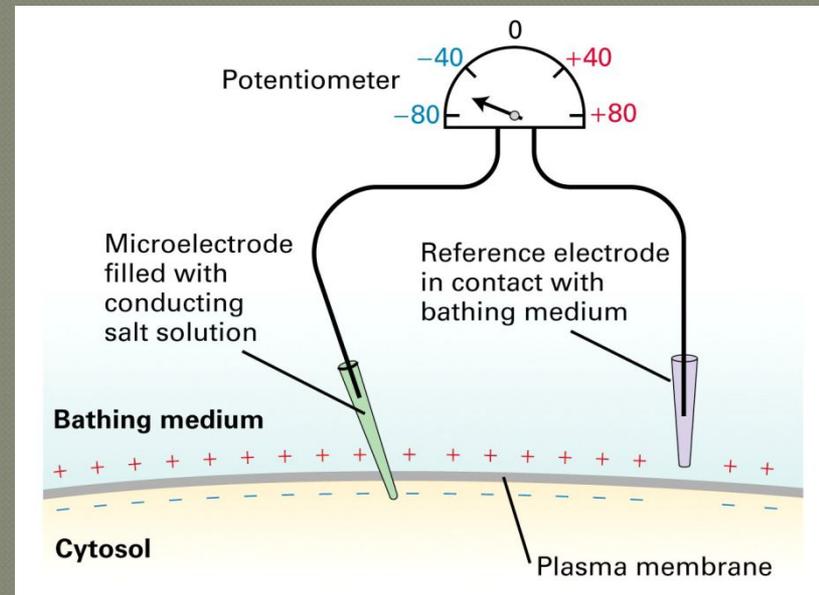
Важнейшие катионы

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и др.

На внешней поверхности мембраны всегда больше Na^+ чем на внутренней, и меньше K^+ , чем на внутренней



Данные катионы обеспечивают возбудимость клетки и проведение нервного импульса.



Белки

Общая характеристика белков



«Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». Ф. Энгельс

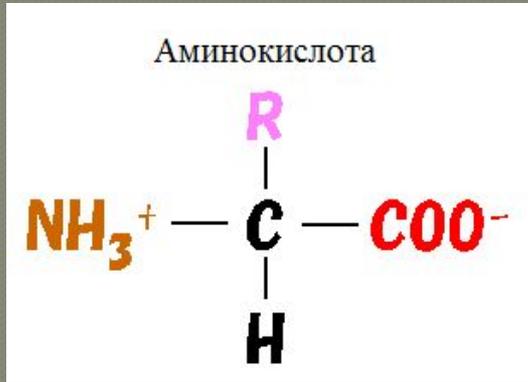
«Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенными из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот». М. В. Волькенштейн

Содержание в клетках химических соединений (в % от сырой массы)

Неорганические соединения		Органические соединения	
Вода	75 - 85 %	Белки	10 - 15 %
Неорганические вещества	1,0 - 1,5 %	Жиры	1 - 5 %
		Углеводы	0,2 - 2,0 %
		Нуклеиновые кислоты	1 - 2 %
		Низкомолекулярные органические соединения	0,1 - 0,5 %

Белки

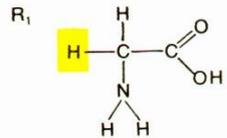
это нерегулярные гетерополимеры, состоящие из 20 различных мономеров
- природных альфа -аминокислот



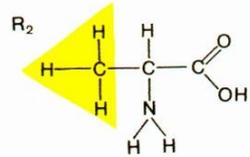
Аминокислоты разделяют на заменимые, синтезирующиеся в самом организме, и незаменимые, которые организм получает с пищей.

Среди белков различают протеины - состоят только из аминокислот и протеиды - содержат небелковую часть (например, гемоглобин, который состоит из белка глобина и порфирина - гема).

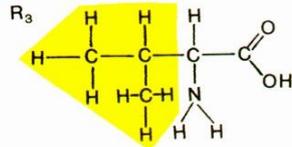
Общая характеристика белков



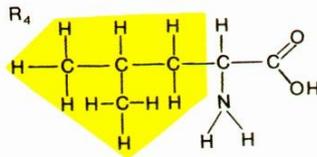
Глицин (гли)



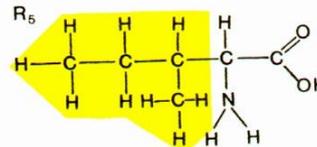
Аланин (ала)



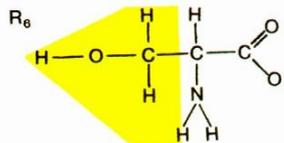
Валин (вал) *



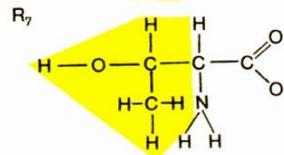
Лейцин (лей) *



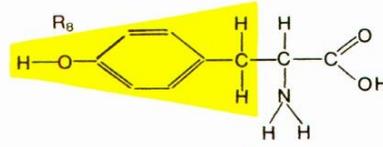
Изолейцин (илей) *



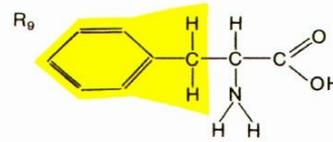
Серин (сер)



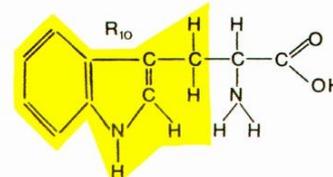
Треонин (тре) *



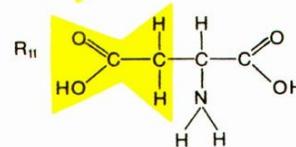
Тирозин (тир)



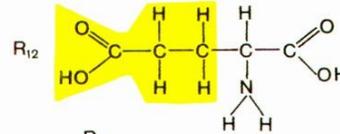
Фенилаланин (Фен) *



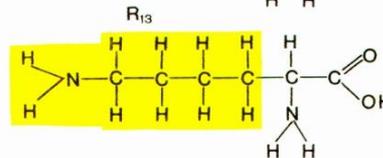
Триптофан (трп) *



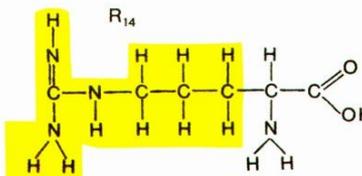
Аспарагиновая кислота (асп)



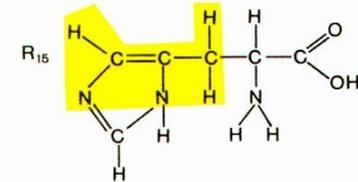
Глутаминовая кислота (глу)



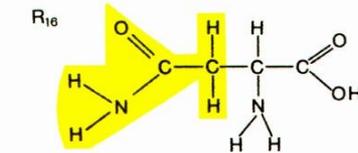
Лизин (лиз) *



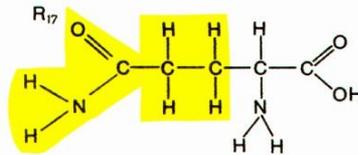
Аргинин (арг) *



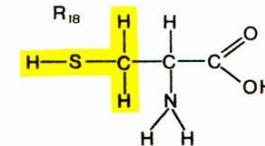
Гистидин (гис) *



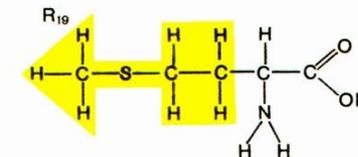
Аспарагин (асн)



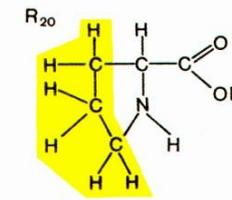
Глутамин (гln)



Цистеин (цис)



Метионин (мет) *

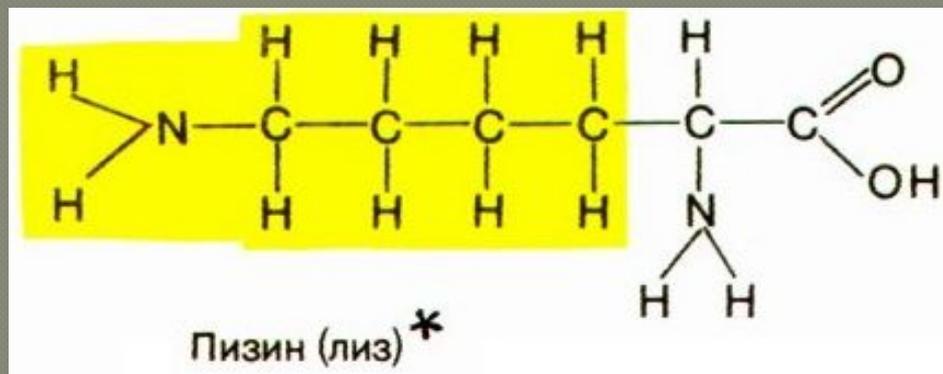
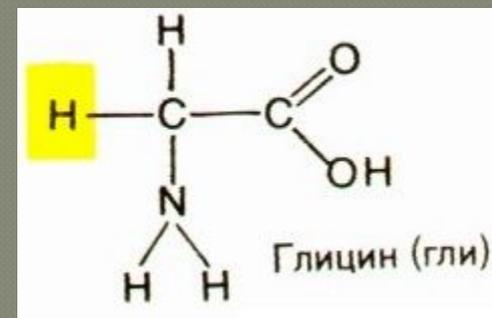
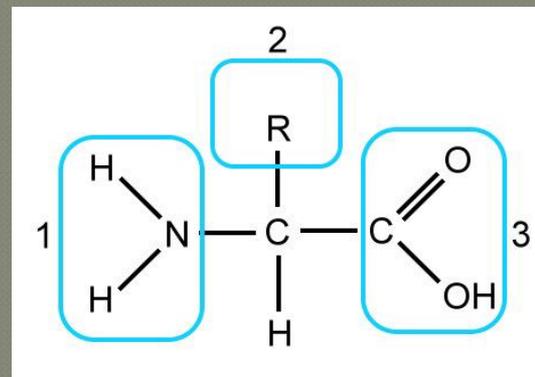


Пролин (про)

Общая характеристика белков

Все аминокислоты содержат хотя бы одну карбоксильную группу (-COOH) и одну аминогруппу (-NH₂). Остальная часть молекулы представлена радикалом.

В зависимости от количества аминогрупп и карбоксильных групп, входящих в состав аминокислот, различают: *нейтральные аминокислоты*, имеющие одну карбоксильную группу и одну аминогруппу; *основные аминокислоты*, имеющие более одной аминогруппы; *кислые аминокислоты*, имеющие более одной карбоксильной группы.



Общая характеристика белков



Аминокислоты являются амфотерными соединениями, так как в растворе они могут выступать как в роли кислот, так и оснований. В водных растворах аминокислоты существуют в разных ионных формах. Это зависит от pH раствора и от того, какая аминокислота: нейтральная, кислая или основная.

Все входящие в состав живых организмов α -аминокислоты, обладают оптической активностью.

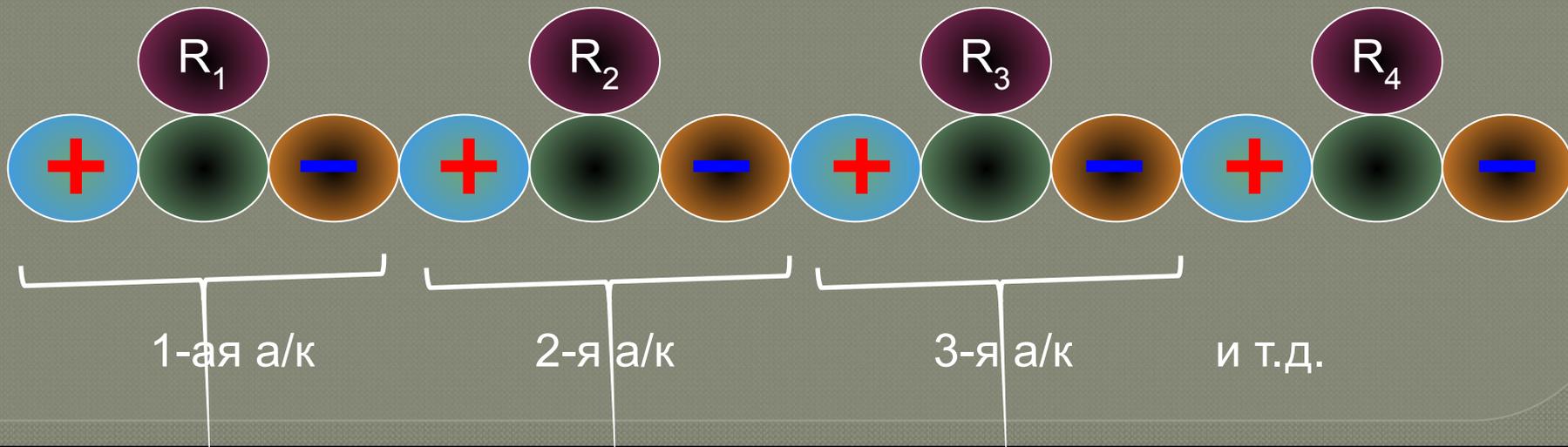
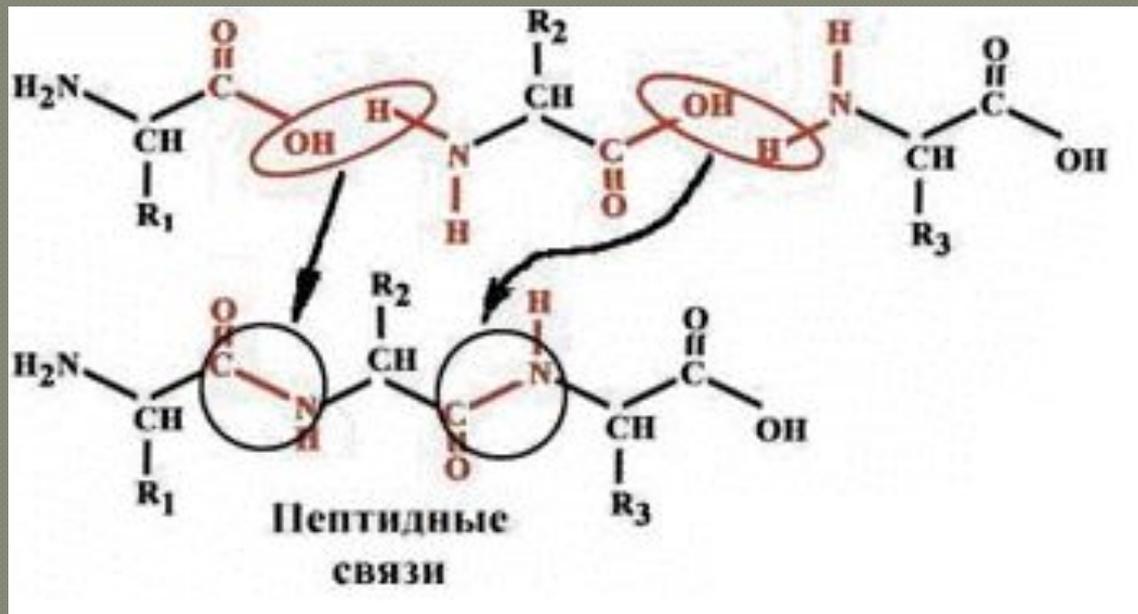
лишь L-аминокислоты включаются в состав белков, синтезируемых на рибосомах.

D-аминокислоты в живых организмах

- Аспарагиновые остатки в метаболически неактивных структурных белках претерпевают медленную самопроизвольную неферментативную рацемизацию: так в белках дентина и эмали зубов L-аспартат переходит в D-форму со скоростью $\sim 0,1\%$ в год, что может быть использовано для определения возраста млекопитающих. Рацемизация остатков аспарагиновой также отмечена при старении коллагена.
- С развитием следового аминокислотного анализа D-аминокислоты были обнаружены сначала в составе клеточных стенок некоторых бактерий (1966), а затем и в тканях высших организмов. Так, D-аспартат и D-метионин предположительно являются нейромедиаторами у млекопитающих.
 - В состав некоторых пептидов входят D-аминокислоты, образующиеся при посттрансляционной модификации. Например, D-метионин и D-аланин входят в состав опиоидных гептапептидов кожи южноамериканских амфибий (дерморфина, дермэнкефалина и делторфинов). Наличие D-аминокислот определяет высокую биологическую активность этих пептидов как анальгетиков.
- Гораздо чаще D-аминокислоты входят в состав пептидов и их производных, образующихся путем нерибосомного синтеза в клетках грибов и бактерий. Видимо, в этом случае исходным материалом для синтеза служат также L-аминокислоты, которые изомеризуются одной из субъединиц ферментного комплекса, осуществляющего синтез пептида.

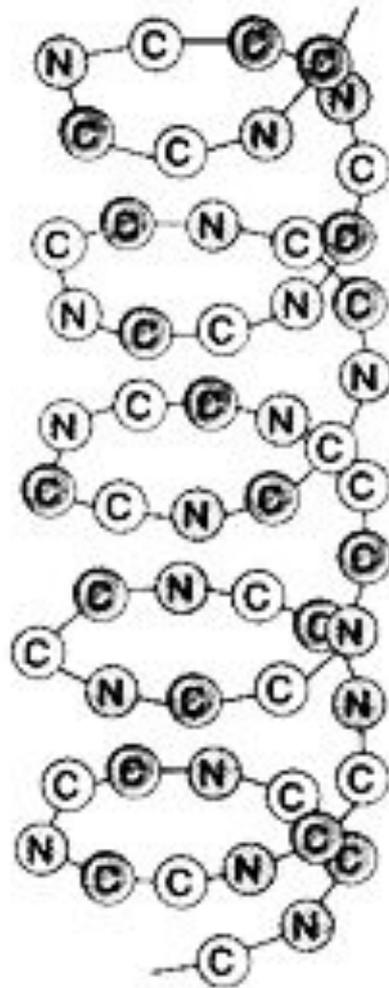
Первичная структура белка

(Ковалентные пептидные связи)

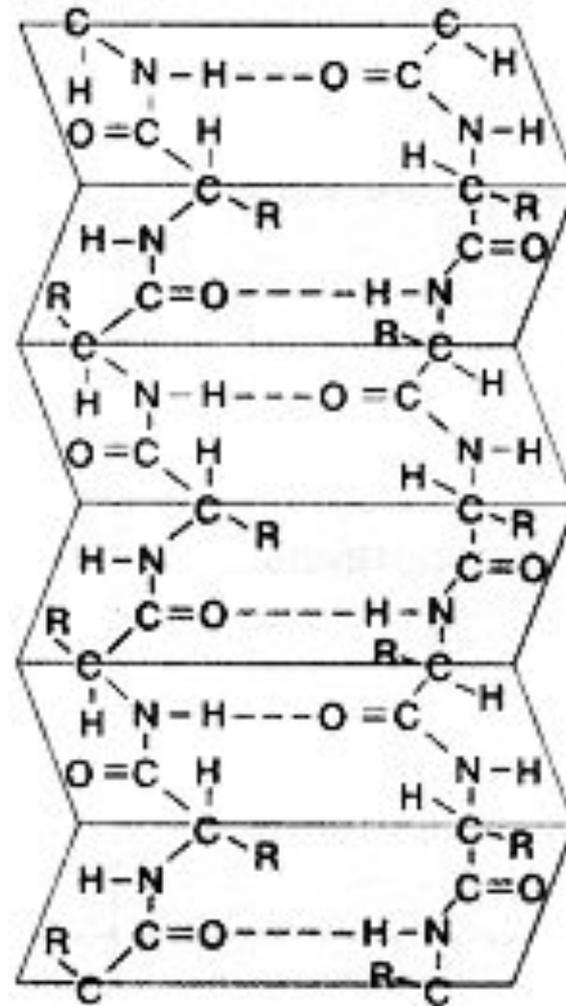


Вторичная структура белка

(Водородные связи)



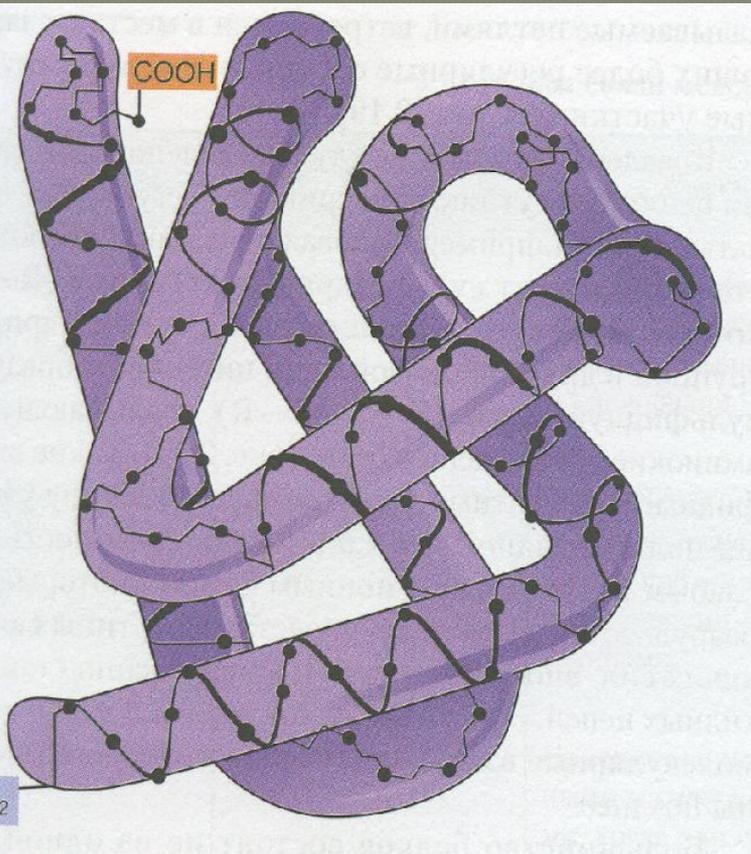
Альфа-спираль



Бета-складчатый слой

Третичная структура белка

Образуется путем многократного сворачивания спирали полипептида



Взаимодействие радикалов может происходить благодаря:

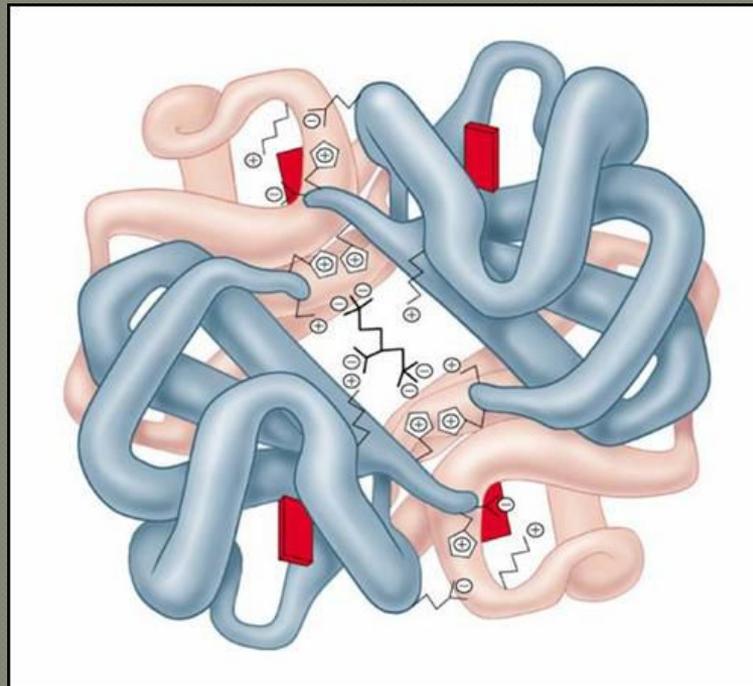
- ковалентным связям (между двумя остатками цистеина — дисульфидные мостики);
- ионным связям между противоположно заряженными боковыми группами аминокислотных остатков;
 - водородным связям;
 - гидрофильно-гидрофобным взаимодействиям. При взаимодействии с окружающими молекулами воды белковая молекула «стремится» свернуться так, чтобы неполярные боковые группы аминокислот оказались изолированы от водного раствора; на поверхности молекулы оказываются полярные гидрофильные боковые группы.

Четвертичная структура белка

Четвертичная структура.

Характерна для сложных белков, молекулы которых образованы двумя и более глобулами. Субъединицы удерживаются в молекуле благодаря нековалентным связям, в первую очередь водородным и гидрофобным.

Наиболее изученным белком, имеющим четвертичную структуру, является *гемоглобин*. Он образован двумя α -субъединицами (141 аминокислотный остаток) и двумя β -субъединицами (146 аминокислотных остатков). С каждой субъединицей связана молекула гема, содержащая железо.



По общему типу строения белки делятся на три группы:

- Глобулярные белки — водорастворимы, общая форма молекулы более или менее сферическая.
- Фибриллярные белки — образуют полимеры, их структура обычно высокорегулярна и поддерживается, в основном, взаимодействиями между разными цепями. Они образуют микрофиламенты, микротрубочки, фибриллы, поддерживают структуру клеток и тканей. К фибриллярным белкам относятся кератин и коллаген.
- Мембранные белки — имеют пересекающие клеточную мембрану домены, но части их выступают из мембраны в межклеточное окружение и цитоплазму клетки. Мембранные белки выполняют функцию рецепторов, то есть осуществляют передачу сигналов, а также обеспечивают трансмембранный транспорт различных веществ. Белки-транспортёры специфичны, каждый из них пропускает через мембрану только определённые молекулы или определённый тип сигнала.

Утрата белковой молекулой своей специфической конформации, сопровождающееся потерей ее биологической активности называется денатурацией.

Она может быть вызвана повышением температуры, обезвоживанием, облучением, действием гормонов и т.д.

Если при денатурации первичная структура не нарушается, то при восстановлении нормальных условий полностью воссоздается структура белка – это обратимая денатурация.

Если же произошел разрывом связей первичной структуры, то денатурация называется необратимой.

Синтез белка в клетке

Синтез на рибосомах: основной синтез белка в клетке
(будем обсуждать чуть позже)

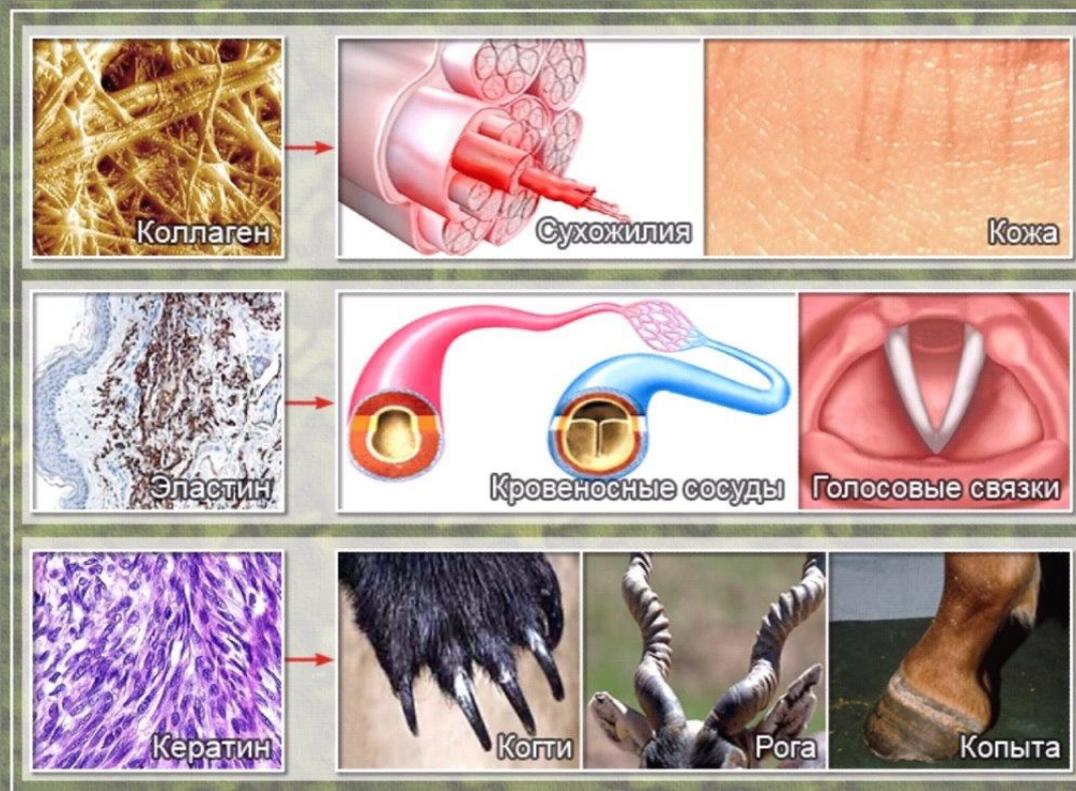
Нерибосомный синтез:

У низших грибов и некоторых бактерий известен дополнительный (нерибосомный, или мультиферментный) способ биосинтеза пептидов, как правило, небольших и необычной структуры. Синтез этих пептидов, обычно вторичных метаболитов осуществляется без непосредственного участия рибосом высокомолекулярным белковым комплексом, так называемой НРС-синтазой. НРС-синтаза обычно состоит из нескольких доменов или отдельных белков, осуществляющих селекцию аминокислот, образование пептидной связи, высвобождение синтезированного пептида. Иногда содержит домен, способный изомеризовать L-аминокислоты (нормальная форма) в D-форму.

Функции белков

Благодаря сложности, разнообразию форм и состава, белки играют важную роль в жизнедеятельности клетки и организма в целом.

1. Одна из важнейших — **строительная**. Белки участвуют в образовании клеточных и внеклеточных структур: входят в состав клеточных мембран, шерсти, волос, сухожилий, стенок сосудов и т.д.



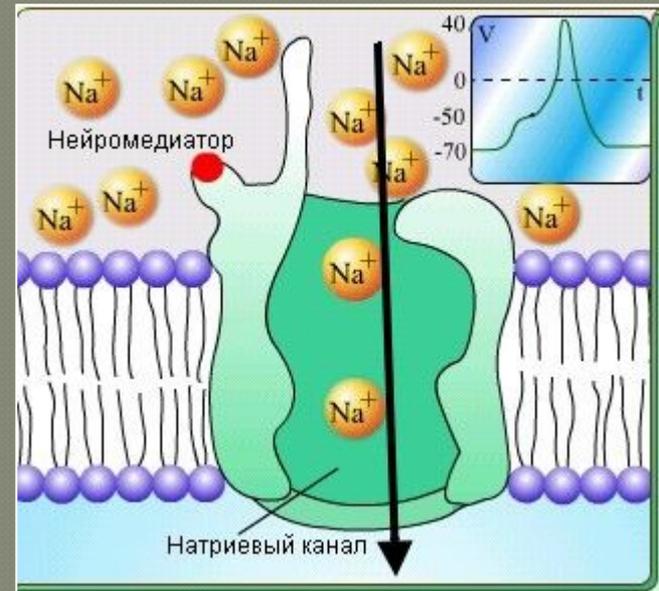
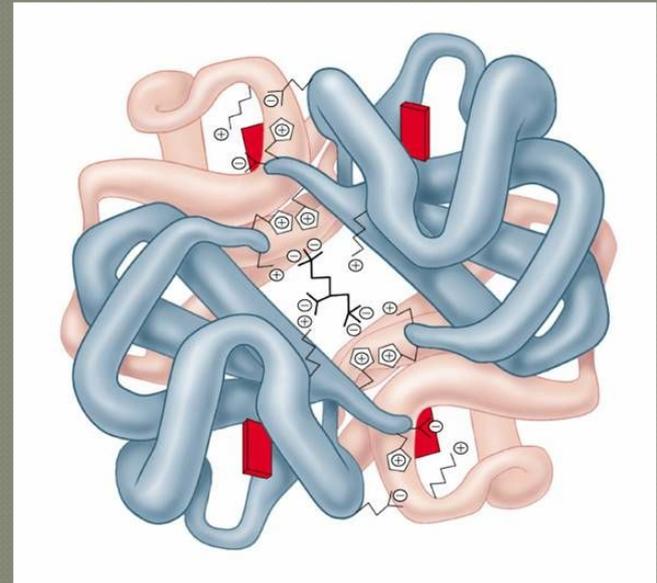
Структурные белки участвуют в образовании различных органов и тканей.

Функции белков

2. **Транспортная.** Некоторые белки способны присоединять различные вещества и переносить их к различным тканям и органам тела, из одного места клетки в другое.

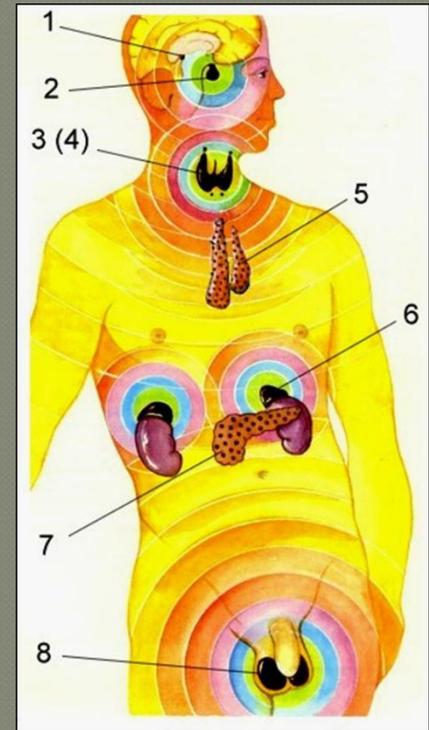
Например, белок крови *гемоглобин транспортирует O_2 и CO_2* ;

в состав клеточных мембран входят особые *белки*, обеспечивают *активный и строго избирательный перенос некоторых веществ и ионов* из клетки во внешнюю среду и обратно.



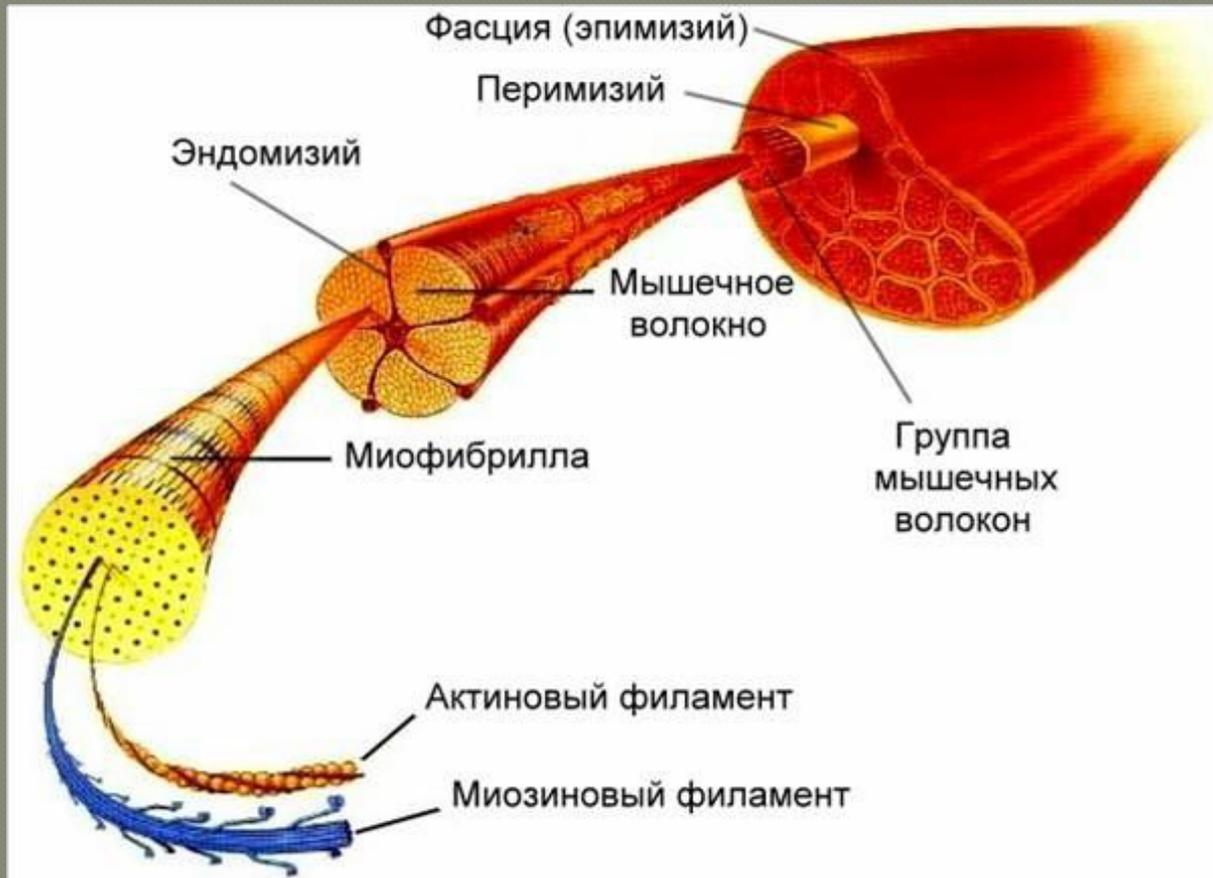
Функции белков

3. **Регуляторная.** Большая группа белков организма принимает участие в регуляции процессов обмена веществ. Такими белками являются *гормоны* — биологически активные вещества, выделяющиеся в кровь железами внутренней секреции (гормоны гипофиза, поджелудочной железы). Например, гормон инсулин регулирует уровень сахара в крови путем повышения проницаемости клеточных мембран для глюкозы, способствует синтезу гликогена.
4. **Защитная.** В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (антигенов) образуются особые белки — *антитела*, способные связывать и обезвреживать их. *Фибрин*, образующийся из фибриногена, способствует остановке кровотечений.



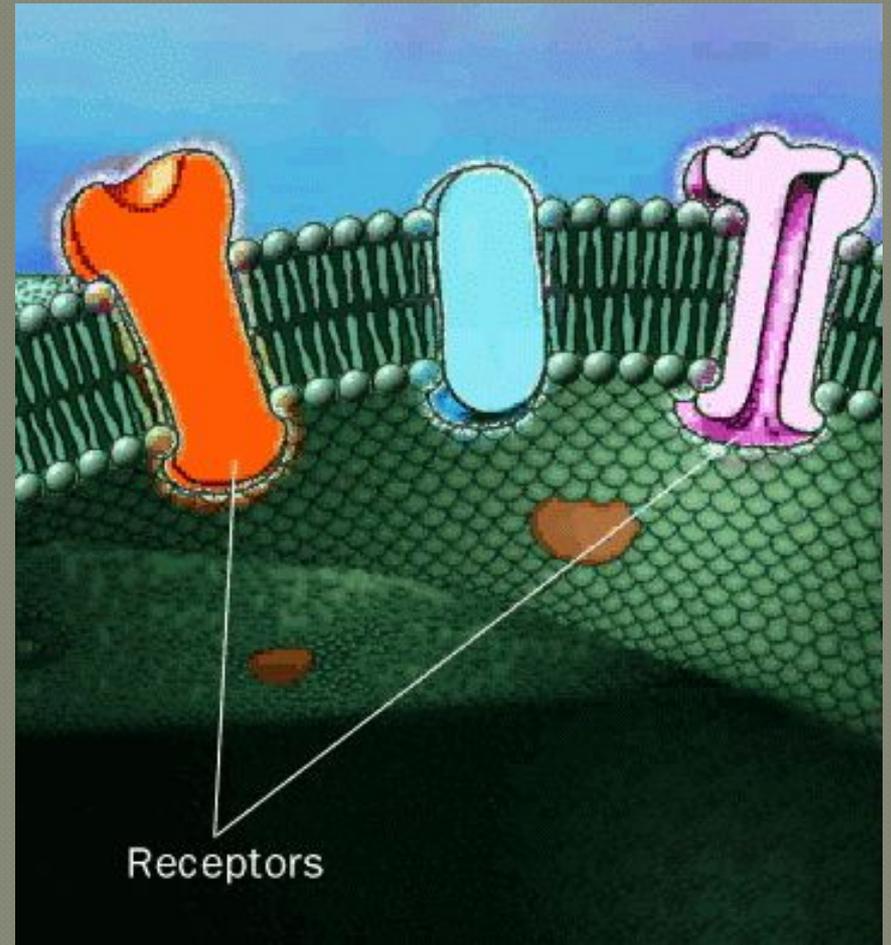
Функции белков

5. **Двигательная.** Особые сократительные белки (актин и миозин) участвуют во всех видах движения клетки и организма: образовании псевдоподий, мерцании ресничек и биении жгутиков у простейших, сокращении мышц у многоклеточных животных, движении листьев у растений и др.



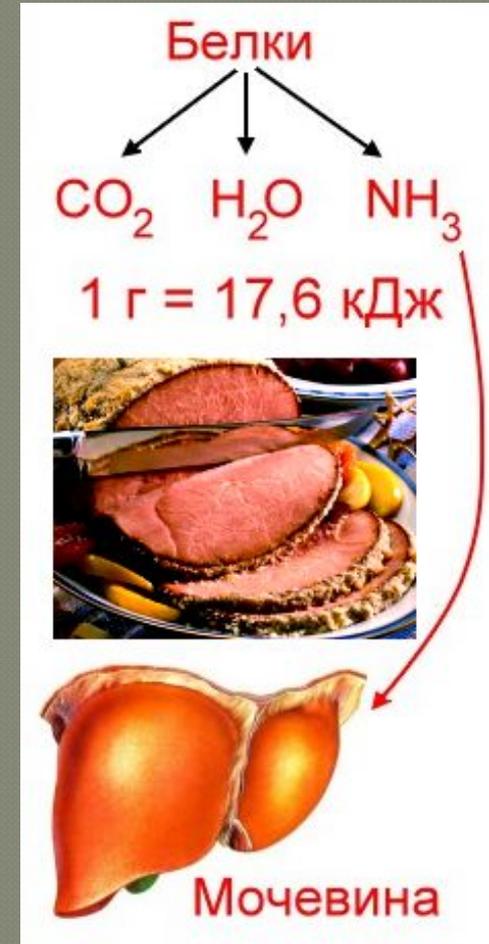
Функции белков

6. Весьма важна для жизни клетки *сигнальная функция белков*. В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Так происходит прием сигналов из внешней среды и передача команд в клетку.



Функции белков

7. **Запасающая.** Благодаря белкам в организме могут откладываться про запас некоторые вещества. Например, при распаде гемоглобина железо не выводится из организма, а сохраняется в организме, образуя комплекс с белком ферритином. К запасным белкам относятся белки яйца, белки молока.
8. **Энергетическая.** Белки являются одним из источников энергии в клетке. При распаде 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж. Сначала белки распадаются до аминокислот, а затем до конечных продуктов — воды, углекислого газа и аммиака. Однако в качестве источника энергии белки используются тогда, когда другие (углеводы и жиры) израсходованы.

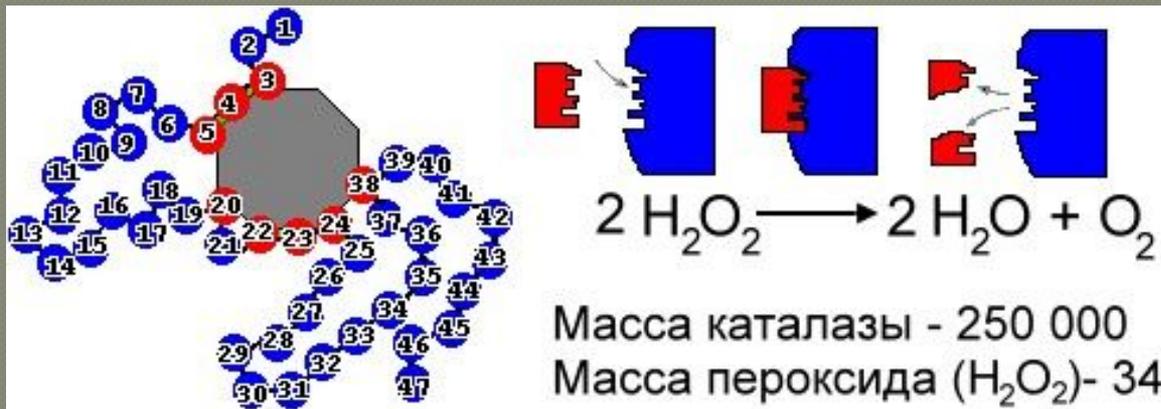


Функции белков

9. **Каталитическая.** Одна из важнейших функций белков. Скорость ферментативных реакций в десятки тысяч (а иногда и в миллионы раз) выше скорости реакций, идущих с участием неорганических катализаторов.

Например, пероксид водорода без катализаторов разлагается медленно: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. В присутствии солей железа (катализатора) эта реакция идет несколько быстрее. Фермент *каталаза* за 1 сек. расщепляет до 100 тыс. молекул H_2O_2 .

Масса фермента гораздо больше массы субстрата, та часть молекулы фермента, которая взаимодействует с молекулой субстрата получила название – активный центр фермента.

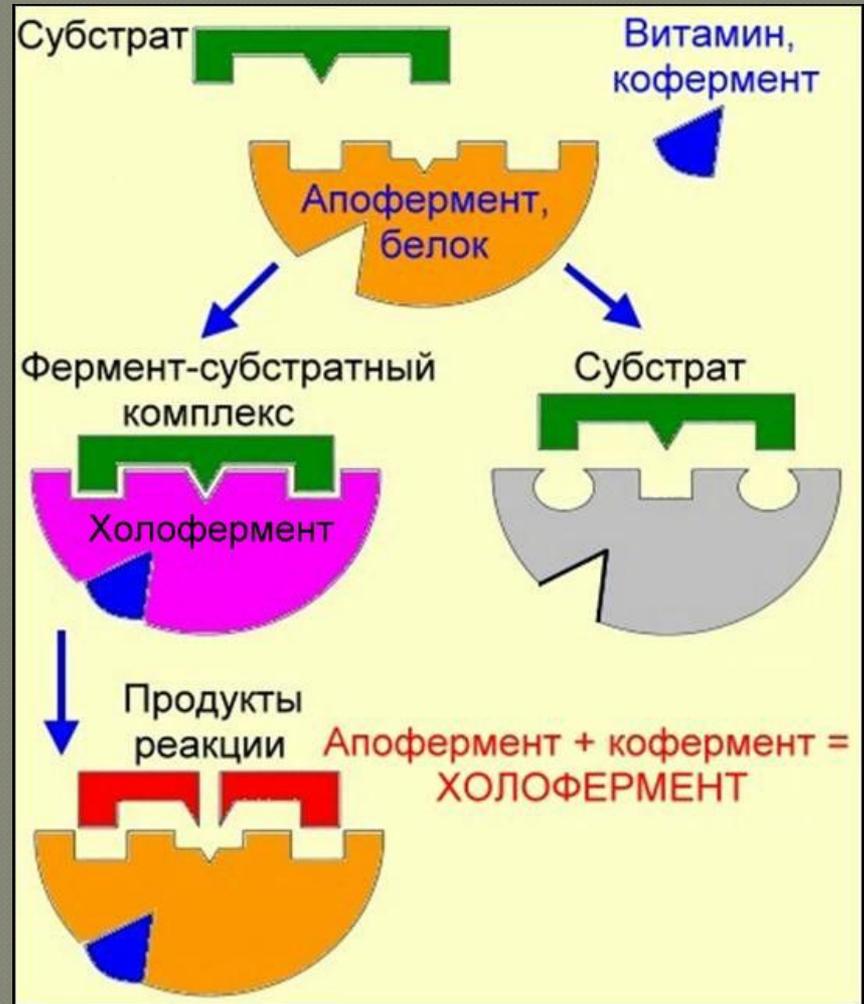


Функции белков

Ферменты – глобулярные белки, по особенностям строения ферменты можно разделить на две группы: простые и сложные.

Простые ферменты являются простыми белками, т.е. состоят только из аминокислот.

Сложные ферменты являются сложными белками, т.е. в их состав помимо белковой части входит органическое соединение небелковой природы — **коферменты**: ионы металлов или витамины.

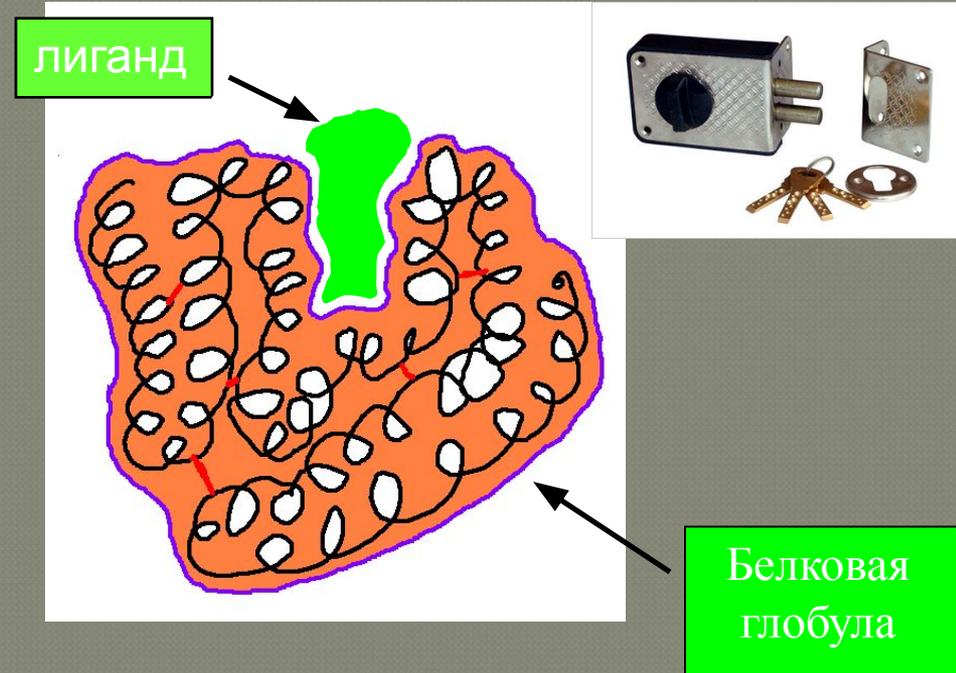


Белки работают при взаимодействии с лигандом по принципу «ключ замок»

Третичная структура (белковый клубок), как правило, имеет ямку («активный центр»). Здесь происходит захват молекулы-мишени («лиганда») по принципу «ключ-замок».

После этого белок способен выполнить с лигандом те или иные операции.

Тип операции с лигандом = тип белка.

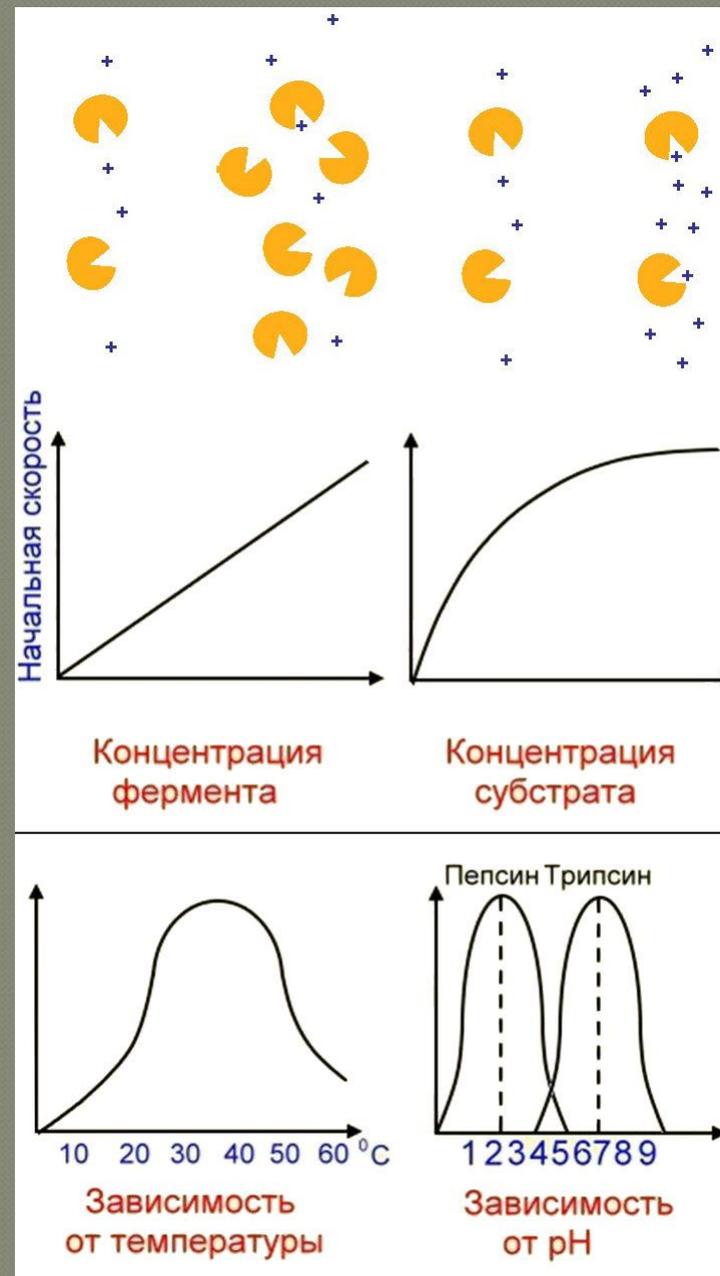


Функции белков

Ферменты специфичны – могут катализировать один тип реакций – в активный центр попадает определенная молекула субстрата.

Поскольку почти все ферменты являются белками (есть *рибозимы*, РНК, катализирующие некоторые реакции), их активность наиболее высока при физиологически нормальных условиях: большинство ферментов наиболее активно работает только при *определенной температуре, рН, скорость зависит от концентрации фермента и субстрата.*

При повышении температуры до некоторого значения (в среднем до 50°C) каталитическая активность растет (на каждые 10°C скорость реакции повышается примерно в 2 раза).



Кофакторы ферментов

Некоторые ферменты выполняют каталитическую функцию сами по себе, без дополнительных компонентов.

Однако есть ферменты, которым для осуществления катализа необходимы компоненты небелковой природы.

Кофакторы могут быть как неорганическими молекулами (ионы металлов, железо-серные кластеры и др.), так и органическими (например, флавин так и органическими (например, флавин или гем).

Органические кофакторы, прочно связанные с ферментом, называют также простетическими группами.

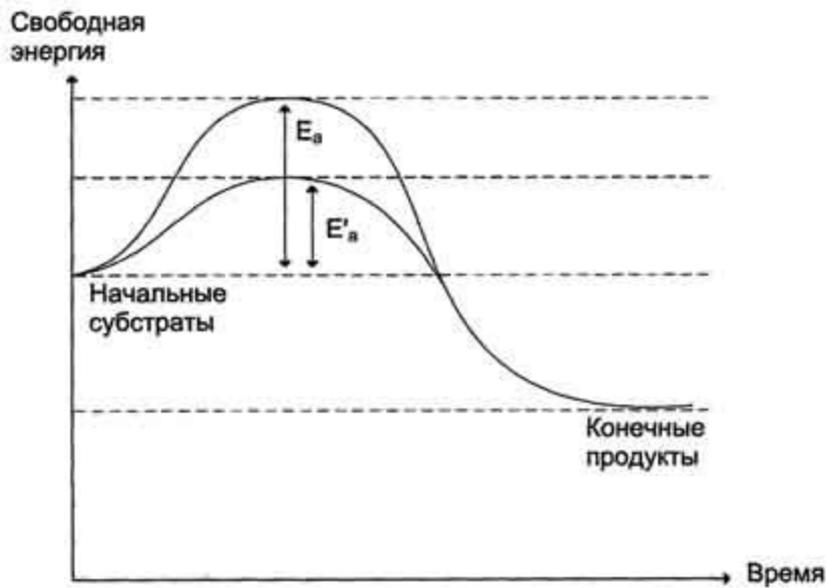
Кофакторы органической природы, способные отделяться от фермента, называют коферментами.

По типу катализируемых реакций ферменты подразделяются на 6 классов

- **Оксидоредуктазы**, катализирующие окисление или восстановление.
Пример: каталаза, алкогольдегидрогеназа
- **Трансферазы**, катализирующие перенос химических групп с одной молекулы субстрата на другую.
Пример: киназы, переносящие фосфатную группу, как правило, с молекулы АТФ.
- **Гидролазы**, катализирующие гидролиз химических связей.
Пример: эстеразы, пепсин, трипсин, амилаза, липопротеинлипаза
- **Лиазы**, катализирующие разрыв химических связей без гидролиза с образованием двойной связи в одном из продуктов.
- **Изомеразы**, катализирующие структурные или геометрические изменения в молекуле субстрата.
- **Лигаза**, катализирующие образование химических связей между субстратами за счет гидролиза АТФ. *Пример: ДНК-полимераза*

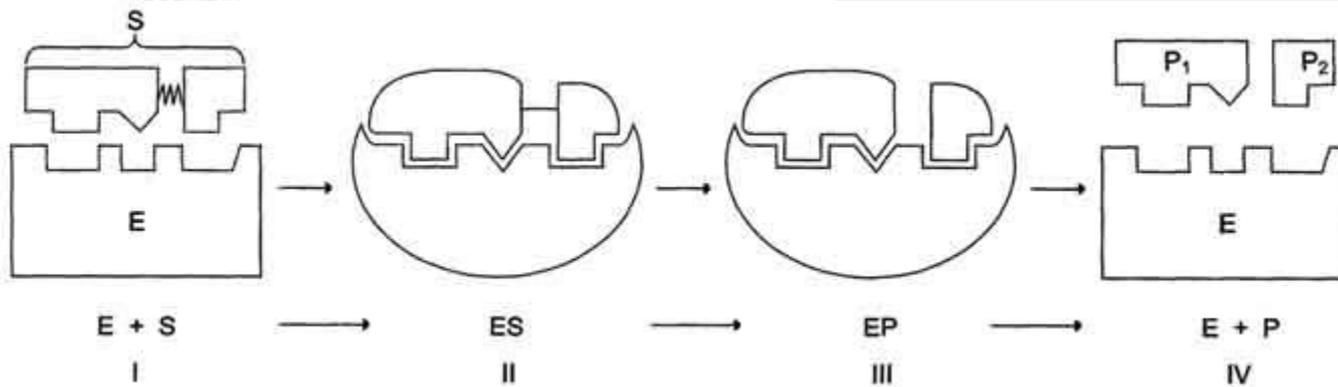
Функции белков

- Каталитическая функция - ускоряют химические реакции в организме (ферменты)
- Строительная функция (входят в состав мембран и органоидов клетки, а также в состав внеклеточных структур, например, коллаген в соединительной ткани)
- Двигательная функция (актин и миозин)
- Транспортная функция (гемоглобин транспортирует O_2).
- Защитная функция (антитела; фибриноген плазмы крови)
- Источник энергии (при распаде 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии)
- Регуляторная функция (гормоны гипофиза, поджелудочной железы)
- Запасаящая или резервная функция (белки, являющиеся источником питания для развития плода).



E_a - энергия активации некатализируемой реакции

E'_a - энергия активации катализируемой ферментами реакции



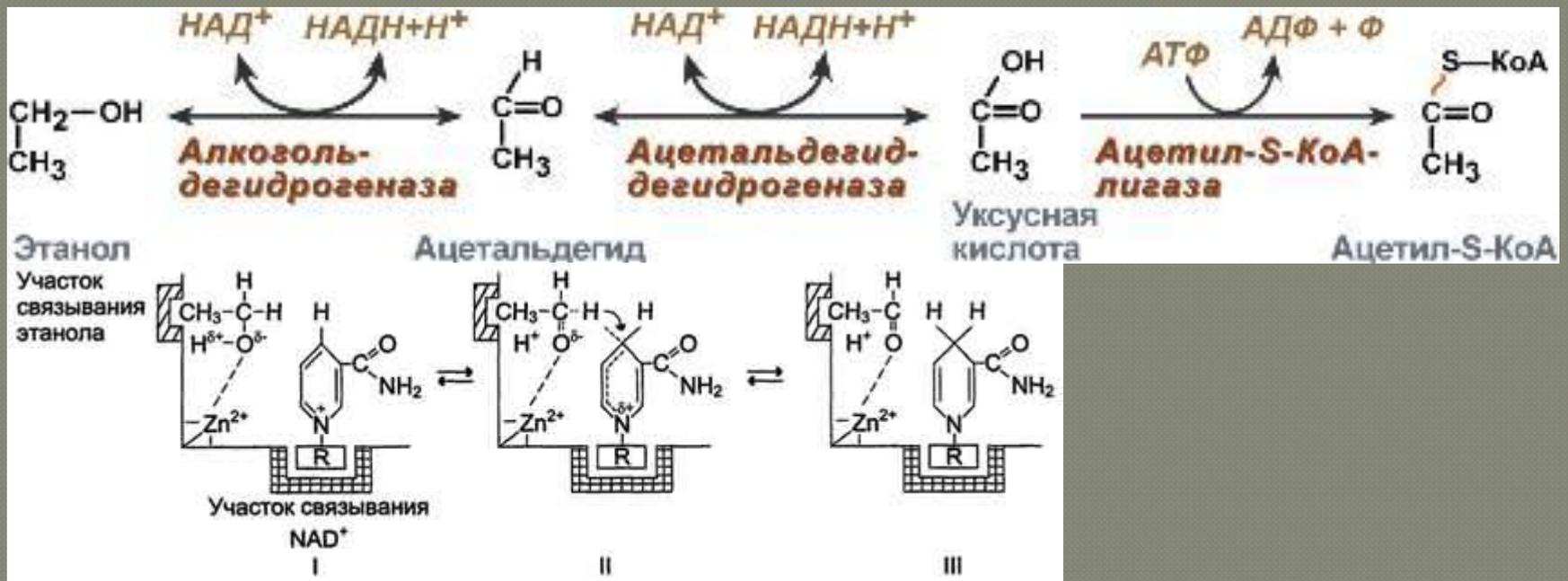
Этапы ферментативного катализа.

I - этап сближения и ориентации субстрата относительно активного центра фермента;

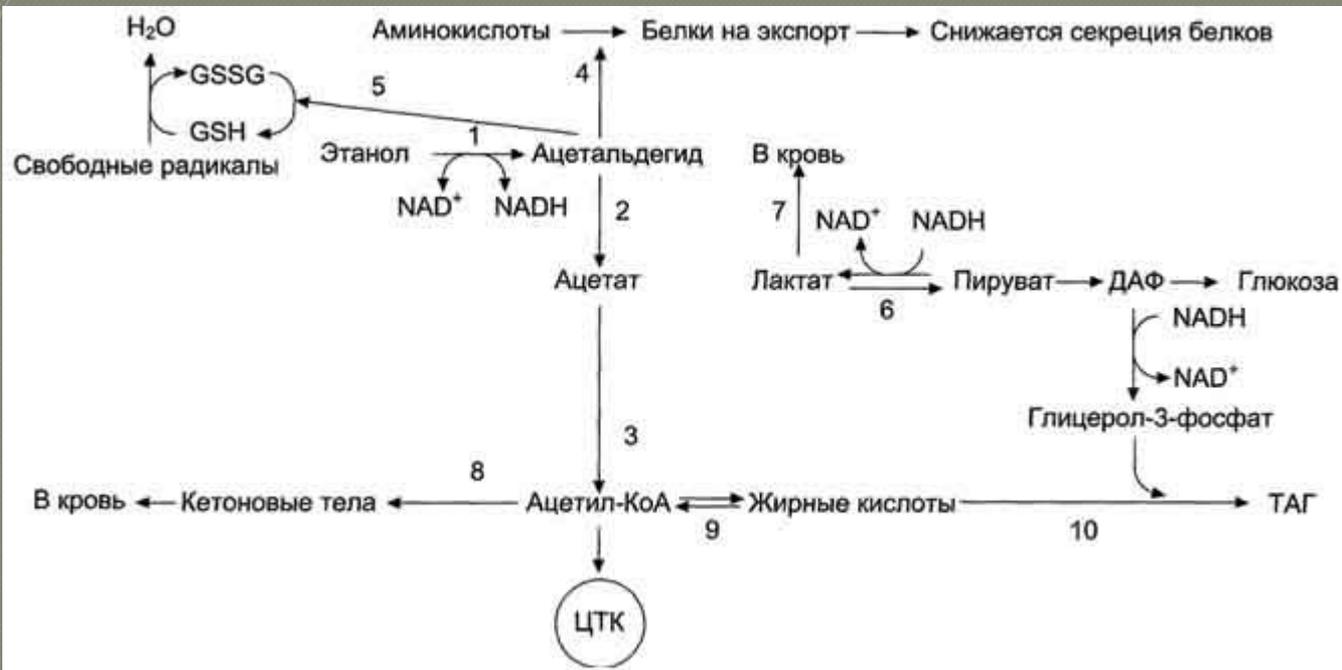
II - образование фермент-субстратного комплекса (ES) в результате индуцированного соответствия;

III - деформация субстрата и образование нестабильного комплекса фермент-продукт (EP);

IV - распад комплекса (EP) с высвобождением продуктов реакции из активного центра фермента и освобождением фермента.



Механизм кислотно-основного катализа на примере алкогольдегидрогеназы печени. I - молекула этилового спирта имеет центр связывания, обеспечивающий гидрофобное взаимодействие активного центра и метильной группы спирта; II - положительно заряженный атом цинка способствует отщеплению протона от спиртовой группы этанола с образованием отрицательно заряженного атома кислорода. Отрицательный заряд перераспределяется между атомом кислорода и соседним атомом водорода, который затем в виде гидритиона переносится на четвёртый углеродный атом никотинамида кофермента NAD⁺; III - в результате формируется восстановленная форма NADH и уксусный альдегид



Эффекты этанола в печени. 1 → 2 → 3 - окисление этанола до ацетата и превращение его в ацетил-КоА (1 - реакция катализируется алкогольдегидрогеназой, 2 - реакция катализируется АлДГ). Скорость образования ацетальдегида (1) часто при приёме большого количества алкоголя выше, чем скорость его окисления (2), поэтому ацетальдегид накапливается и оказывает влияние на синтез белков (4), ингибируя его, а также понижает концентрацию восстановленного глутатиона (5), в результате чего активируется ПОЛ. Скорость глюконеогенеза (6) снижается, так как высокая концентрация NADH, образованного в реакциях окисления этанола (1, 2), ингибирует глюконеогенез (6). Лактат выделяется в кровь (7), и развивается лактоацидоз. Увеличение концентрации NADH замедляет скорость ЦТК; ацетил-КоА накапливается, активируется синтез кетоновых тел (кетоз) (8). Окисление жирных кислот также замедляется (9), увеличивается синтез жира (10), что приводит к ожирению печени и гипертриацилглицеролемии.

Углеводы

Углеводы

Различают две группы углеводов: простые сахара и сложные сахара, образованные остатками простых сахаров. Простые углеводы называют *моносахаридами*. Общая формула простых сахаров $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, где $n \geq 3$

Простые углеводы

Простые углеводы называют *моносахаридами*. В зависимости от числа атомов углерода в молекуле моносахаридов различают: триозы (3C), тетрозы (4C), пентозы (5C), гексозы (6C), гептозы (7C).

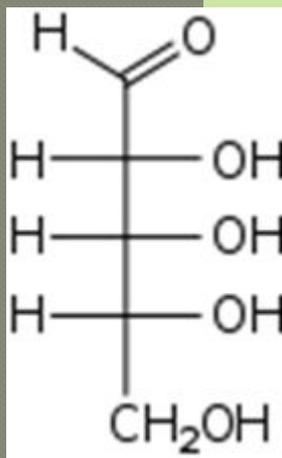
Сложные углеводы

Сложными называют углеводы, молекулы которых при гидролизе распадаются с образованием простых углеводов. Среди сложных углеводов различают **олигосахариды** и **полисахариды**.

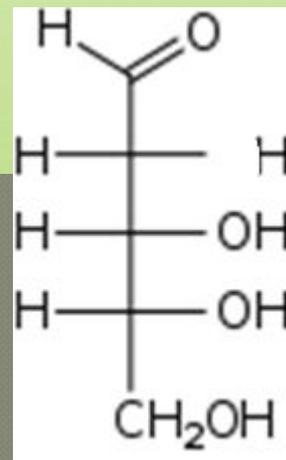
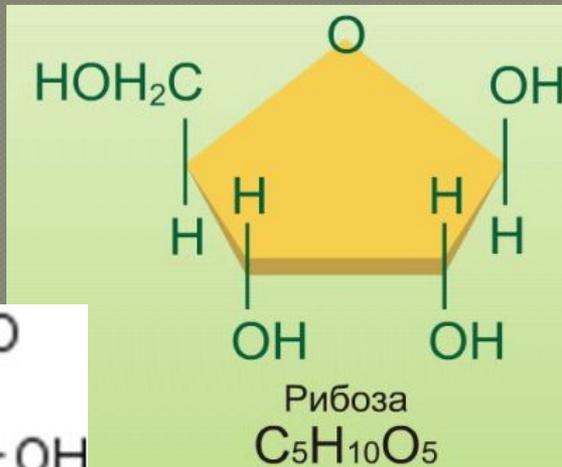
Свойства моносахаридов: низкая молекулярная масса; сладкий вкус; легко растворяются в воде; кристаллизуются; относятся к редуцирующим (восстанавливающим) сахарам.

Важнейшие моносахариды:

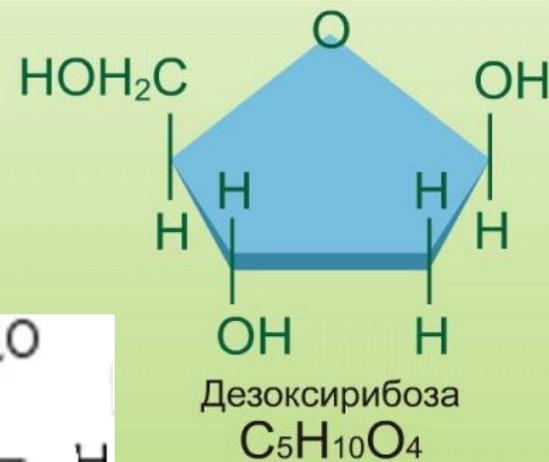
Пентозы — рибоза и дезоксирибоза, входящие в состав ДНК, РНК. Дезоксирибоза ($C_5H_{10}O_4$) отличается от рибозы ($C_5H_{10}O_5$) тем, что при втором атоме углерода имеет атом водорода, а не гидроксильную группу как у рибозы.



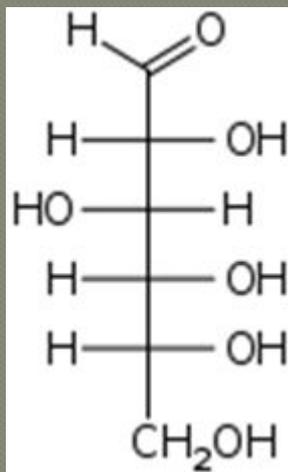
рибоза



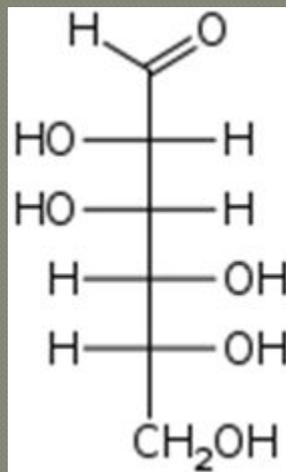
дезоксирибоза



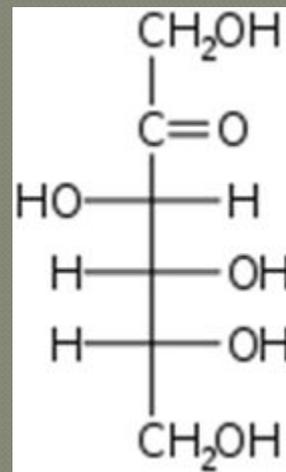
Моносахариды



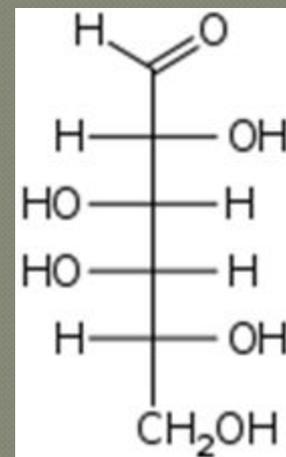
глюкоза



манноза



фруктоза



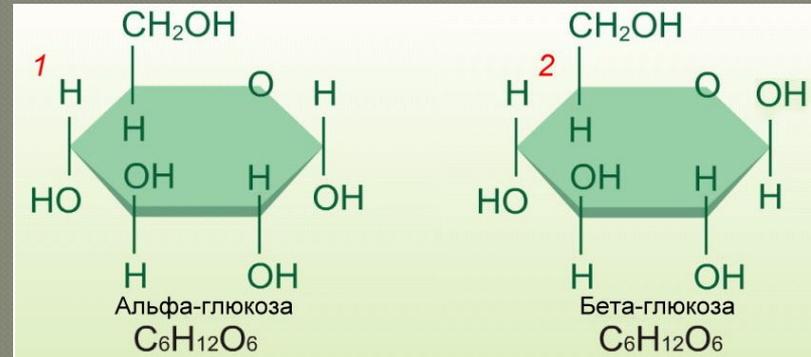
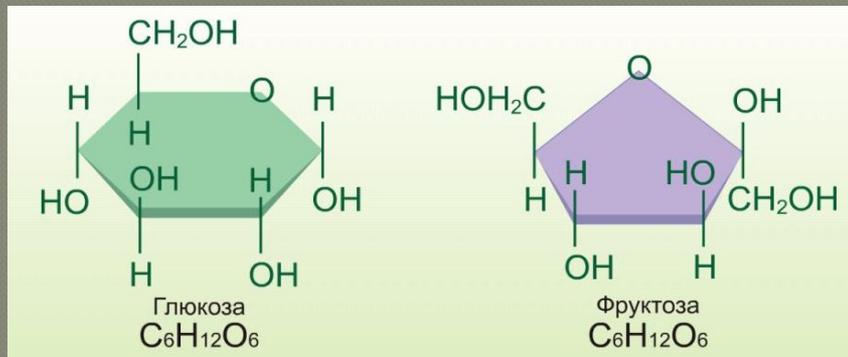
галактоза

Из гексоз наиболее распространены глюкоза, фруктоза и галактоза (общая формула $C_6H_{12}O_6$).

Глюкоза (виноградный сахар). В свободном виде встречается и у растений, и у животных. Глюкоза — это первичный источник энергии для клеток.

Фруктоза. Широко распространена в природе. В свободном виде встречается в плодах. Особенно много ее в меде, фруктах. Значительно слаще глюкозы и других сахаров. Входит в состав олиго- и полисахаридов, участвует в поддержании тургора растительных клеток. Поскольку метаболизм фруктозы не регулируется инсулином, имеет важное значение при питании больных сахарным диабетом.

Моносахариды могут быть представлены в форме α - и β -изомеров. Гидроксильная группа при первом атоме углерода может располагаться как под плоскостью цикла (α -изомер), так и над ней (β -изомер).



Сложными называют углеводы, молекулы которых при гидролизе распадаются с образованием простых углеводов. Их состав выражается общей формулой $C_m(H_2O)_n$, где $m > n$. Среди сложных углеводов различают олигосахариды и полисахариды.

Олигосахариды.

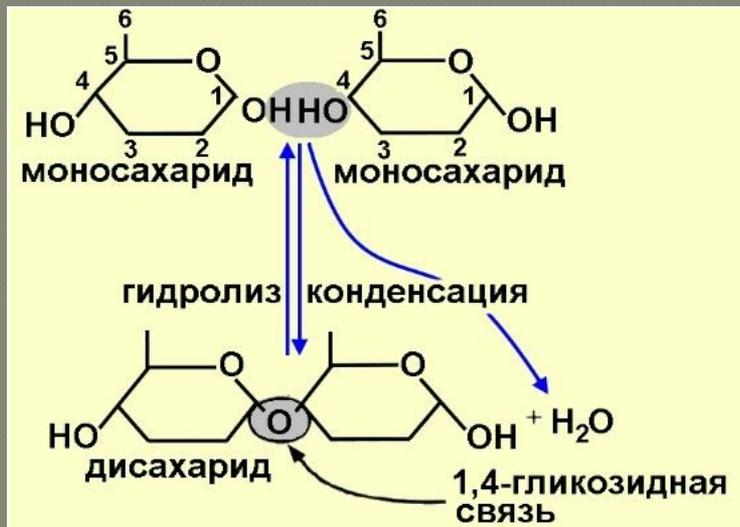
Олигосахаридами называют сложные углеводы, содержащие от 2 до 10 моносакхаридных остатков.

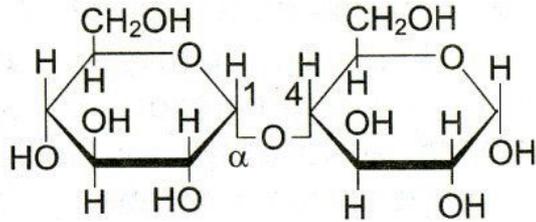
В зависимости от количества остатков моносакхаридов, входящих в молекулы олигосахаридов, различают дисахариды, трисахариды, тетрасахариды и т.д. Наиболее широко распространены в природе дисахариды.

У олигосахаридов хорошая растворимость в воде, они легко кристаллизуются, обладают, как правило, сладким вкусом, могут быть как редуцирующими, так и нередуцирующими.

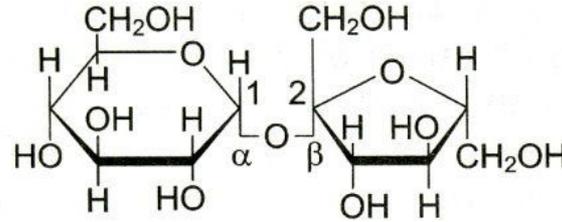
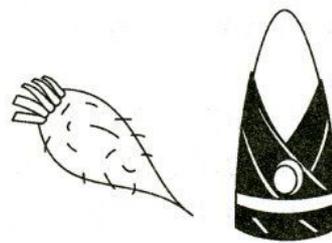
Дисахариды образуются в результате конденсации двух моносахаридов (чаще всего гексоз).

Связь, возникающую между двумя моносахаридами, называют *гликозидной*. Обычно она образуется между 1-м и 4-м углеродными атомами соседних моносахаридных единиц (1,4-гликозидная связь).

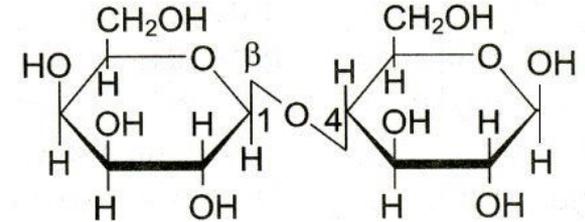
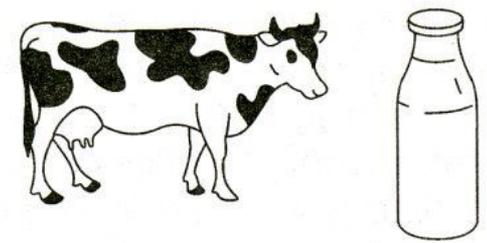




Мальтоза



Сахароза



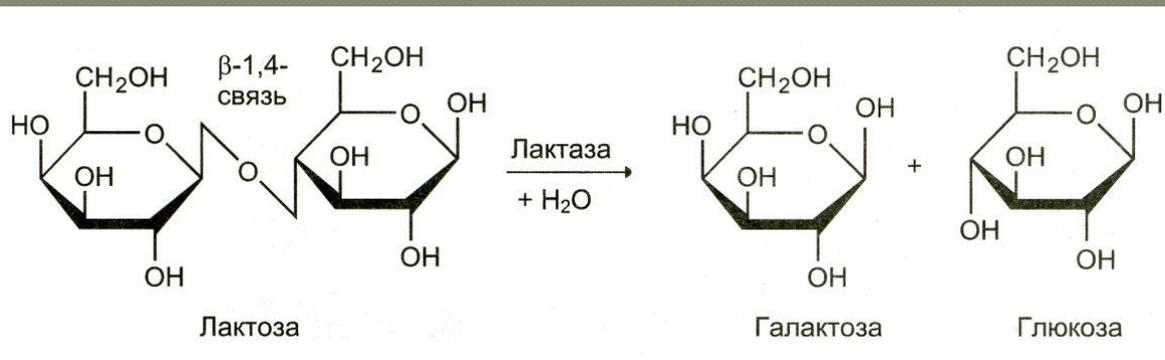
Лактоза

Наиболее широко распространены в природе дисахариды:

Мальтоза - состоит из двух остатков α-глюкозы;

Сахароза – свекловичный сахар (α-глюкоза + фруктоза);

Лактоза – молочный сахар (β-глюкоза + галактоза).

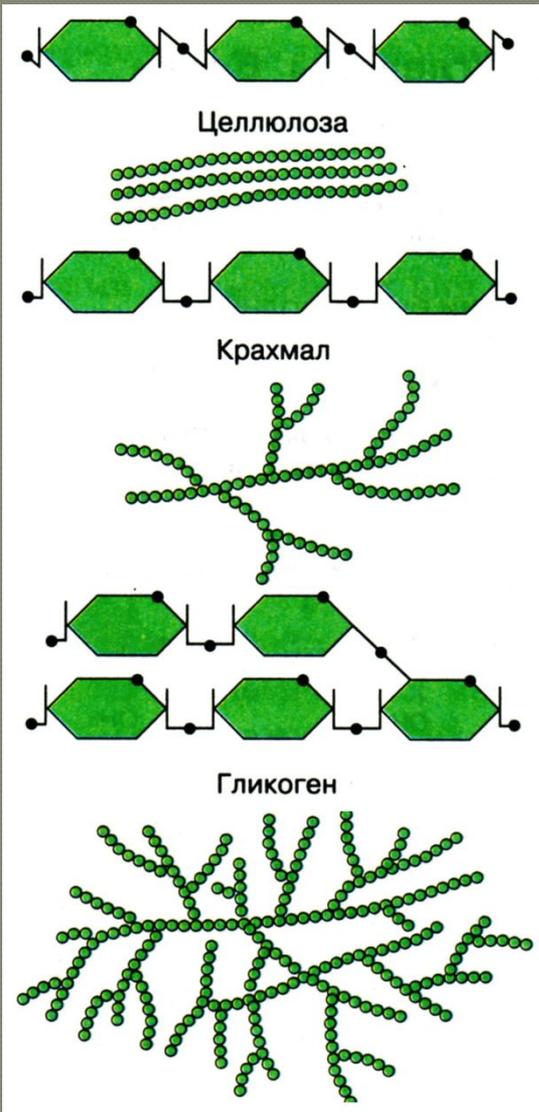


Лактоза

Галактоза

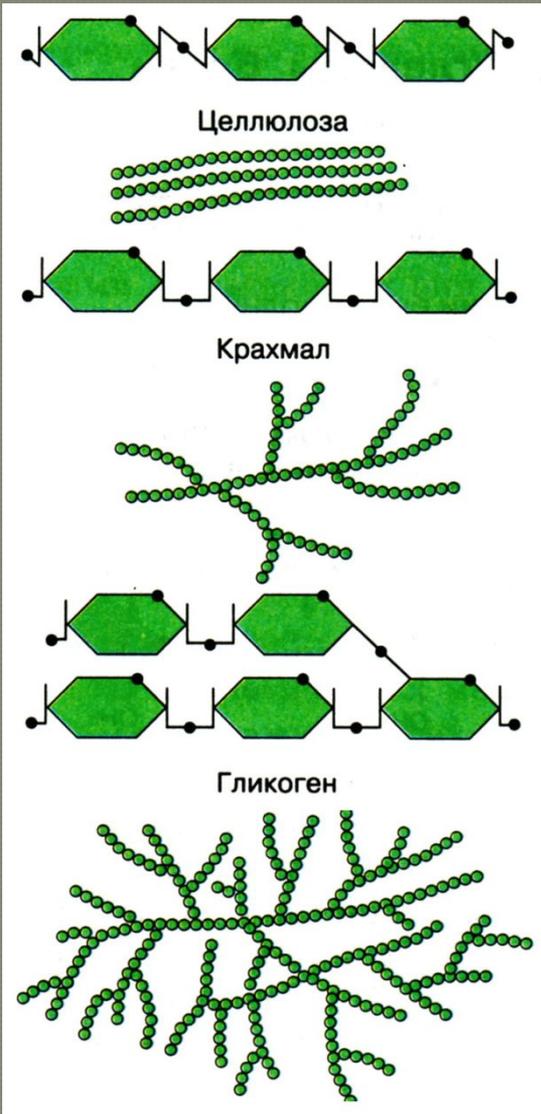
Глюкоза

Полисахариды

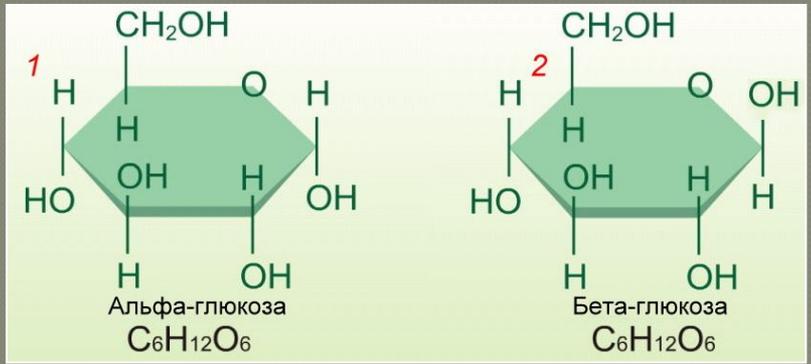


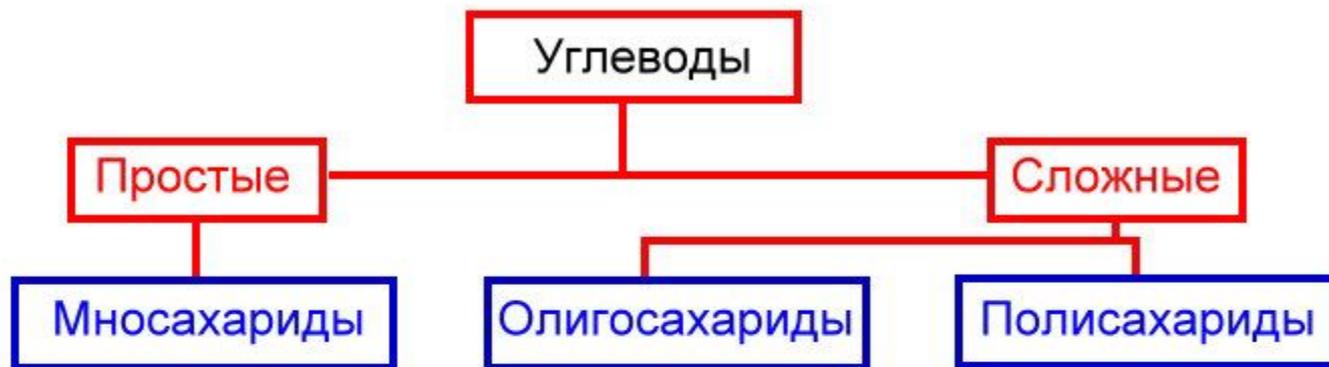
Полисахариды (греч. poly – много) являются полимерами и состоят из неопределенно большого (до нескольких сотен или тысяч) числа остатков молекул моносахаридов, соединенных ковалентными связями. К ним относятся:

- крахмал (запасной углевод растений);
- гликоген (запасной углевод животных);
- целлюлоза (клеточная стенка растений);
- хитин (клеточная стенка грибов);
- муреин (клеточная стенка бактерий).



Молекулы крахмала и гликогена состоят из остатков α -глюкозы, целлюлозы — из остатков β -глюкозы. Кроме того, у целлюлозы цепи не ветвятся, а у гликогена они ветвятся сильнее, чем у крахмала. С увеличением количества мономеров растворимость полисахаридов уменьшается и исчезает сладкий вкус.





Пентозы

Рибоза $C_5H_{10}O_5$

Дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$

Гексозы

Глюкоза

Фруктоза

Галактоза

Дисахариды

Мальтоза

Лактоза

Сахароза

Целлюлоза

Крахмал

Гликоген

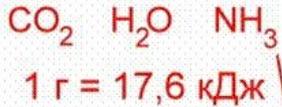
Муреин

Хитин

Функции углеводов

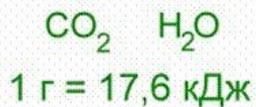
Органические макромолекулы

Белки

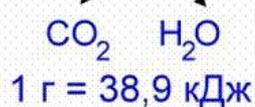


Мочевина

Углеводы



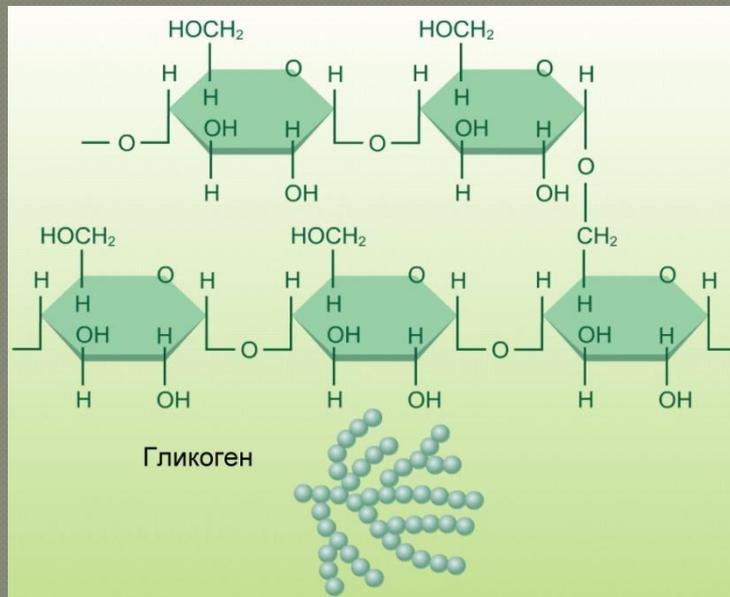
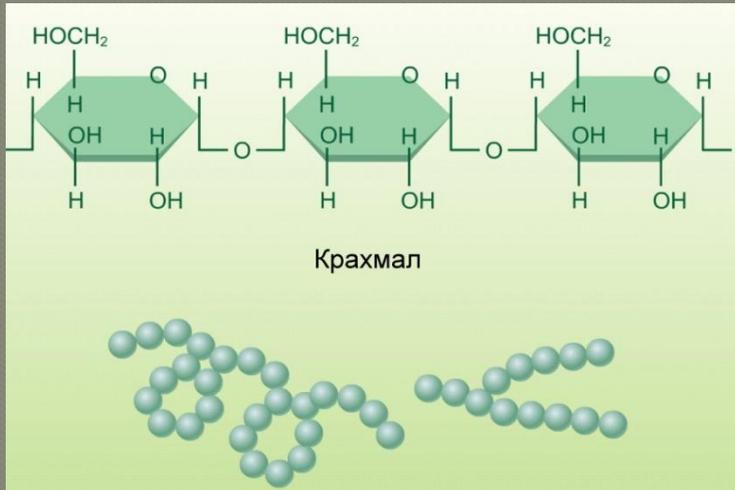
Жиры



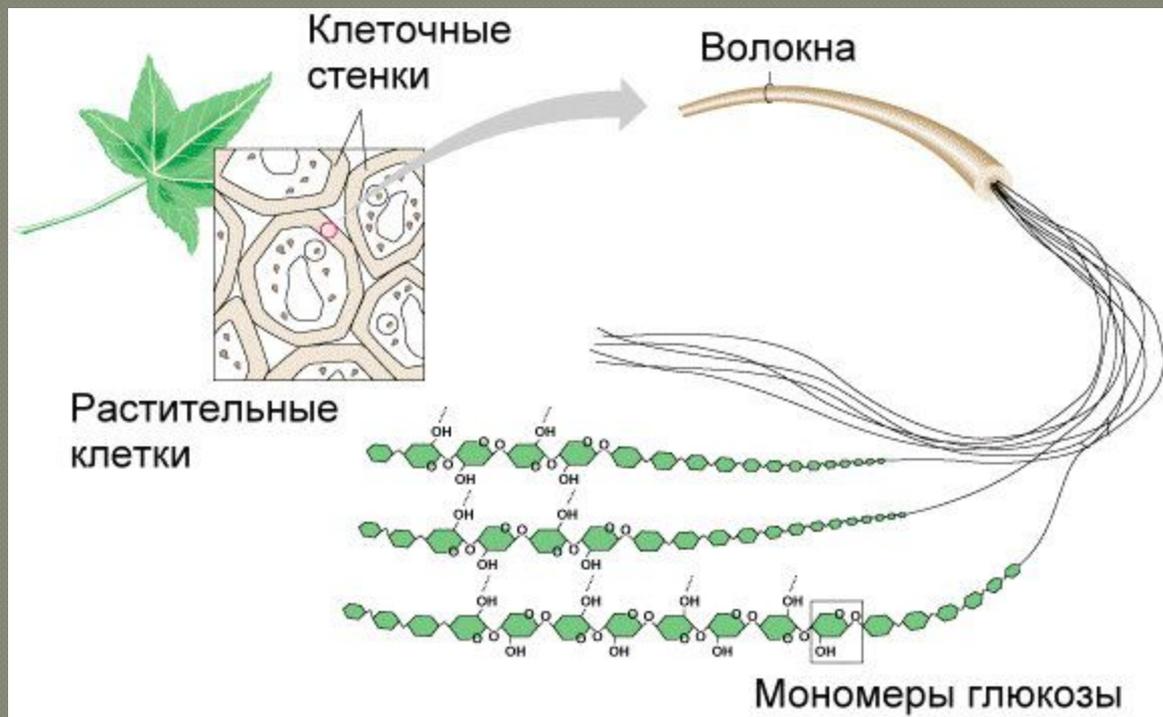
1. Основная функция углеводов – **энергетическая**. При их ферментативном расщеплении и окислении молекул углеводов выделяется энергия, которая обеспечивает жизнедеятельность организма. При полном расщеплении 1 г углеводов освобождается **17,6 кДж**.

2. Углеводы выполняют *запасающую* функцию. При избытке они накапливаются в клетке в качестве запасющих веществ (крахмал в клетках растений, гликоген в клетках животных) и при необходимости используются организмом как источник энергии.

Усиленное расщепление углеводов происходит, например, при прорастании семян, интенсивной мышечной работе, длительном голодании.

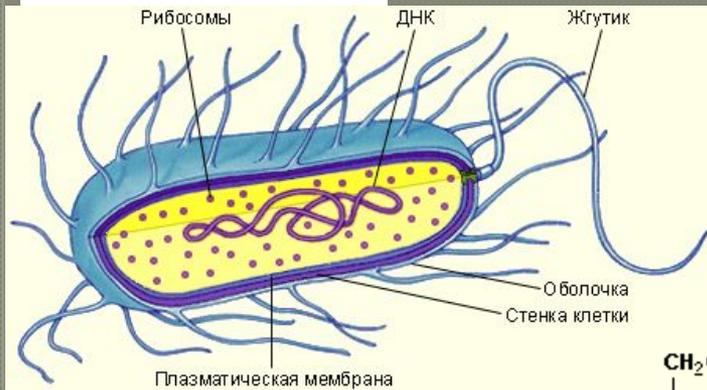
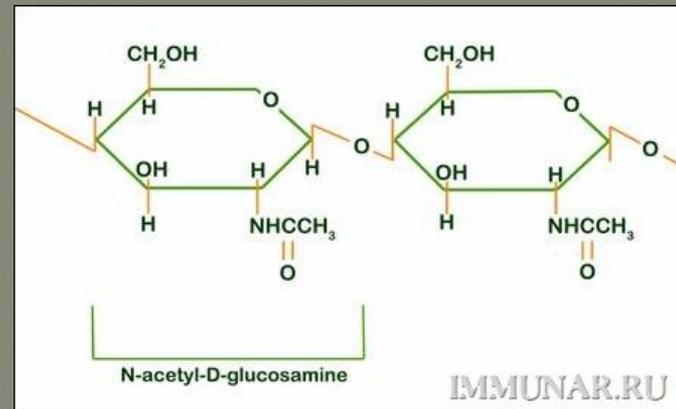


3. Очень важной является *структурная*, или *строительная*, функция углеводов. Они используются в качестве строительного материала. Так, *целлюлоза* благодаря особому строению нерастворима в воде и обладает высокой прочностью. В среднем 20—40% материала клеточных стенок растений составляет целлюлоза, а волокна хлопка – почти чистая целлюлоза, и именно поэтому они используются для изготовления тканей.

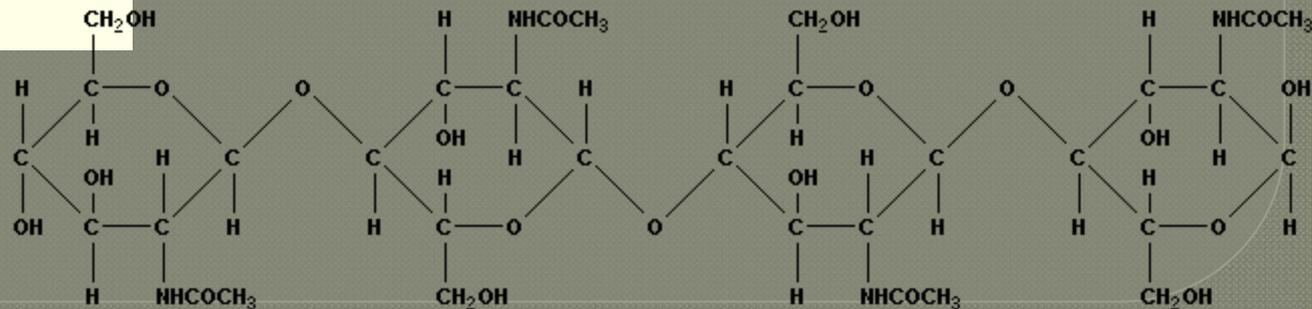


Хитин входит в состав клеточных стенок грибов.

В качестве важного компонента наружного скелета хитин встречается у отдельных групп животных, например у членистоногих.



Муреин образует клеточную стенку бактерий.



Биосинтез

В суточном рационе человека и животных преобладают углеводы.

Травоядные получают крахмал, клетчатку, сахарозу.
Хищники получают гликоген с мясом.

Организмы животных не способны синтезировать углеводы из неорганических веществ.
Они получают их от растений с пищей.

В зеленых листьях растений углеводы образуются в процессе фотосинтеза.

Функции углеводов

- **Пластическая функция** (входят в состав ДНК, РНК и АТФ в виде дезоксирибозы и рибозы)
- **Осмотическая функция** (участвуют в регуляции осмотического давления в организме)
- **Узнавание** (олигосахариды входят в состав воспринимающей части многих клеточных рецепторов или молекул-лигандов)

Обычно в клетке животных организмов содержится около 1 % углеводов
(в клетках печени до 5 %),
а в растительных клетках до 90 %.

Липиды

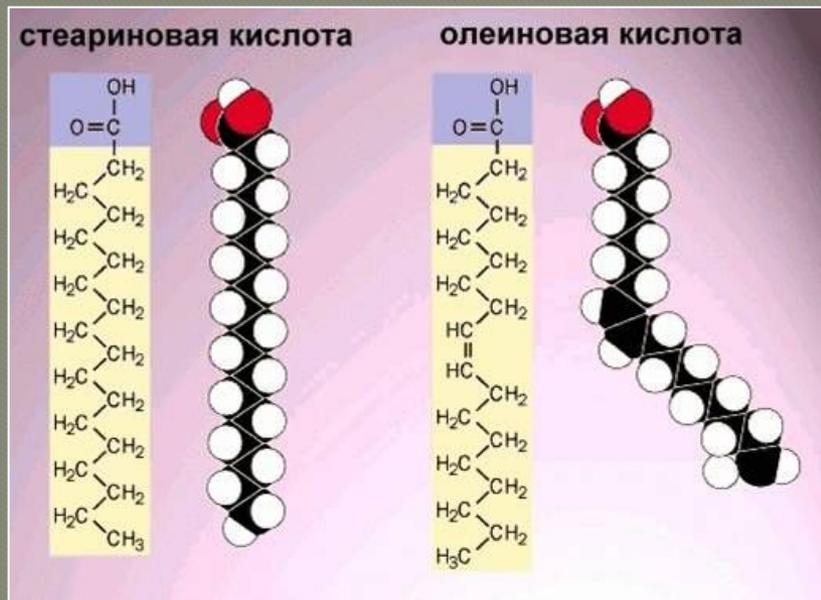
Характеристика липидов

Липиды (от греч. *lipos* – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся во всех живых клетках. Большинство их неполярны и, следовательно, гидрофобны. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (бензин, хлороформ, эфир и др.).

В некоторых клетках липидов очень мало, всего несколько процентов, а вот в клетках подкожной жировой клетчатки млекопитающих их содержание достигает 90%. По химическому строению липиды весьма разнообразны.



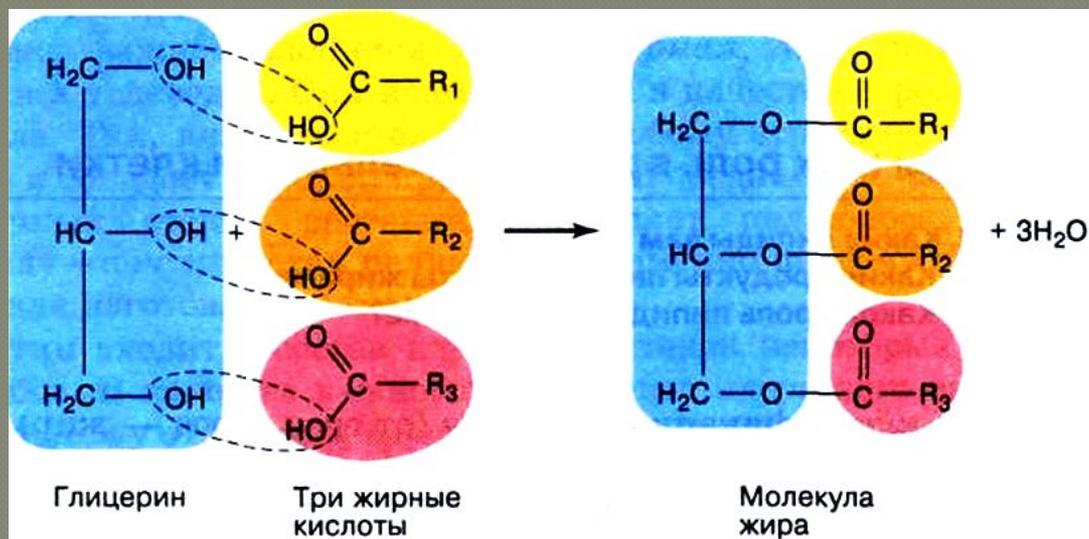
1. **Простые липиды – жиры и воска.** Жиры – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трех остатков высокомолекулярных жирных кислот к одной молекуле трехатомного спирта глицерина. Среди соединений этой группы различают жиры, остающиеся твердыми при температуре 20 °С, и масла, которые в этих условиях становятся жидкими. Масла более типичны для растений, но могут встречаться и у животных.



Жирные кислоты представляет собой карбоксильную группу и углеводородный хвост, отличающийся у разных жирных кислот количеством группировок –CH₂. «Хвост» неполярен, поэтому гидрофобен. Большая часть жирных кислот содержит в "хвосте" четное число атомов углерода, от 14 до 22.

Кроме того, углеводородный хвост может содержать различное количество двойных связей. По наличию или отсутствию двойных связей в углеводородном хвосте различают: *насыщенные жирные кислоты* и *ненасыщенные жирные кислоты*, имеющие двойные связи между атомами углерода (-CH=CH-).

При образовании молекулы триглицерида каждая из трех гидроксильных (-ОН) групп глицерина вступает в реакцию конденсации с жирной кислотой. В ходе реакции возникают три сложноэфирные связи, поэтому образовавшееся соединение называют сложным эфиром.

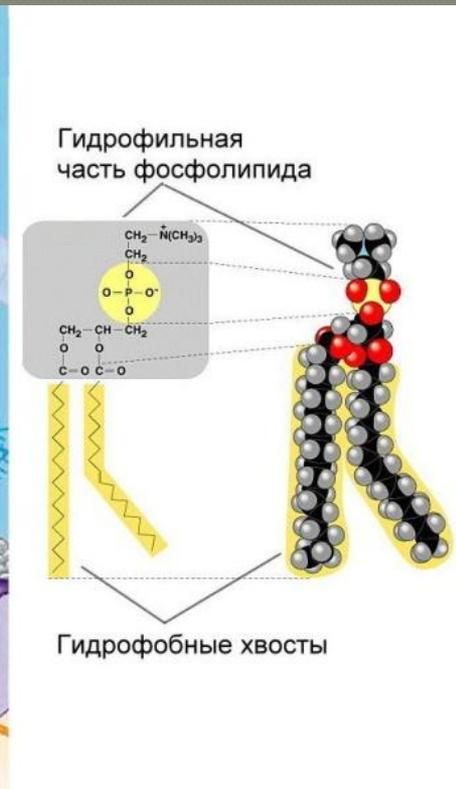
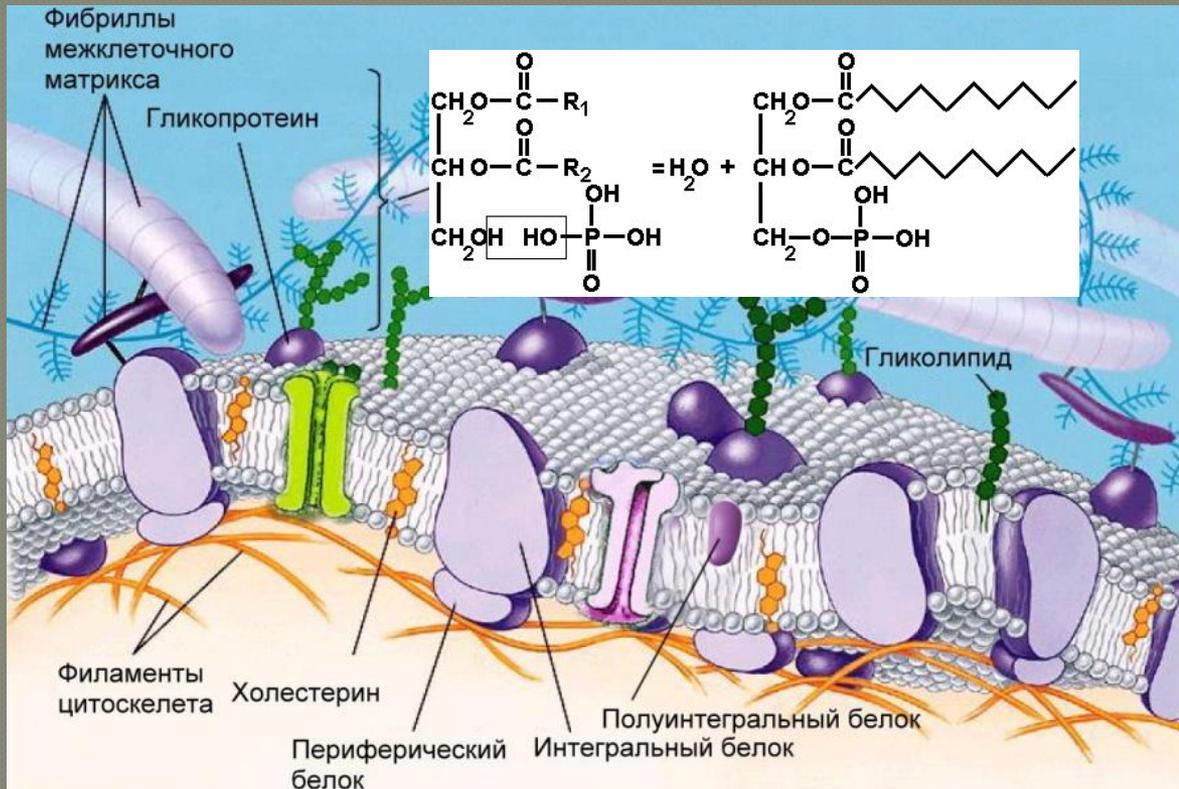


Обычно в реакцию вступают все три гидроксильные группы глицерина, поэтому продукт реакции называется триглицеридом. Физические свойства зависят от состава их молекул. Если в триглицеридах преобладают насыщенные жирные кислоты, то они твердые (жиры), если ненасыщенные — жидкие (масла). Плотность жиров ниже, чем у воды, поэтому в воде они всплывают и находятся на поверхности.

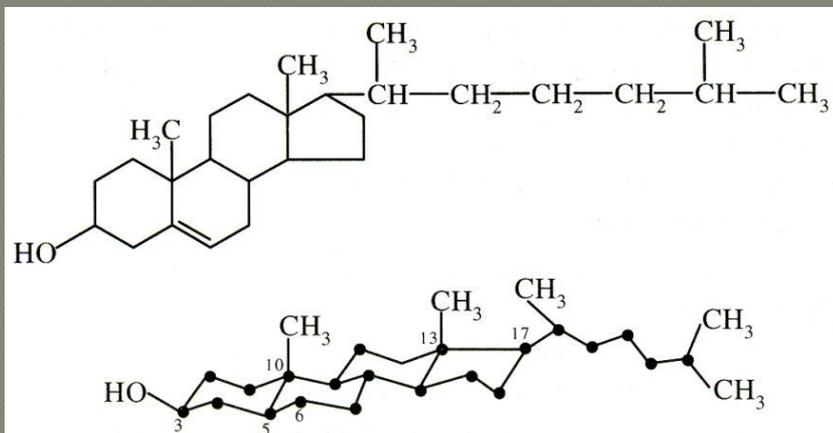
2. Сложные липиды – фосфолипиды, гликолипиды и липопротеиды.

Фосфолипиды по своей структуре сходны с жирами, но в их молекуле один или два остатка жирных кислот замещены остатком фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются составным компонентом клеточных мембран.

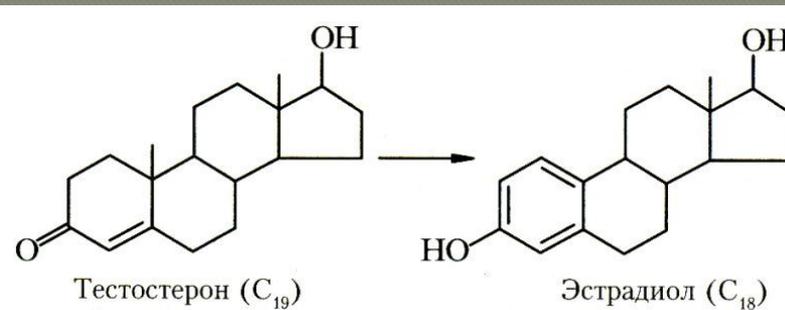
Липиды могут образовывать сложные соединения с веществами других классов, например с белками – *липопротеиды* и с углеводами – *гликолипиды*.



3. **Стероиды** – это липиды, не содержащие жирных кислот и имеющие особую структуру. К стероидам относятся гормоны, в частности кортизон, вырабатываемый корой надпочечников, различные половые гормоны, витамины А, D, Е, К и ростовые вещества растений. Стероид холестерин – важный компонент клеточных мембран.



Форма молекулы холестерина



Тестостерон (C₁₉)

Эстрадиол (C₁₈)

Функции липидов

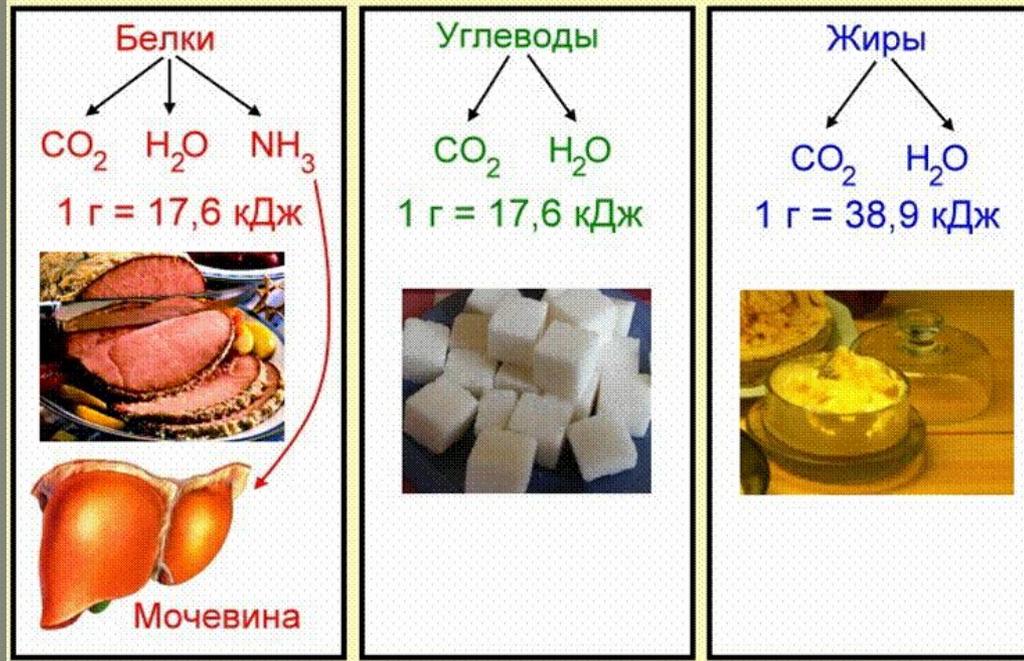
1. Жиры являются основным *запасающим веществом* у животных, а также у некоторых растений.
2. Они могут использоваться также в качестве *источника эндогенной воды* (при окислении 1 кг жира образуется 1 кг 100 г воды). Это особенно ценно для пустынных животных, обитающих в условиях дефицита воды. Помимо воды, находящейся в пище, они используют метаболическую воду.



Жировой запас в горбе верблюда позволяет ему выжить в сухом и жарком климате пустыни.

3. Одна из основных функций – *энергетическая*. При полном окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. То есть жиры дают более чем в 2 раза больше энергии по сравнению с углеводами. У позвоночных животных примерно половина энергии, потребляемой клетками в состоянии покоя, образуется за счет окисления жиров.

Органические макромолекулы



4. Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют *защитную функцию*, т. е. служат для теплоизоляции организмов. Например, у многих позвоночных животных хорошо выражен подкожный жировой слой, что позволяет им жить в условиях холодного климата, а у китообразных и акул он играет еще и другую роль – способствует *плавучести*.

5. Восковой налет на различных частях растений препятствует излишнему испарению воды, у животных он играет роль водоотталкивающего покрытия.



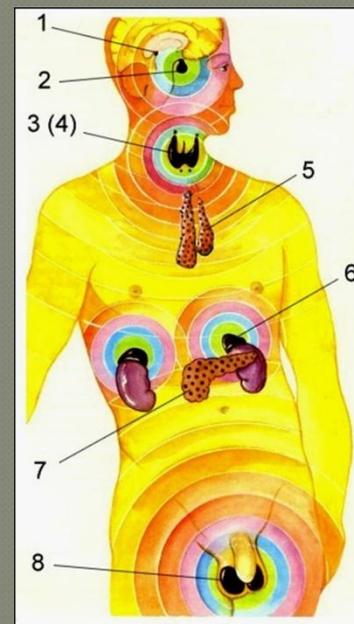
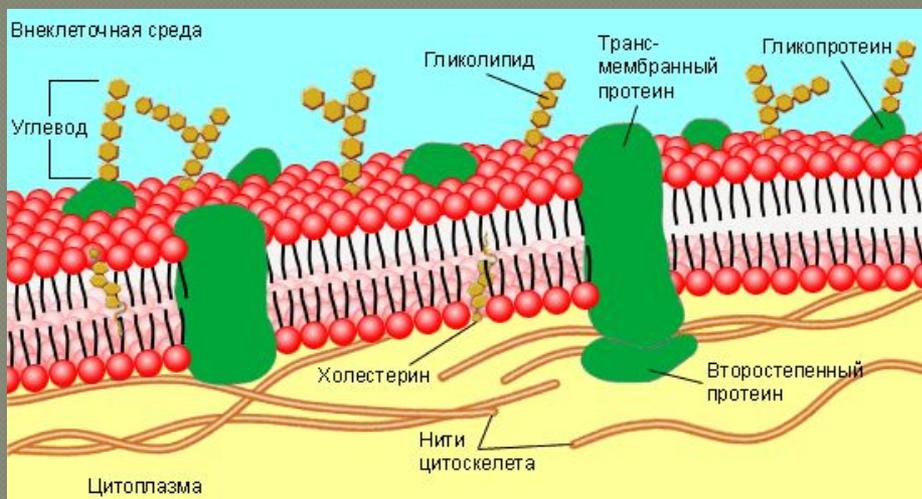
Пингвинов защищает от переохлаждения толстый слой подкожного жира.



Запасы жира под кожей у тюленей защищают животных от переохлаждения и механических повреждений их тела.

6. Липиды выполняют и *строительную функцию*, так как нерастворимость в воде делает их важнейшими компонентами клеточных мембран (фосфолипиды, липопротеины, гликолипиды, холестерин).

7. Многие производные липидов (например, гормоны коры надпочечников, половых желез, витамины А, D, Е, К) участвуют в обменных процессах, происходящих в организме. Следовательно, этим веществам присуща и *регуляторная функция*.



Стероиды

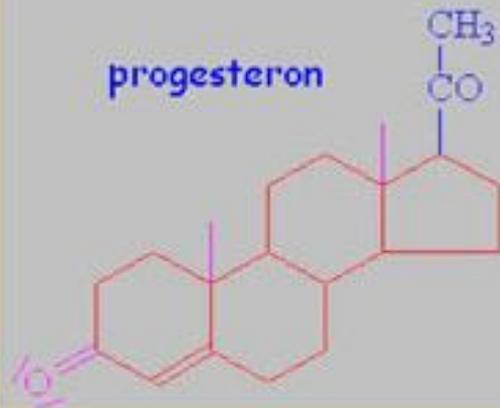
aldosteron



cholesterol



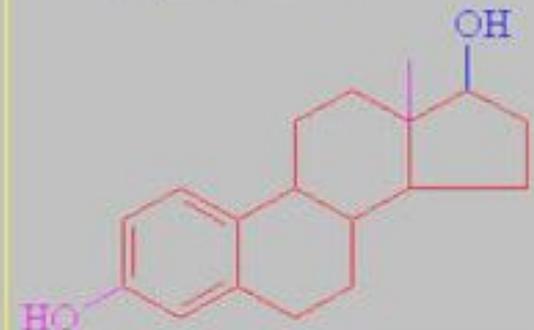
progesteron



testosteron



17- β -estradiol



Функции липидов

- Энергетическая функция : при распаде 1 г жира выделяется 38,9 кДж
- Структурная функция: фосфолипиды составляют основу бислоя клеточных мембран, холестерин — регулятор текучести мембран. Воски образуют кутикулу на поверхности надземных органов (листьев и молодых побегов) растений. Их также производят многие насекомые (так, пчёлы строят из них соты).
- Регуляторная: половые гормоны животных, гiberилины
- Источник эндогенной воды: при распаде 1г жира образуется около 1 г воды
- Функция теплоизоляции: жир — хороший теплоизолятор, поэтому у многих теплокровных животных он откладывается в подкожной жировой ткани, уменьшая потери тепла.
- Защитная (амортизационная): толстый слой жира защищает внутренние органы многих животных от повреждений при ударах
- Витамины : жирорастворимые А, D, E, К
- Увеличения плавучести : самые разные организмы — от диатомовых водорослей до акул — используют резервные запасы жира как средство снижения среднего удельного веса тела и, таким образом, увеличения плавучести. Это позволяет снизить расходы энергии на удержание в толще воды

Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты

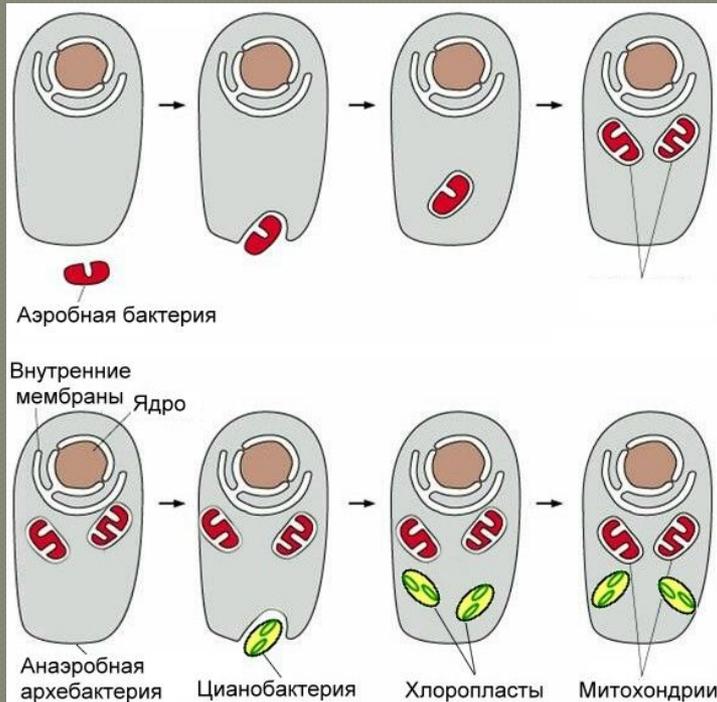
относят высокополимерные соединения, распадающиеся при гидролизе на пуриновые и пиримидиновые азотистые основания, пентозу и фосфорную кислоту.

Нуклеиновые кислоты содержат С, Н, О, Р и N.

Различают два класса нуклеиновых кислот: рибонуклеиновые кислоты (РНК) и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК).

Мономерами нуклеиновых кислот являются нуклеотиды

Ф.Мишер в 1869 г. из ядер клеток гноя выделил неизвестное ранее вещество, содержащее фосфор и не разлагающее действием протеолитических ферментов, обладающее выраженными кислотными свойствами. Вещество было названо «нуклеином» ($C_{29}H_{49}N_9O_{22}P_3$). В 1889 г Рихард Альтман ввел термин «нуклеиновая кислота», а также разработал удобный способ получения нуклеиновых кислот, не содержащих белковых примесей



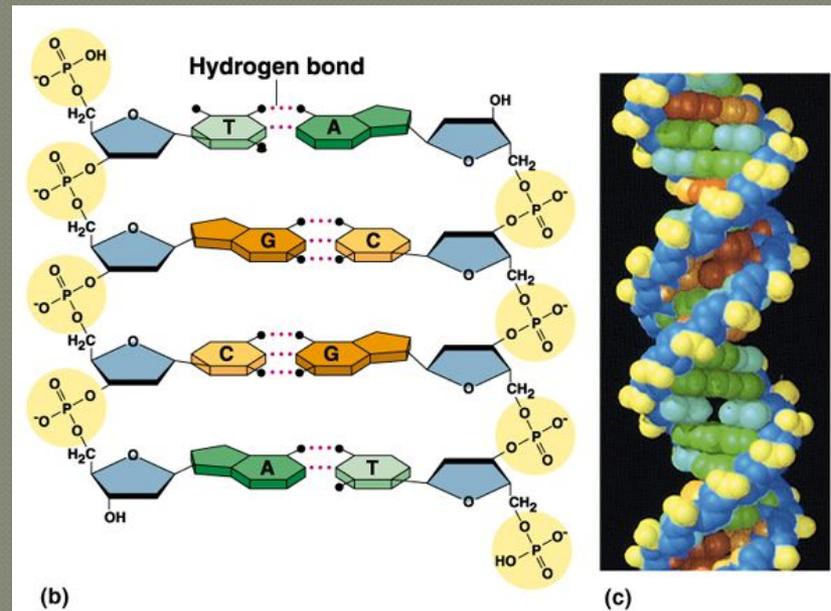
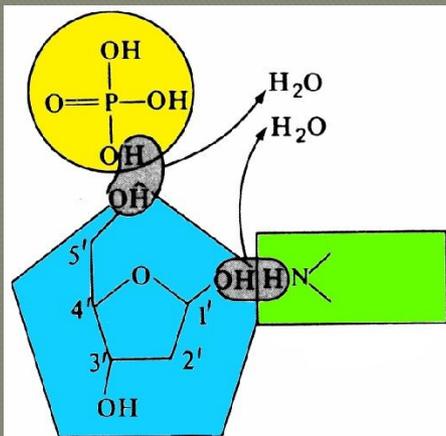
Различают два класса нуклеиновых кислот: **рибонуклеиновые кислоты (РНК)**, содержащие сахар рибозу ($C_5H_{10}O_5$) и **дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК)**, содержащие сахар дезоксирибозу ($C_5H_{10}O_4$). Значение нуклеиновых кислот для живых организмов заключается в обеспечении хранения, реализации и передачи наследственной информации.

ДНК содержатся в ядре, митохондриях и хлоропластах – хранят генетическую информацию. РНК – содержится еще и в цитоплазме и отвечает за биосинтез белка.

Нуклеотиды

Мономер нуклеиновых кислот – нуклеотид. Молекула нуклеотида состоит из остатков трех частей: азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и фосфорной кислоты.

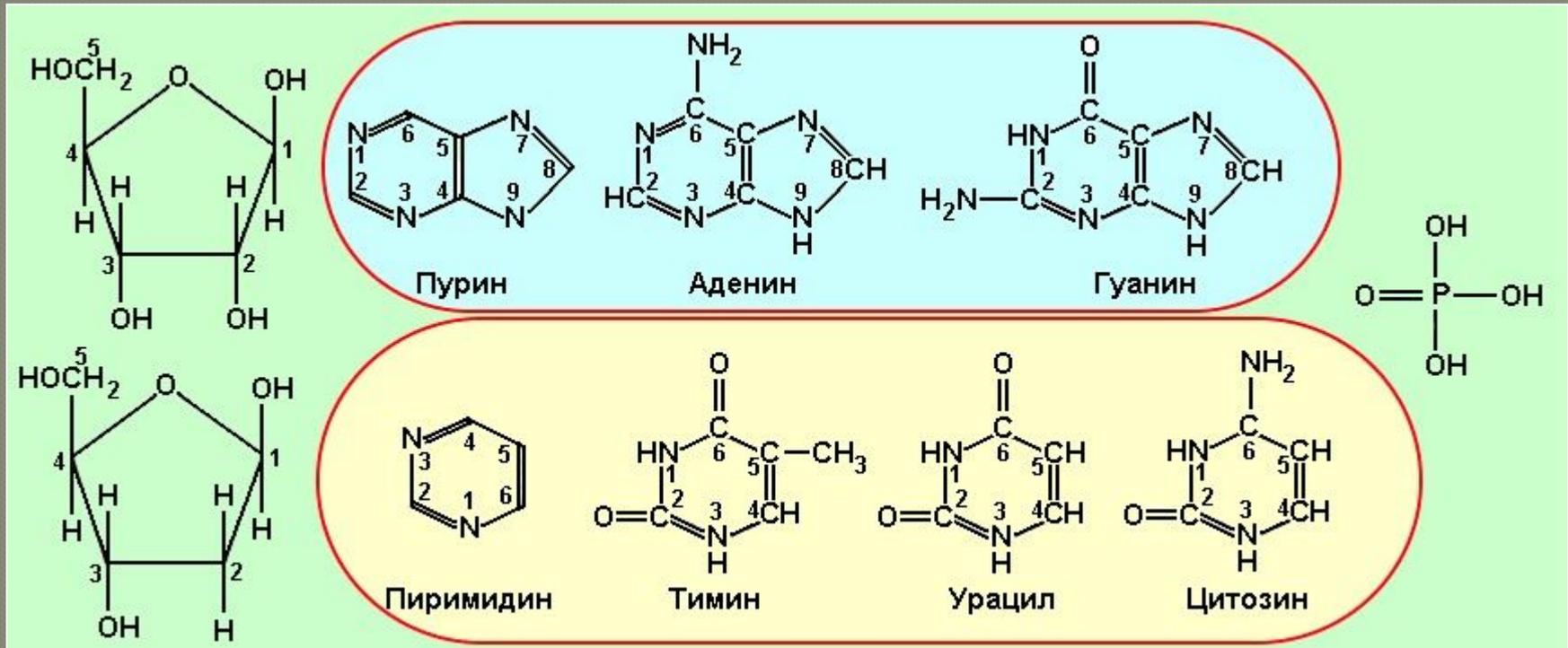
Азотистые основания имеют циклическую структуру, в состав которой наряду с атомами углерода входят атомы других элементов, в частности азота. За присутствие в этих соединениях атомов азота они и получили название азотистых, а поскольку они обладают щелочными свойствами — оснований. Азотистые основания нуклеиновых кислот относятся к классам *пиримидинов* и *пуринов*.



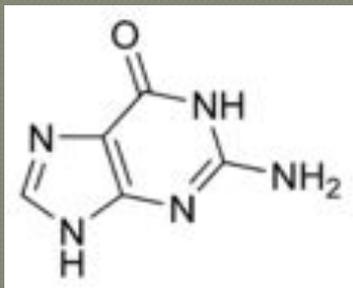
Нуклеотиды

Пиримидиновые основания являются производными пиримидина, имеющего в составе своей молекулы одно кольцо. К наиболее распространенным пиримидиновым основаниям относятся *тимин, цитозин*.

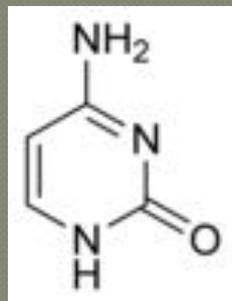
Пуриновые основания являются производными пурина, имеющего два кольца. К пуриновым основаниям относятся *аденин и гуанин*.



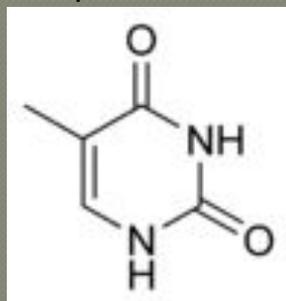
Нуклеотиды



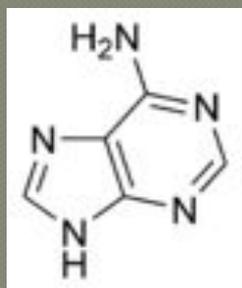
гуанин



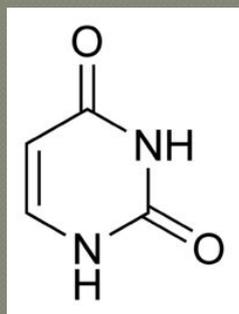
ЦИТОЗИН



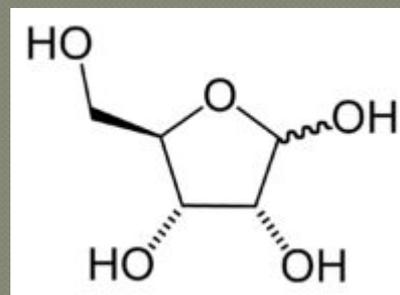
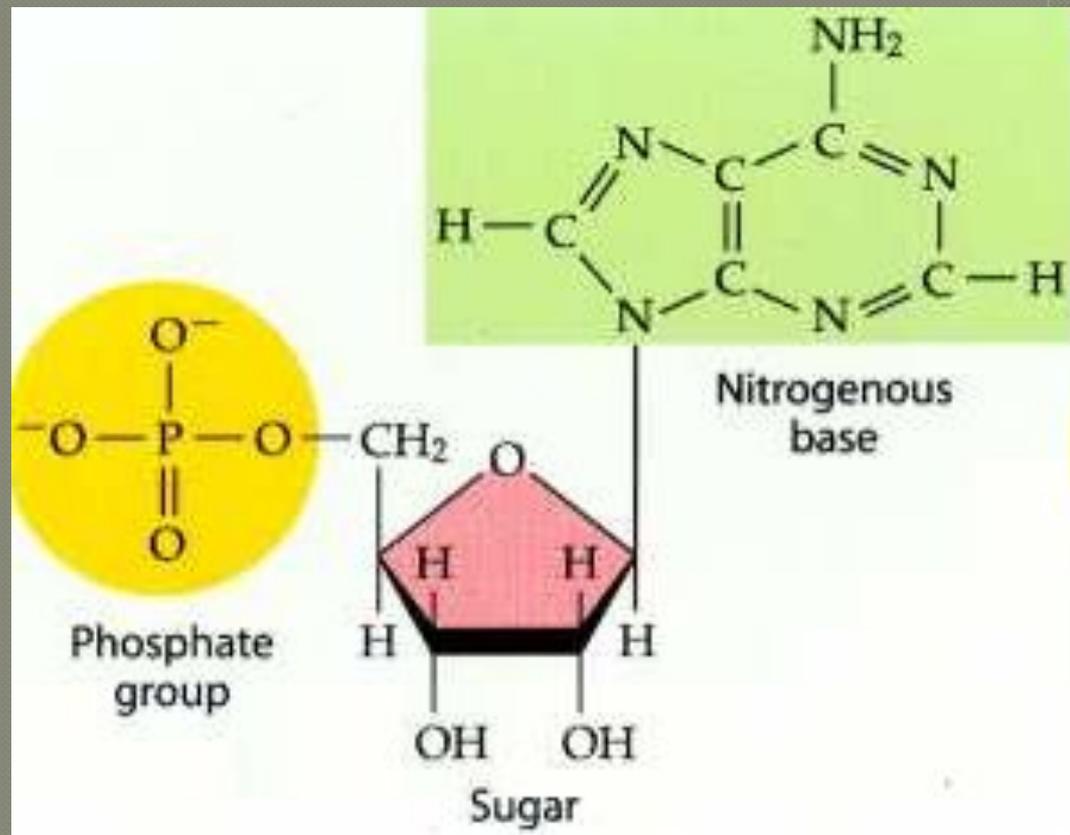
ТИМИН



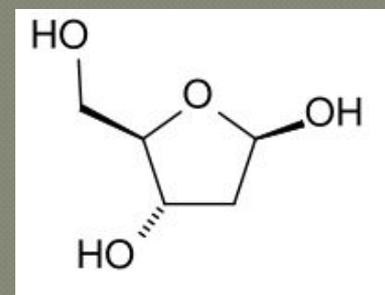
аденин



урацил



рибоза



Дезоксирибоза

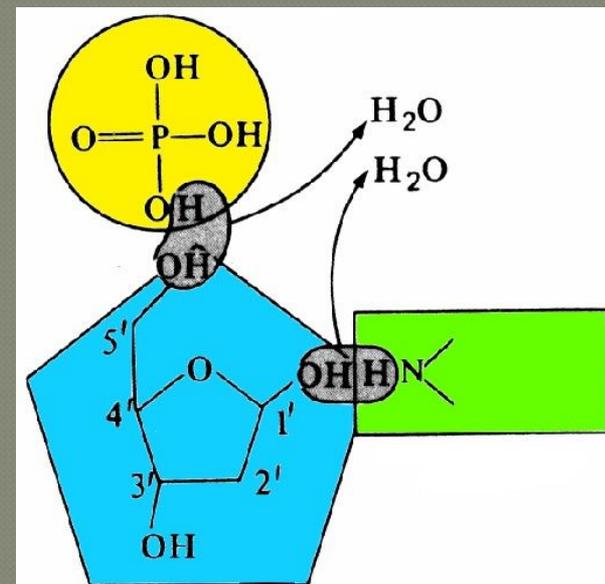
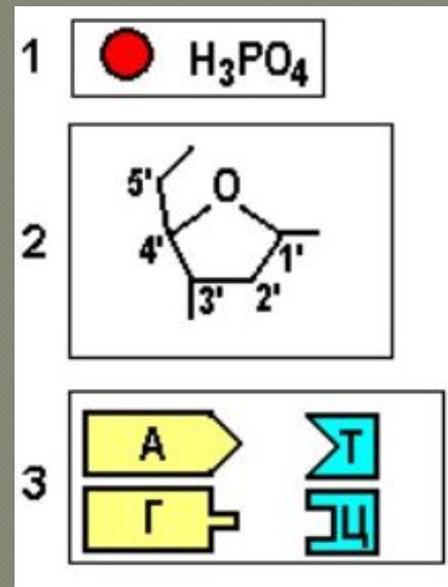
Нуклеотиды

В результате реакции конденсации азотистого основания и дезоксирибозы образуется нуклеозид.

При реакции конденсации между нуклеозидом и фосфорной кислотой образуется нуклеотид.

Названия нуклеотидов отличаются от названий соответствующих оснований. И те, и другие принято обозначать заглавными буквами (А,Т,Г,Ц):

Аденин – адениловый; гуанин – гуаниловый; цитозин – цитидиловый; тимин – тимидиловый нуклеотиды.

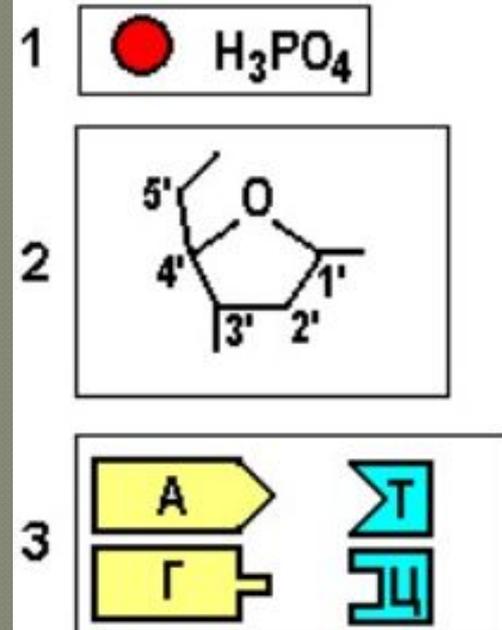
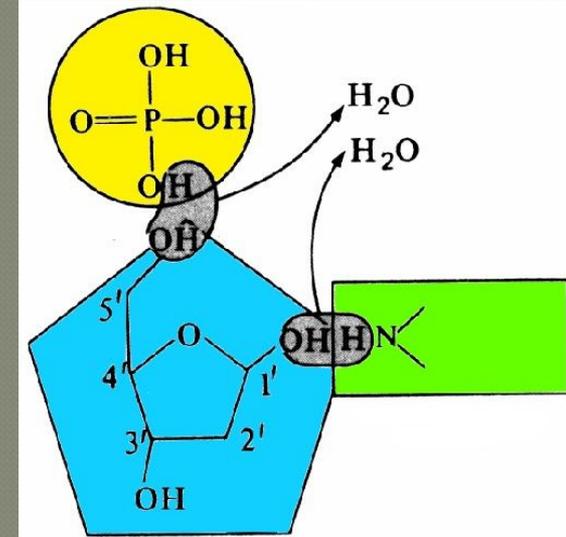


ДНК

Молекулы ДНК являются *полимерами*, мономерами которых являются *дезоксирибонуклеотиды*, образованные остатками:

1. Фосфорной кислоты;
2. Дезоксирибозы;
3. Азотистого основания (пуринового — аденина, гуанина или пиримидинового — тимина, цитозина).

Трехмерная модель пространственного строения молекулы ДНК в виде двойной спирали была предложена в 1953 г. американским биологом Дж. Уотсоном и английским физиком Ф.Криком. За свои исследования они были удостоены Нобелевской премии.



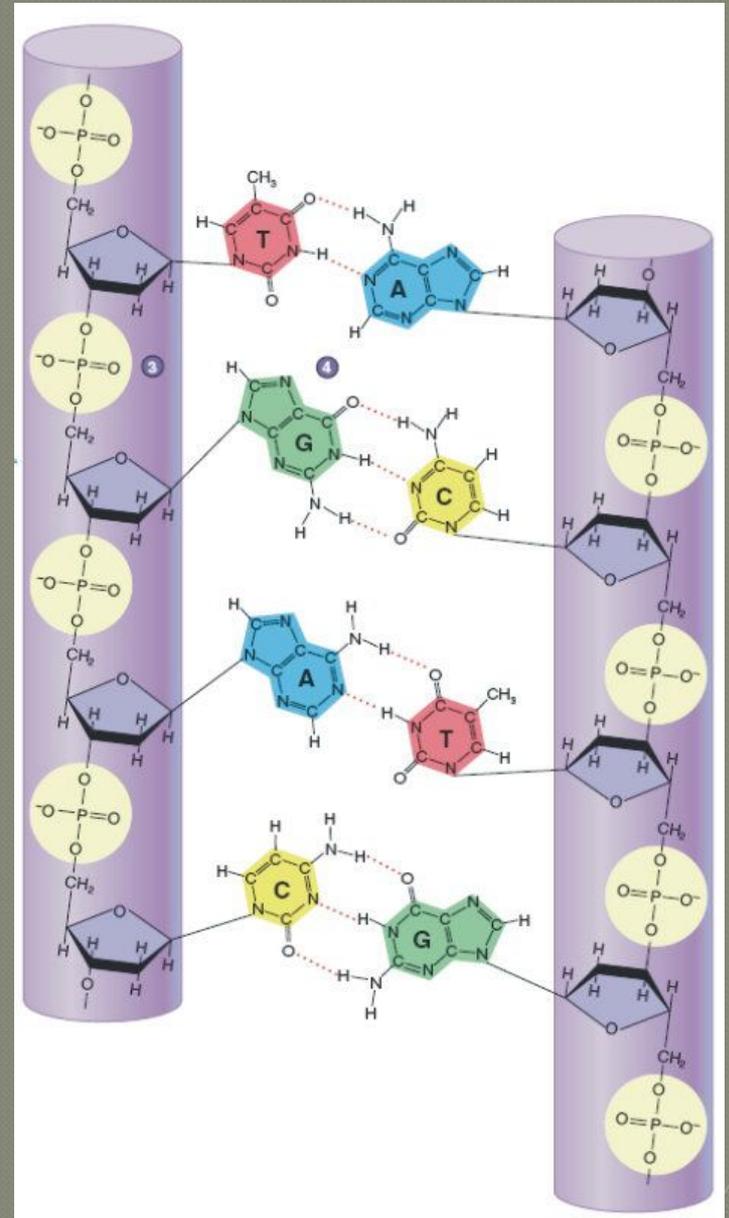
ДНК

Э.Чаргафф, обследовав огромное количество образцов тканей и органов различных организмов, выявил следующую закономерность:

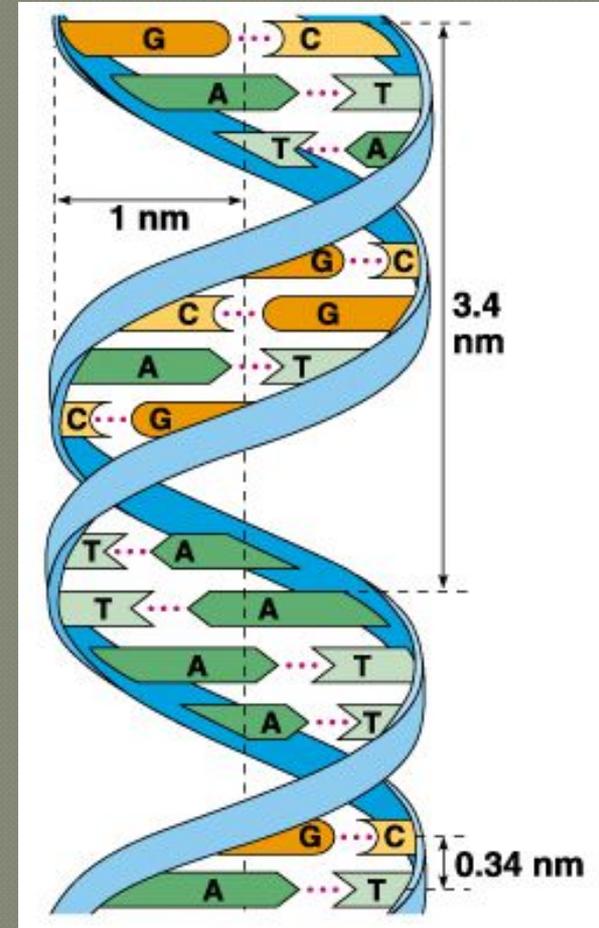
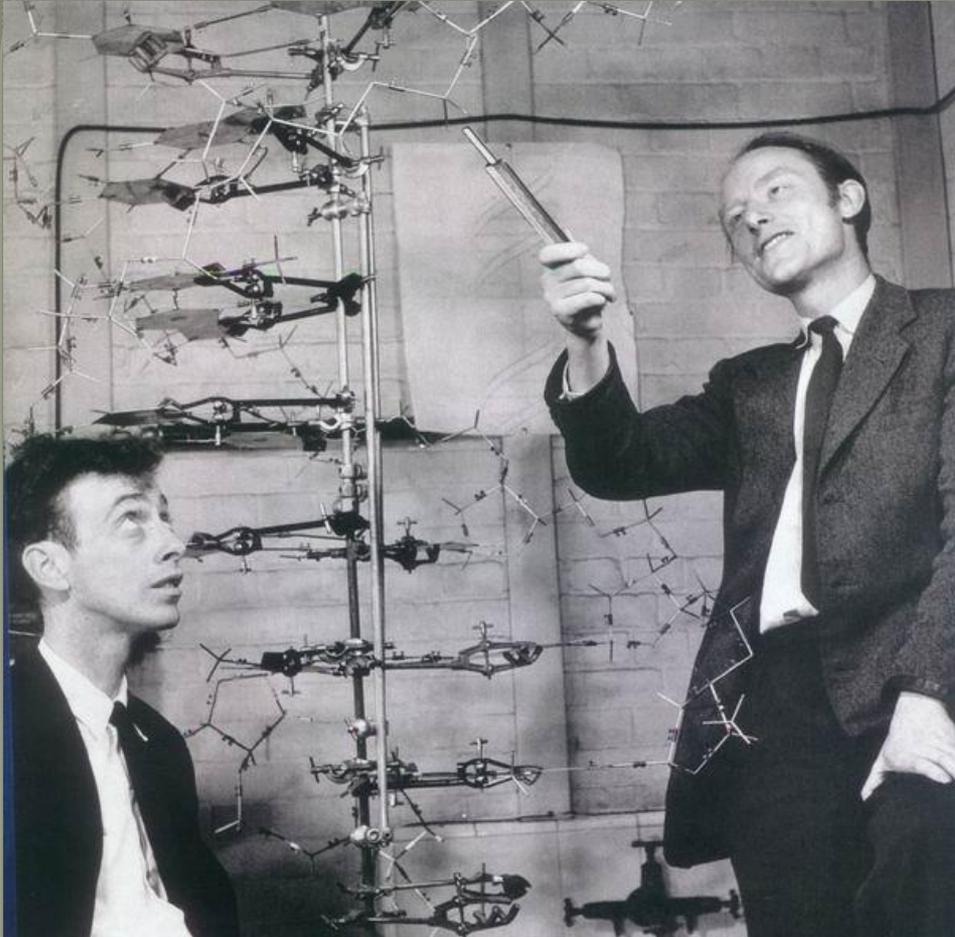
в любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина — тимину.

Это положение получило название "правила Чаргаффа":

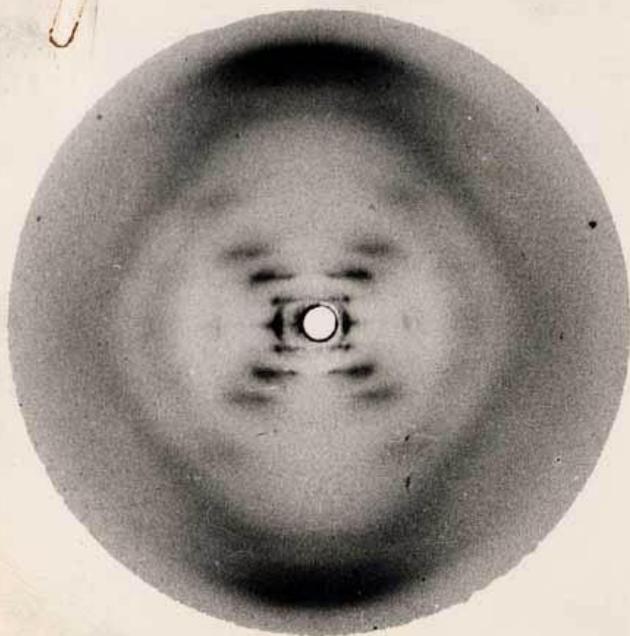
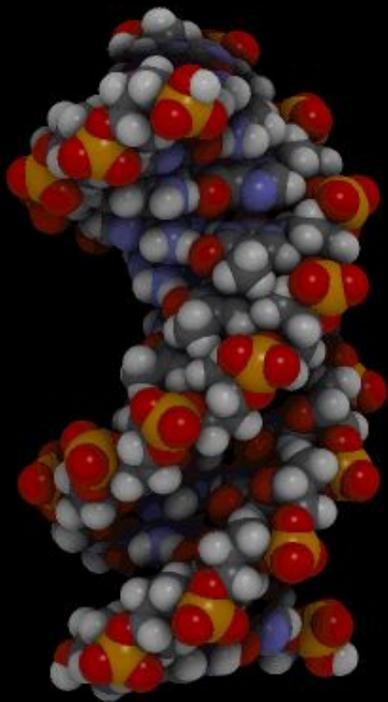
$$\begin{array}{l} A + G \\ A = T; G = Ц \quad \text{или} \quad \text{————} = 1 \\ Ц + T \end{array}$$



ДНК



Практически Дж. Уотсон и Ф. Крик раскрыли химическую структуру гена. ДНК обеспечивает хранение, реализацию и передачу наследственной информации.



Franklin &
Gosling
Fiber X-ray
Type B

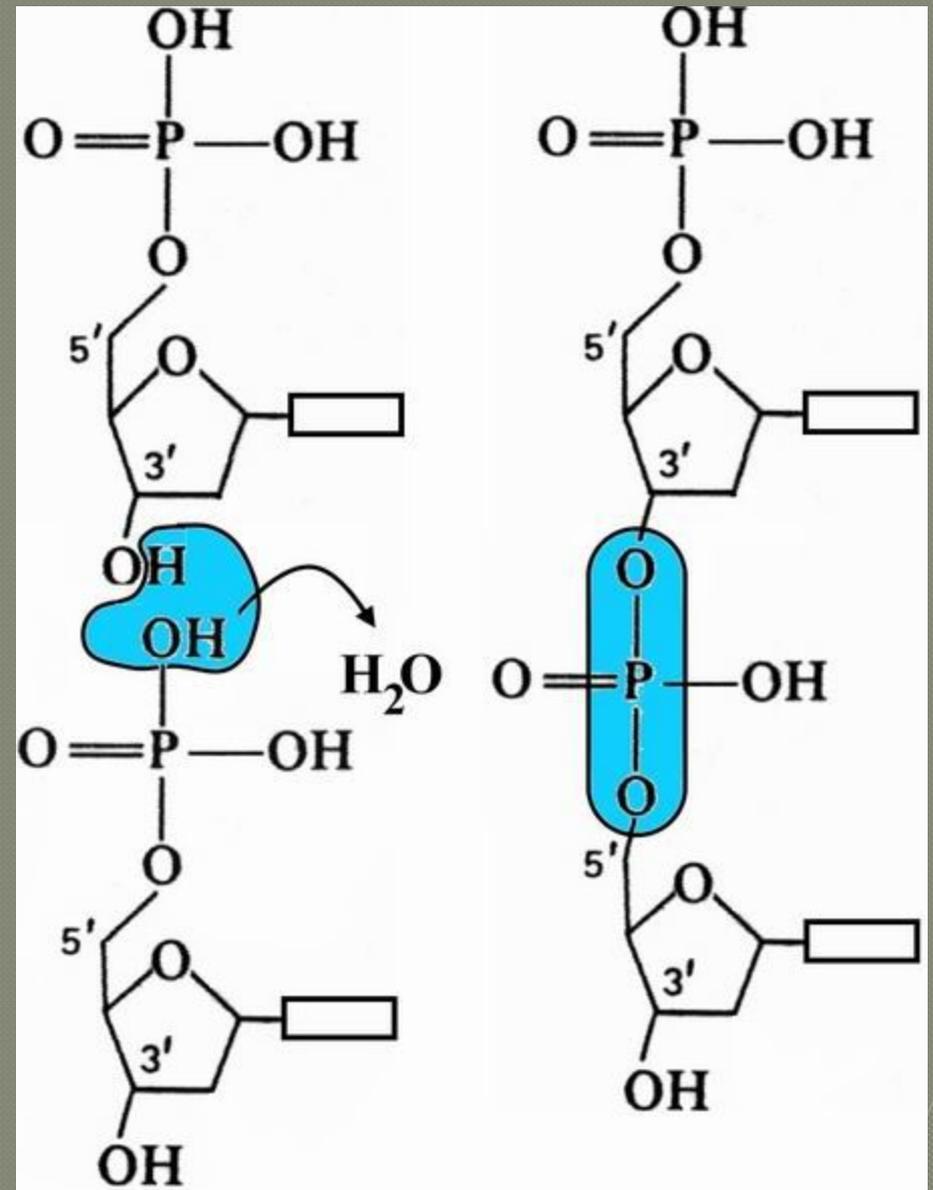
Plate 1

ДНК

Одна цепь нуклеотидов образуется в результате **реакций конденсации нуклеотидов**.

При этом между 3'-углеродом остатка сахара одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого возникает **фосфодиэфирная связь**.

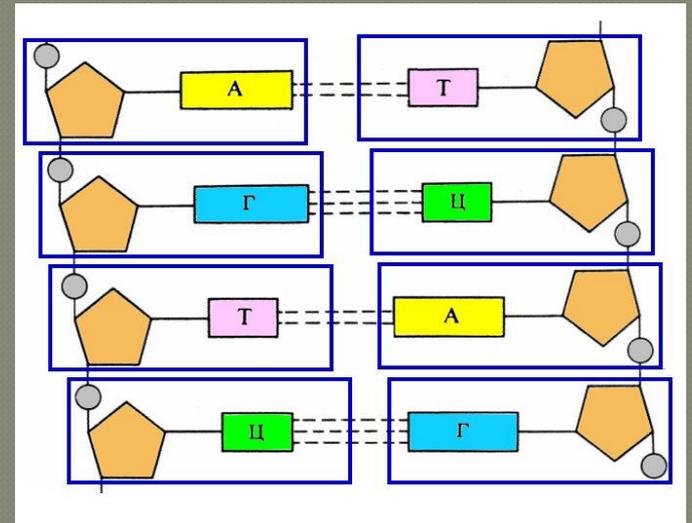
В результате образуются неразветвленные полинуклеотидные цепи. Один конец полинуклеотидной цепи заканчивается 5'-углеродом (его называют 5'-концом), другой – 3'-углеродом (3'-концом).



ДНК

Против одной цепи нуклеотидов располагается вторая цепь.

Полинуклеотидные цепи в молекуле ДНК удерживаются друг около друга благодаря возникновению водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов, располагающихся друг против друга.



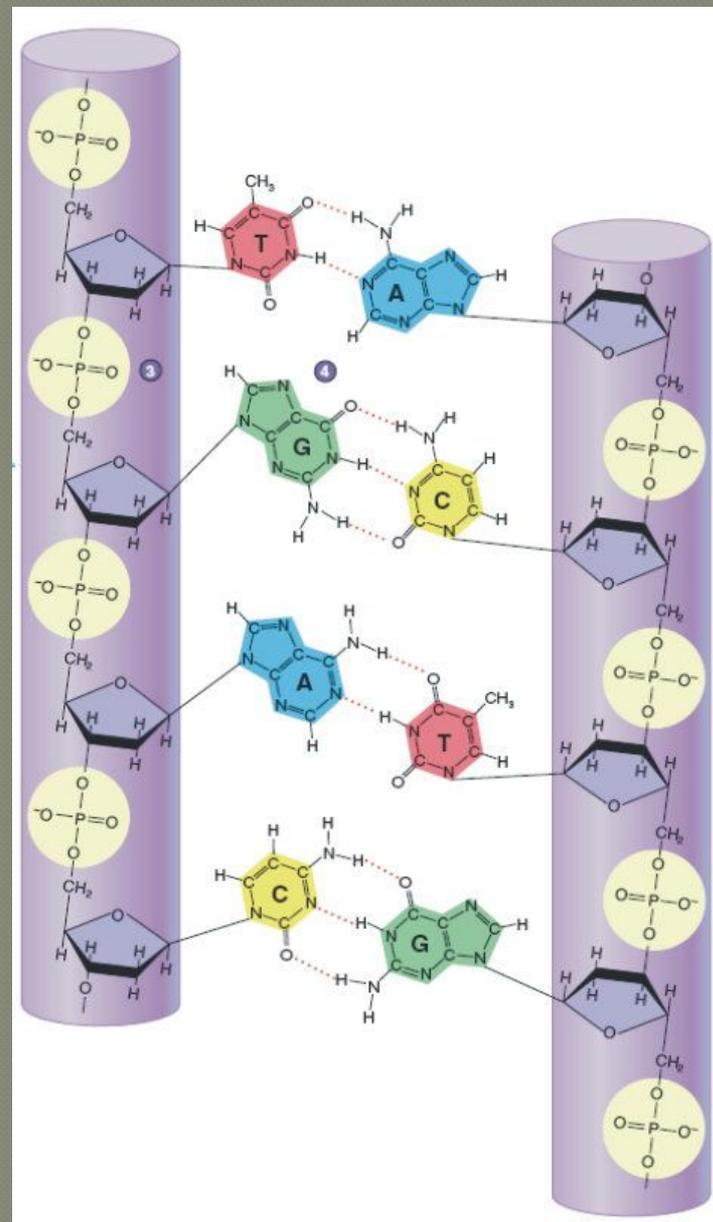
В основе лежит принцип *комплементарного* взаимодействия пар оснований: против аденина - тимин на другой цепи, а против гуанина - цитозин на другой, то есть аденин комплементарен тимину и между ними две водородные связи, а гуанин — цитозину (три водородные связи).

Комплементарность называют способность нуклеотидов к избирательному соединению друг с другом.

ДНК

Цепи ДНК антипараллельны (разнонаправлены), то есть против 3'-конца одной цепи находится 5'-конец другой.

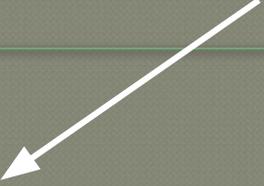
На периферию молекулы обращен сахарофосфатный остов. Внутри молекулы обращены азотистые основания.



ДНК

- состоит из двух спирально закрученных полинуклеотидных цепей
- образует правую спираль, диаметром **2 нм**, длиной несколько сотен микрон
- дезоксирибонуклеотид состоит из азотистого основания (аденина (А), цитозина (Ц), тимина (Т) или гуанина (Г)), пентозы (дезоксирибозы) и фосфата. Нуклеотиды соединяются ковалентными связями в цепь за счет остатков фосфорной кислоты. Отдельные нуклеотидные остатки связаны между собой в полинуклеотидных цепях 3'-5'-фосфодиэфирными связями. Стандартная запись нуклеотидной последовательности осуществляется в направлении от 5'-конца к 3'-концу.
- антипараллельность полинуклеотидных цепей - на одном и том же конце спирали одна полинуклеотидная цепь содержит (незамещенную или замещенную) группу 5'-ОН, а другая 3'-ОН.
- последовательность нуклеотидов одной цепи комплементарна (то есть соответствует) последовательности в другой цепи за счет водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями (две водородные связи между А и Т и три между Г и Ц).
- азотистые основания располагаются на расстоянии **0,34 нм** друг от друга. На полный виток спирали приходится 10 пар нуклеотидов, то есть длина витка по оси равен 3,4 нм.

Виды ДНК



По местоположению в клетке:

- Ядерная
- Пластидная
- Митохондриальная
- Цитоплазматическая



По организации молекулы:

- Линейная
- Кольцевая

- Одноцепочечная
- Двухцепочечная

Плазмиды

- Это дополнительные факторы наследственности, расположенные в клетках вне хромосом и представляющие собой кольцевые (замкнутые) или линейные молекулы ДНК.

Функции в клетках

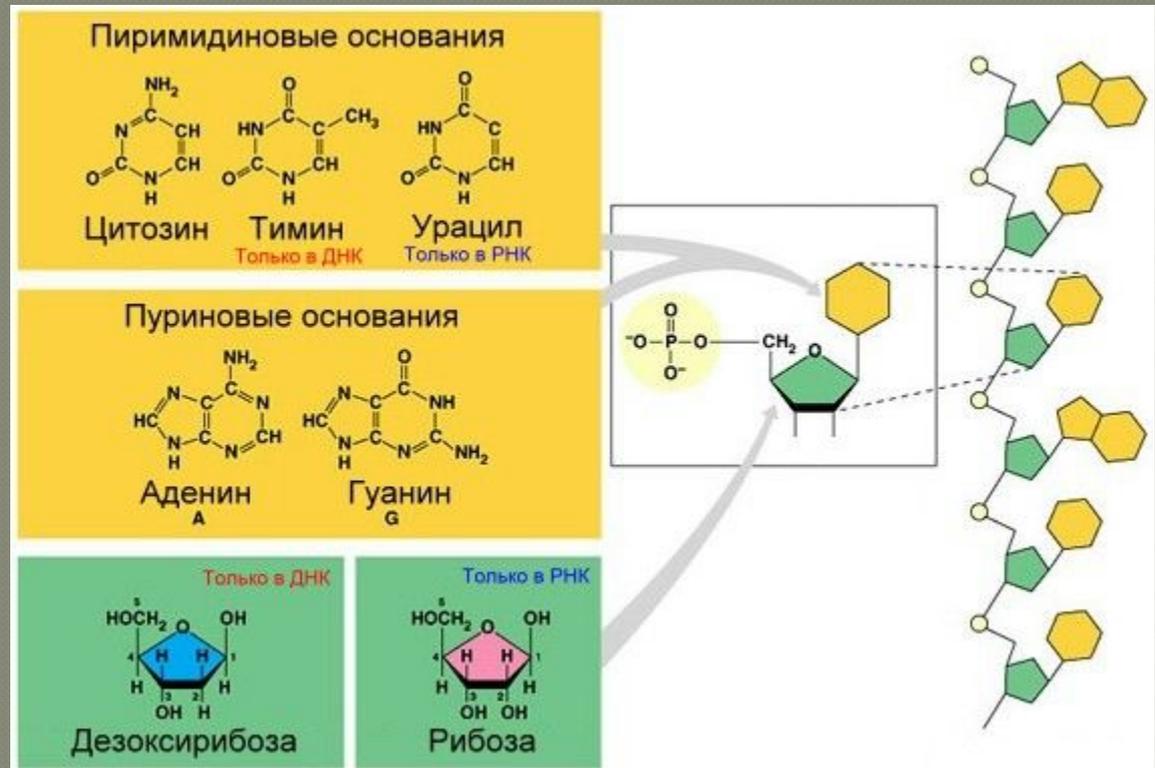
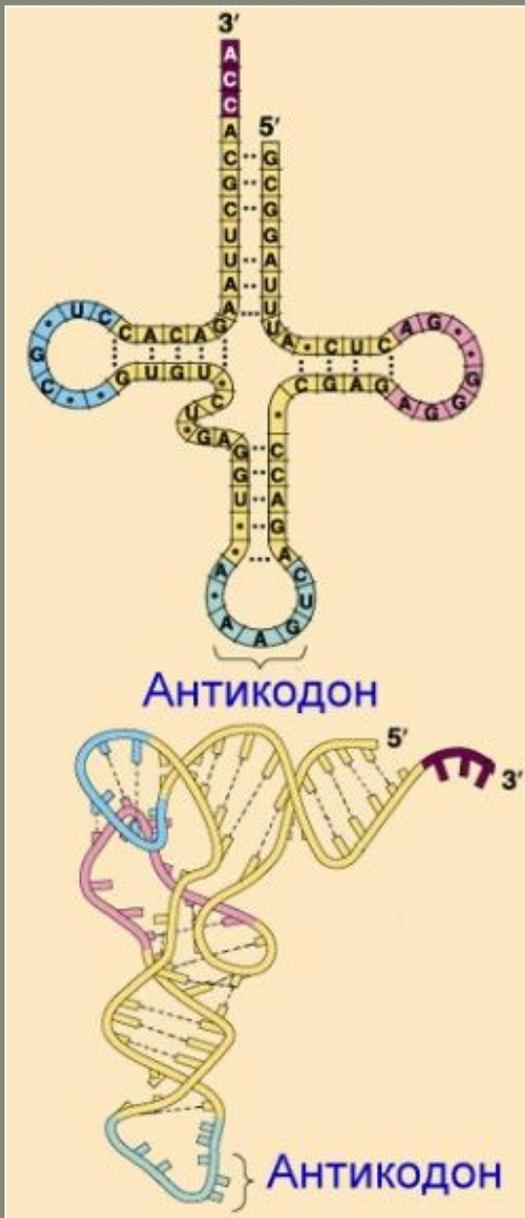
Присутствие плазмид в клетках может быть объяснено преимуществами, которые дают плазмидные гены клетке-хозяину (возможность расти в присутствии антибиотика, использование более широкого круга субстратов, защита от бактериофагов, устранение конкурентов путем синтеза бактериоцинов). Некоторые плазмиды, содержащие так называемые островки патогенности, придают бактериям патогенные свойства.

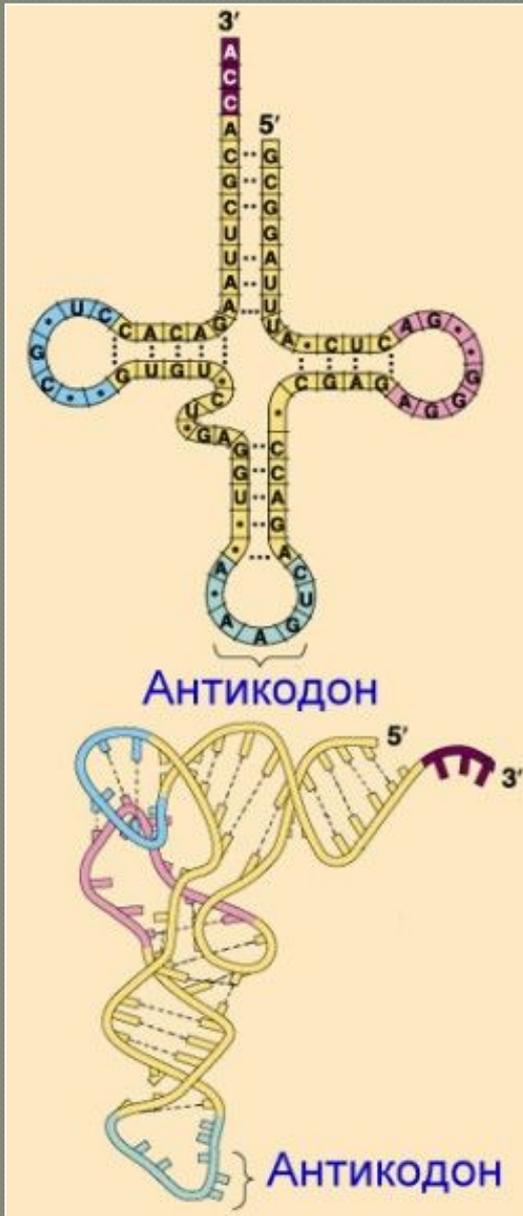
Использование

Плазмиды широко используются в генной инженерии для переноса генетической информации и генетических манипуляций. Для этого создаются искусственные плазмиды — векторы, состоящие из частей, взятых из разных генетических источников, а также из искусственно созданных фрагментов ДНК.

Характеристика РНК

Молекулы РНК являются полимерами, мономерами которых являются *рибонуклеотиды*, образованные: остатком пятиуглеродного сахара — рибозы; остатком одного из азотистых оснований: пуриновых — аденина, гуанина; пиримидиновых — урацил, цитозина; остатком фосфорной кислоты.



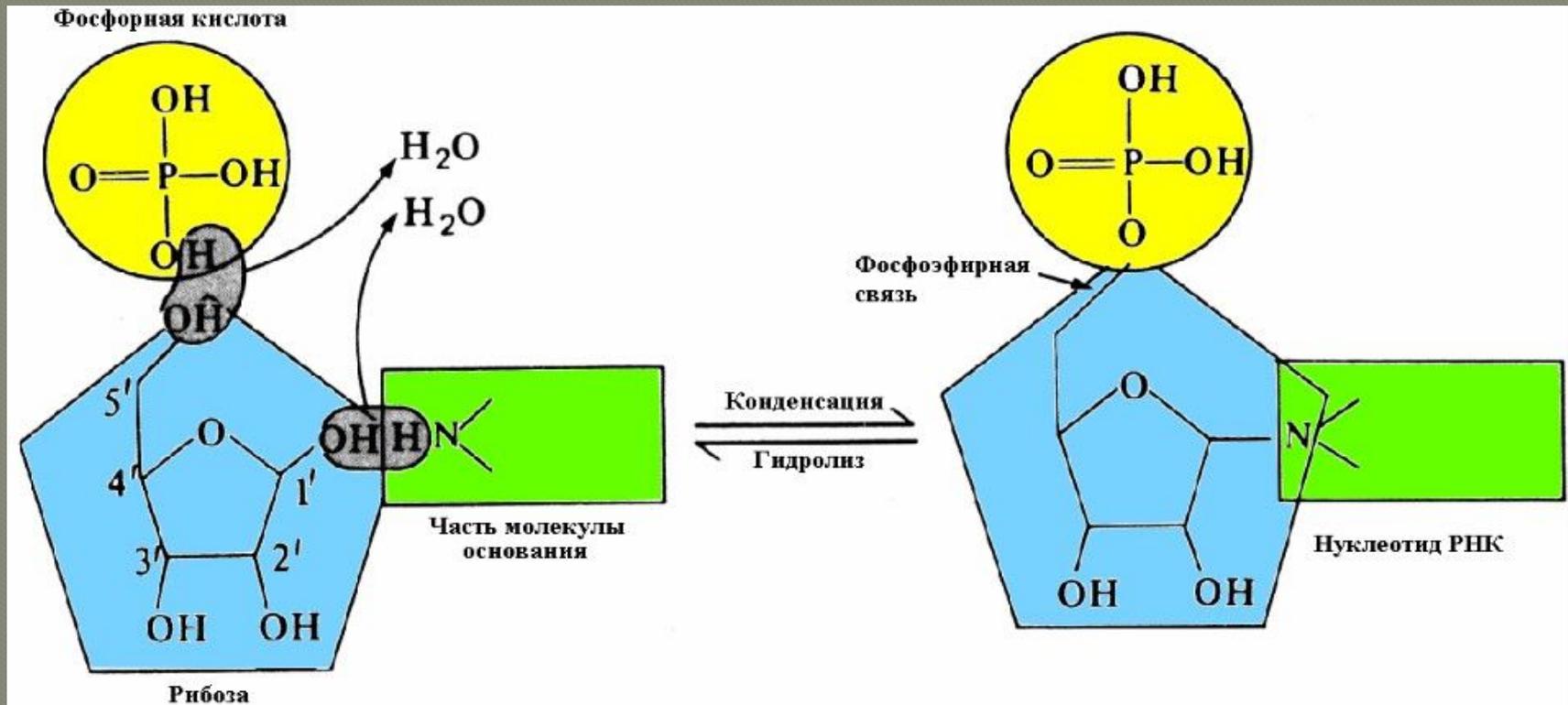


Молекула РНК представляет собой неразветвленный полинуклеотид, который может иметь **первичную** структуру – последовательность нуклеотидов, **вторичную** – образование петель за счет спаривания комплементарных нуклеотидов, или **третичную структуру** – образование компактной структуры за счет взаимодействия спирализованных участков вторичной структуры.

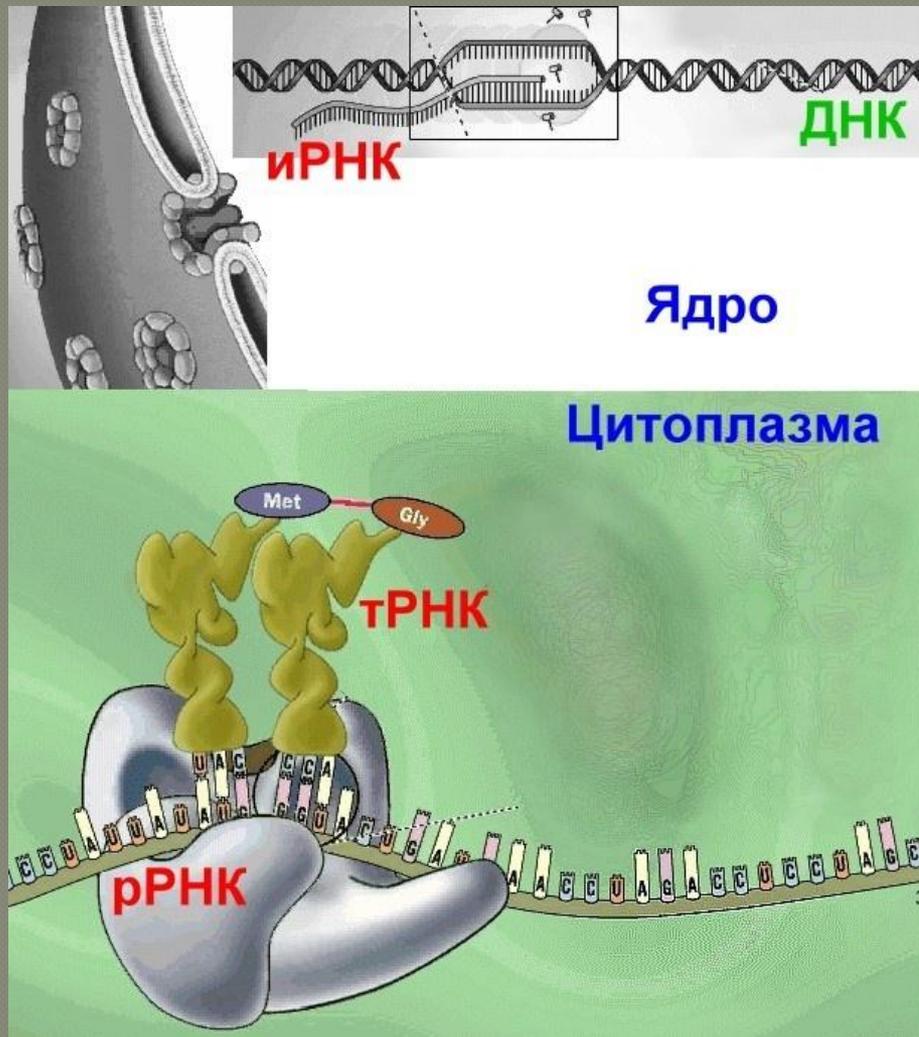
РНК

В результате реакции конденсации азотистого основания с сахаром рибозой образуется **рибонуклеозид**, при реакции конденсации нуклеозида с фосфорной кислотой образуется **рибонуклеотид**.

Названия нуклеотидов: **пуриновых (бициклических)** – адениловый, гуаниловый, **пиримидиновых** – уридилловый и цитидилловый.



РНК



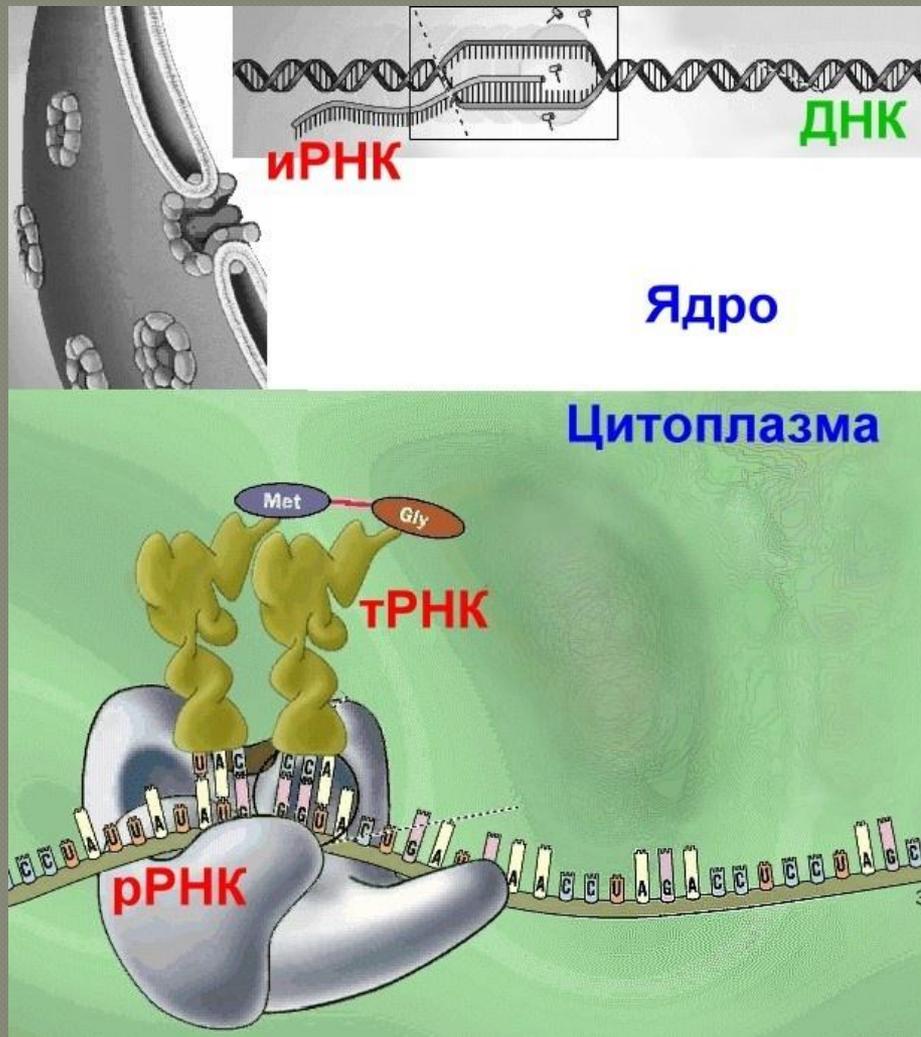
Содержание РНК в любых клетках в 5 – 10 раз превышает содержание ДНК. Существует три основных класса рибонуклеиновых кислот:

Информационные (матричные) РНК — иРНК (5%);

транспортные РНК — тРНК (10%);

рибосомальные РНК — рРНК (85%).

Все виды РНК обеспечивают биосинтез белка.



Информационная РНК.
Наиболее разнообразный по размерам и стабильности класс. Все они являются переносчиками генетической информации из ядра в цитоплазму. Они служат матрицей для синтеза молекулы белка, т.к. определяют аминокислотную последовательность первичной структуры белковой молекулы. Размеры – в зависимости от размеров белка – до 30 000 нуклеотидов.

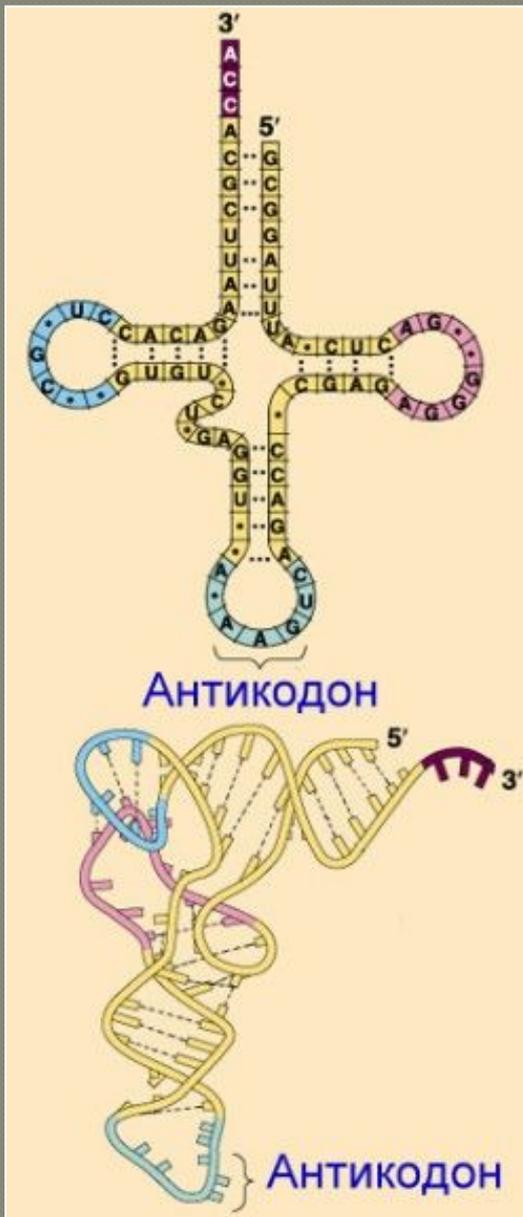
На долю иРНК приходится до 1-5% от общего содержания РНК в клетке.

Транспортная РНК

Молекулы транспортных РНК содержат обычно 76-85 нуклеотидов и имеют третичную структуру, на долю тРНК приходится до 10-15% от общего содержания РНК в клетке.

Функции: они доставляют аминокислоты к месту синтеза белка, в рибосомы.

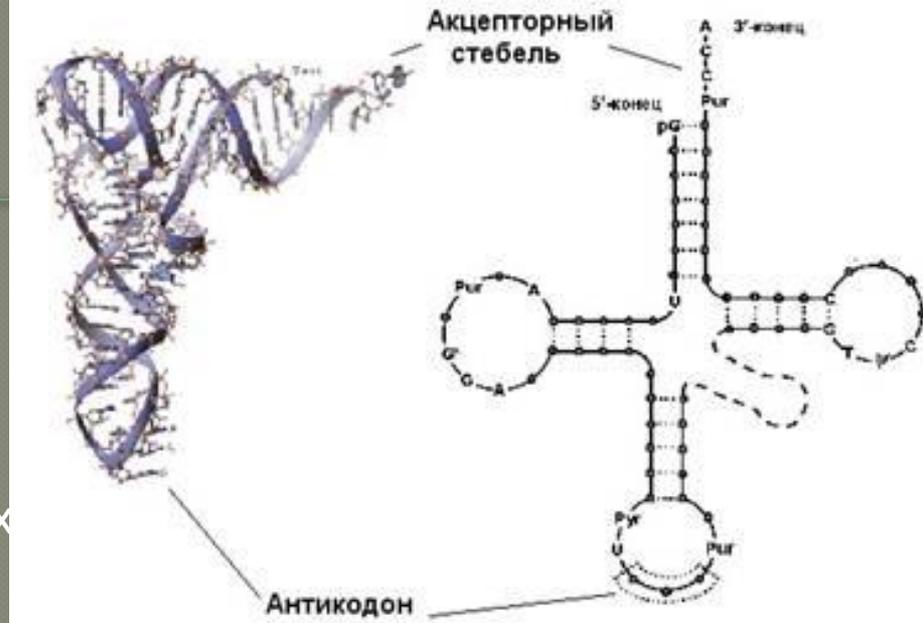
В клетке содержится более 30 видов тРНК. Каждый вид тРНК имеет характерную только для него последовательность нуклеотидов. Однако у всех молекул имеется несколько внутримолекулярных комплементарных участков, благодаря наличию которых все тРНК имеют третичную структуру, напоминающую по форме лист клевера.

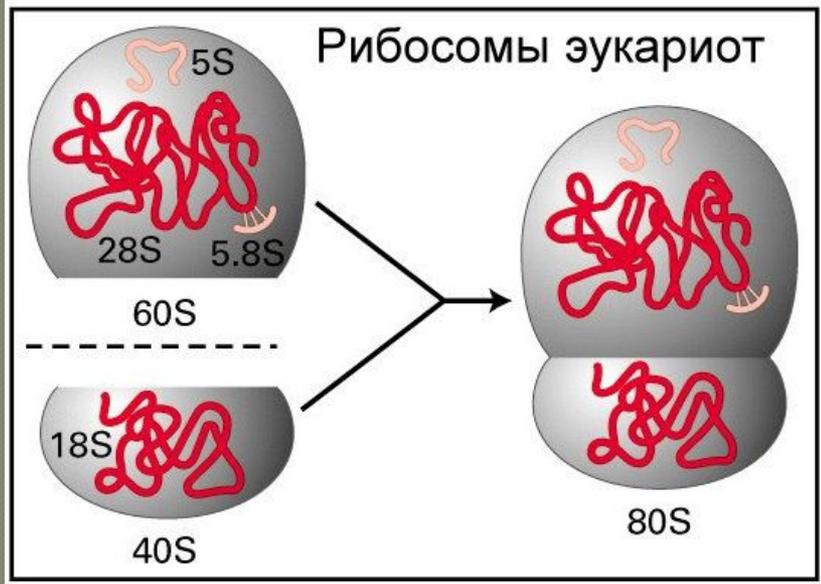
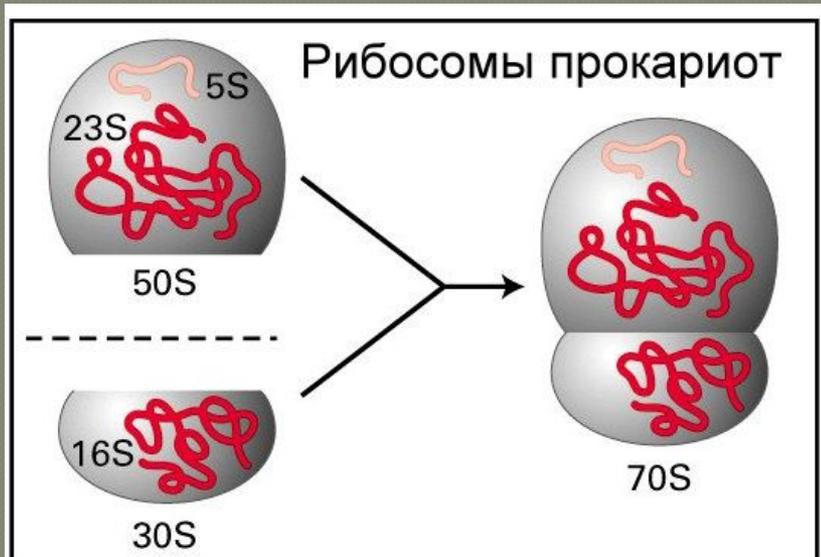


тРНК

- вследствие образования водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями тРНК приобретает вторичную структуру, напоминающую лист клевера. При действии дополнительных водородных связей тРНК приобретает третичную структуру, похожую на перевернутую букву L
- на 5'/конце всегда Г, а на 3'/конце группировка из трех нуклеотидов ЦЦА
- на центральной петле тРНК располагается антикодон, состоящий из трех расположенных рядом нуклеотидов, которые комплементарны

СТРУКТУРА тРНК





Рибосомная РНК.

На долю рибосомальной РНК (рРНК) приходится 80-85% от общего содержания РНК в клетке, состоят из 3 000 – 5 000 нуклеотидов.

синтезируется в ядрышке, затем объединяется с белками, образует большую и малую субъединицы рибосом выполняет структурную и каталитическую функцию

Цитоплазматические рибосомы содержат 4 разных молекулы РНК. В малой субъединице одна молекула, в большой – три молекулы РНК. В рибосоме около 100 белковых молекул.

pРНК

- 85% от всей РНК клетки
- входит в состав рибосом
- синтезируется в ядрышке, затем объединяется с белками, образует большую и малую субъединицы рибосом
- выполняет структурную и каталитическую функцию
- содержит от 3000 до 5000 нуклеотидов.

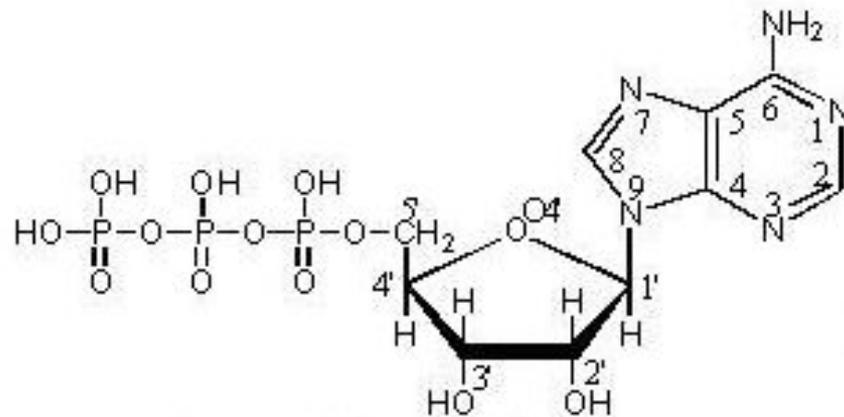
Рибозим

сокращение от «рибонуклеиновая кислота» и «энзим»

Это молекула РНК, обладающая каталитическим действием.

Многие рибозимы естественного происхождения катализируют расщепление самих себя или других молекул РНК, кроме того участвуют в образовании пептидной связи при синтезе белка (рРНК рибосомы).

АТФ



Аденозин-5'-трифосфат
5'-АТФ

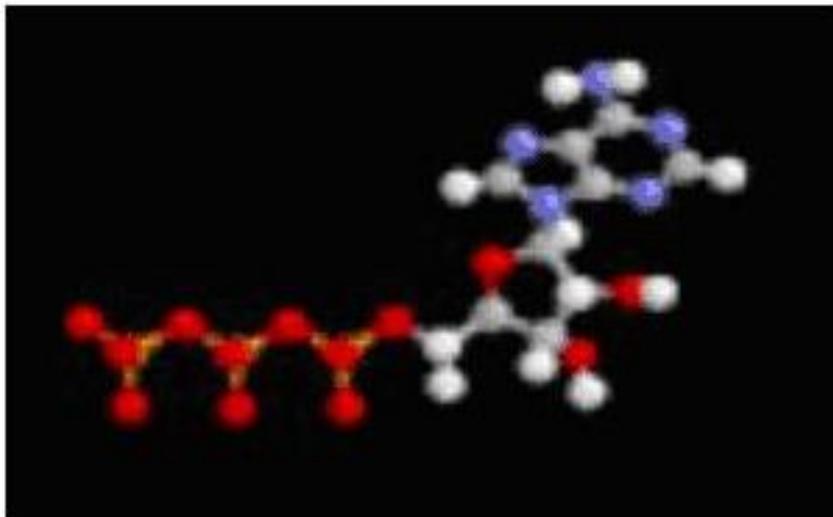
основание - аденин

нуклеозид - аденозин

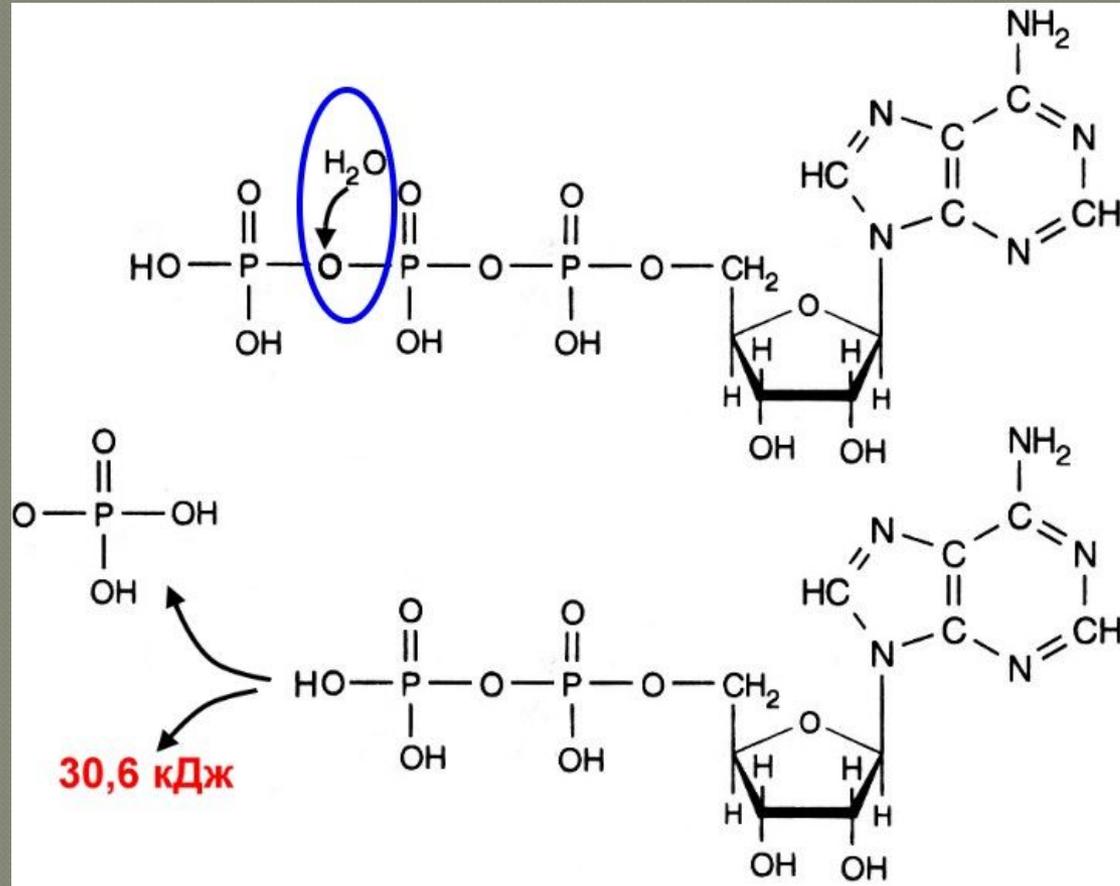
нуклеотид - АТФ

АДФ

АМФ

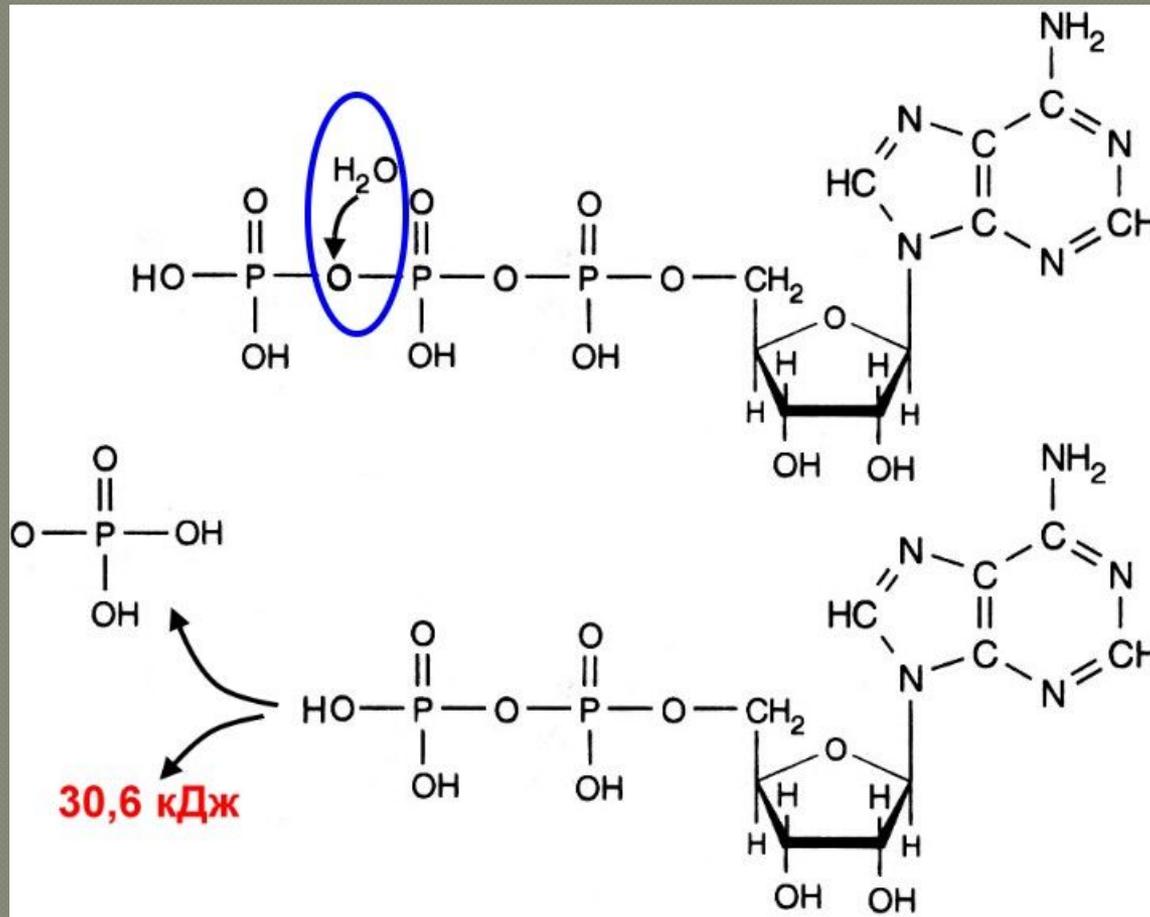


АТФ



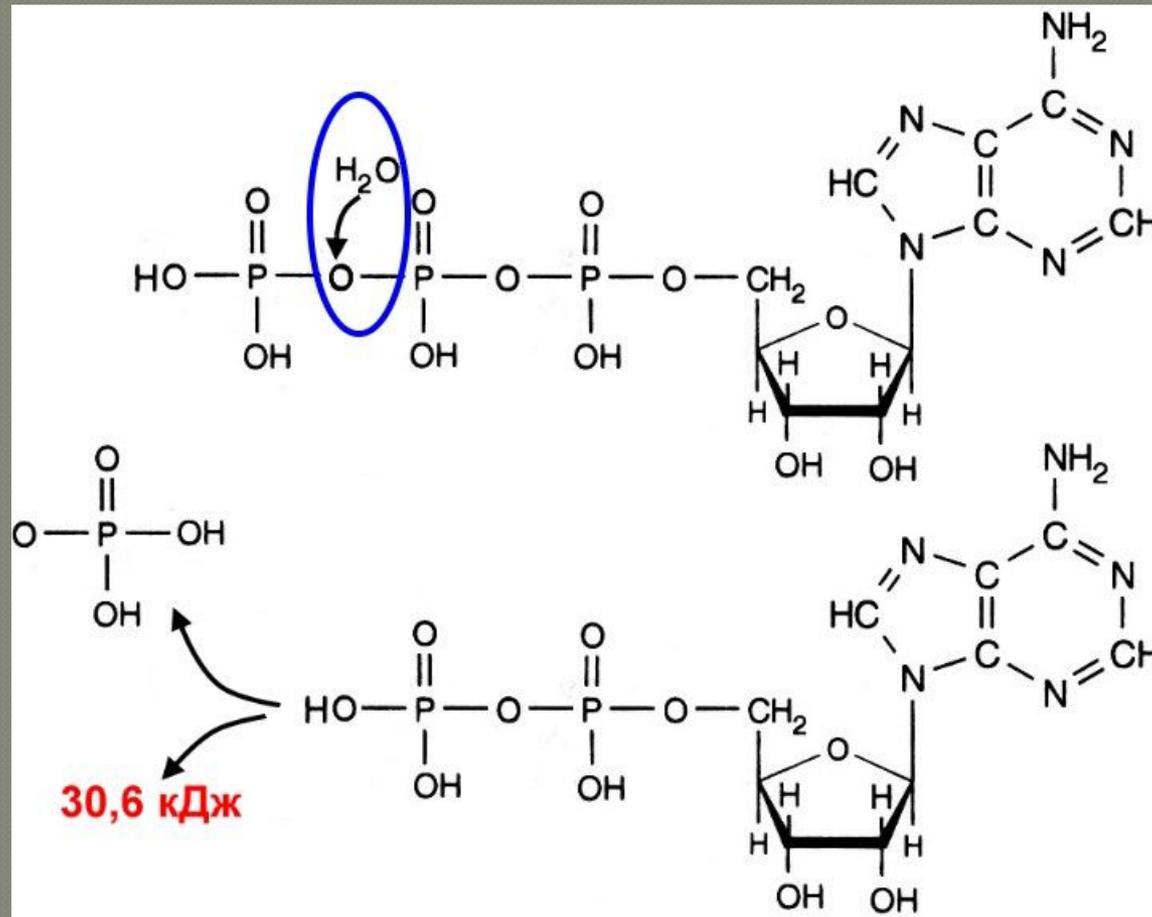
АТФ относится к группе высокоэнергетических фосфатов, содержит две фосфоангидридные связи. Некоторые реакции в организме могут протекать при участии других нуклеозидтрифосфатов (ГТФ, УТФ, ЦТФ), но все они образуются за счет гидролиза АТФ.

АТФ



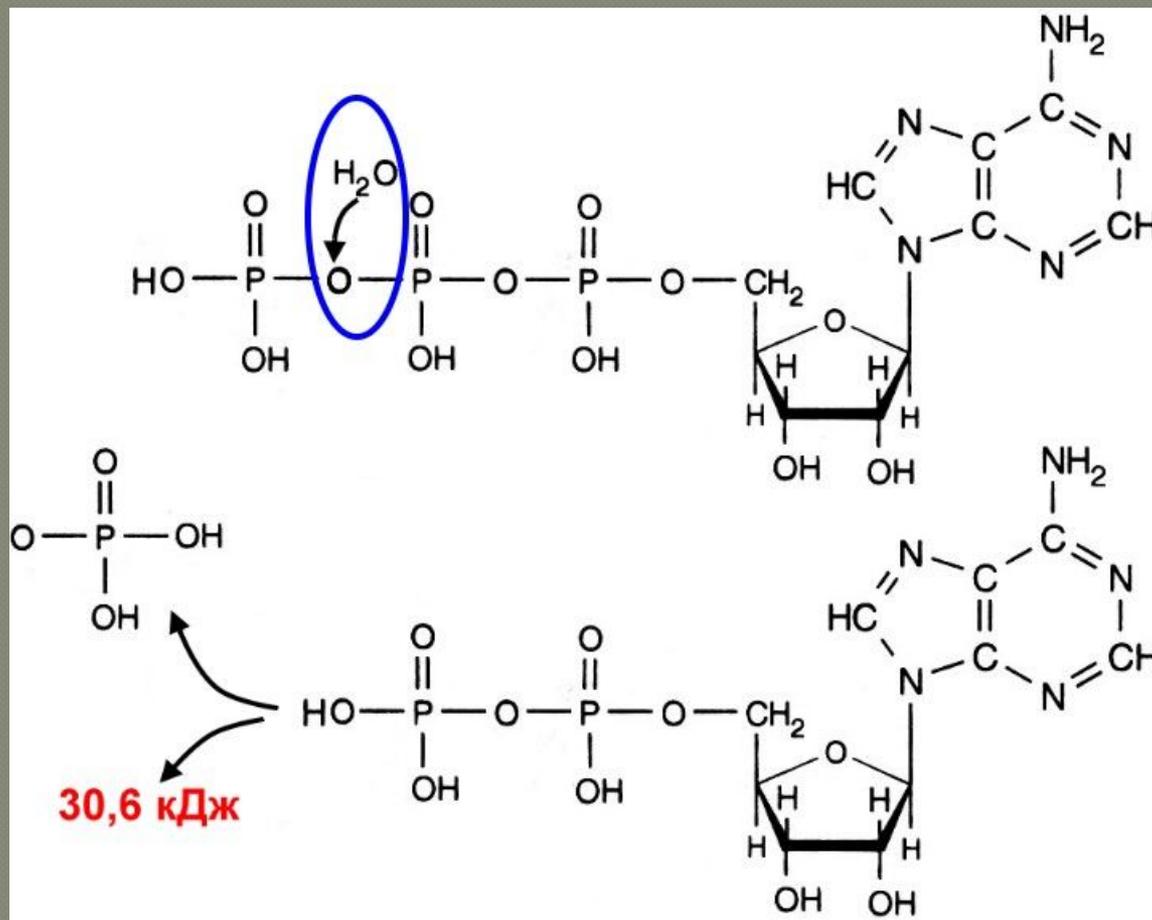
Таким образом, аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) — универсальный переносчик и основной аккумулятор энергии в живых клетках. АТФ содержится во всех клетках растений и животных. Количество АТФ колеблется и в среднем составляет 0,04% (на сырую массу клетки).

АТФ



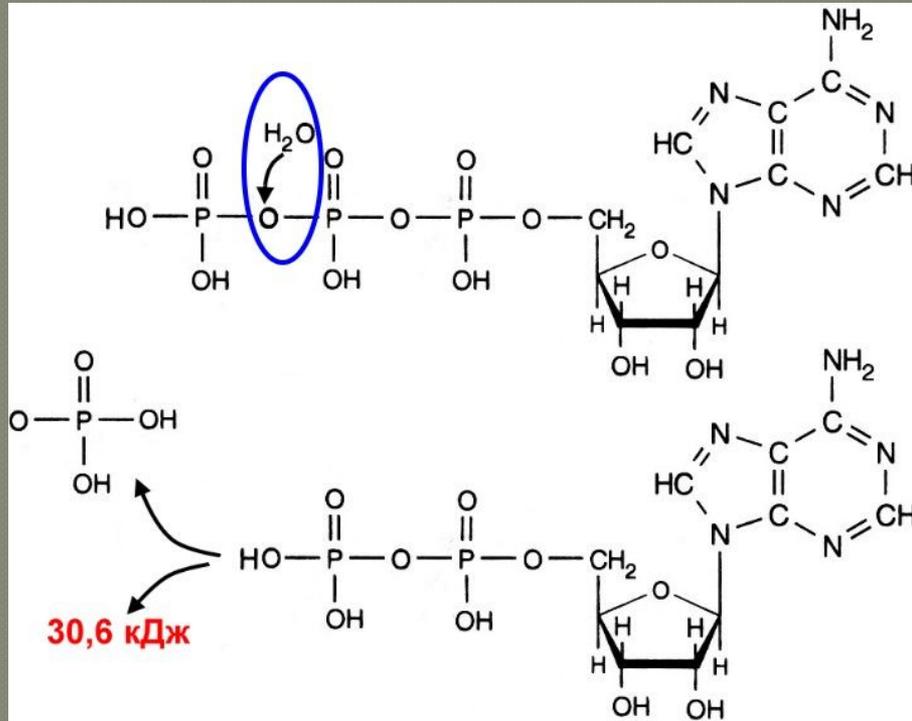
В клетке молекула АТФ расходуется в течение одной минуты после ее образования. У человека количество АТФ, равное массе тела, образуется и разрушается каждые 24 часа.

АТФ



АТФ представляет собой нуклеотид, образованный остатками азотистого основания (аденина), сахара (рибозы) и фосфорной кислоты. В отличие от других нуклеотидов, АТФ содержит не один, а три остатка фосфорной кислоты.

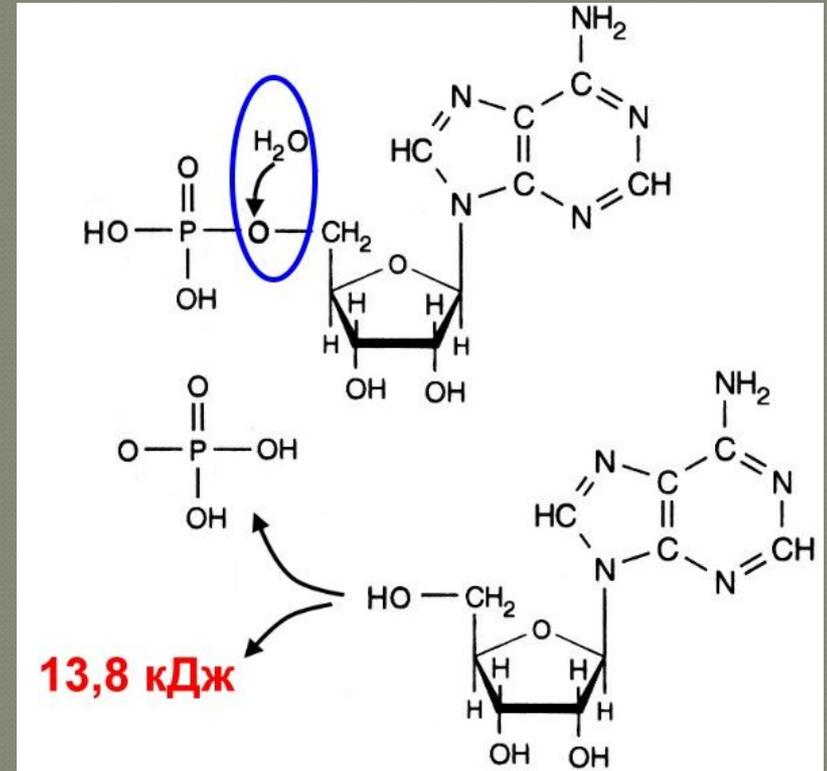
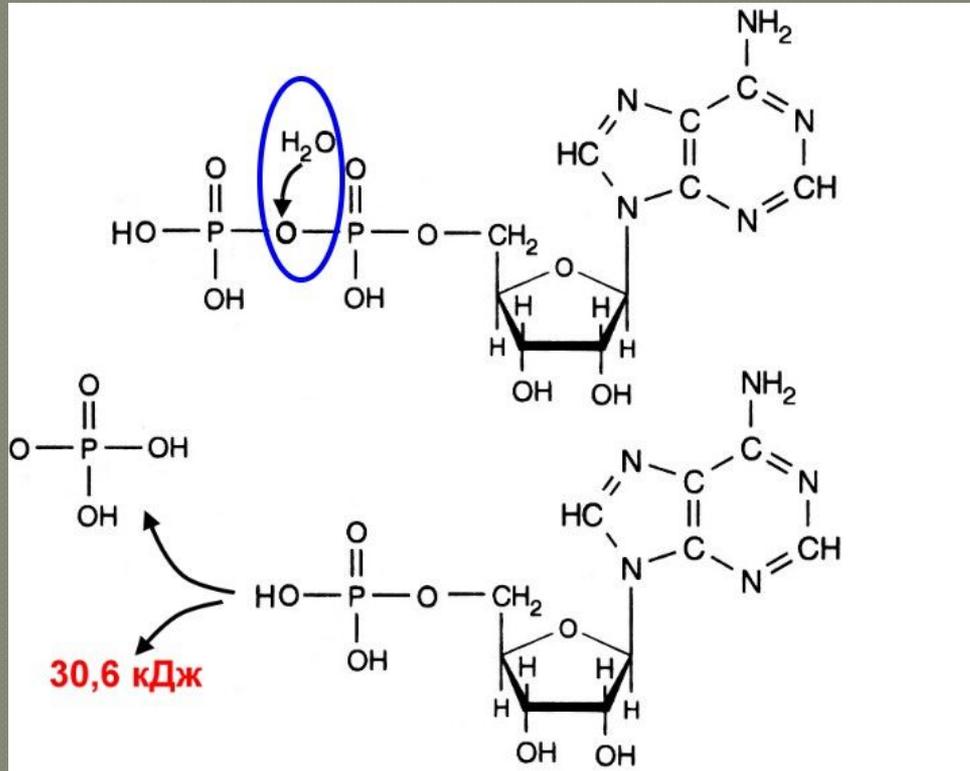
АТФ



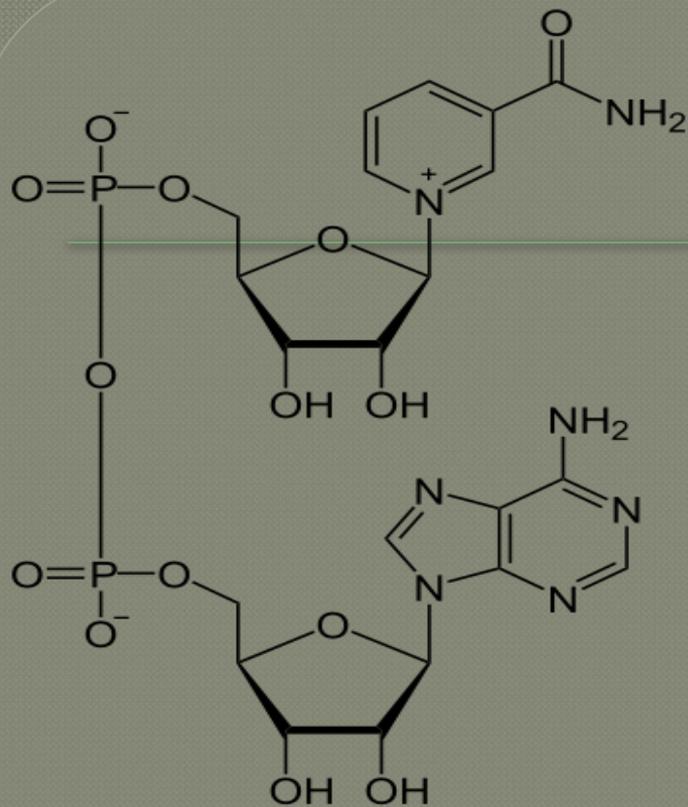
АТФ относится к *макроэргическим веществам* — веществам, содержащим в своих связях большое количество энергии.

АТФ — нестабильная молекула: при гидролизе конечного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в АДФ (*аденозиндифосфорную кислоту*), при этом выделяется 30,6 кДж энергии.

АТФ



Отщепление третьей фосфатной группы сопровождается выделением только 13,8 кДж. Таким образом, АТФ имеет две макроэргические связи.



NAD (НАД) —

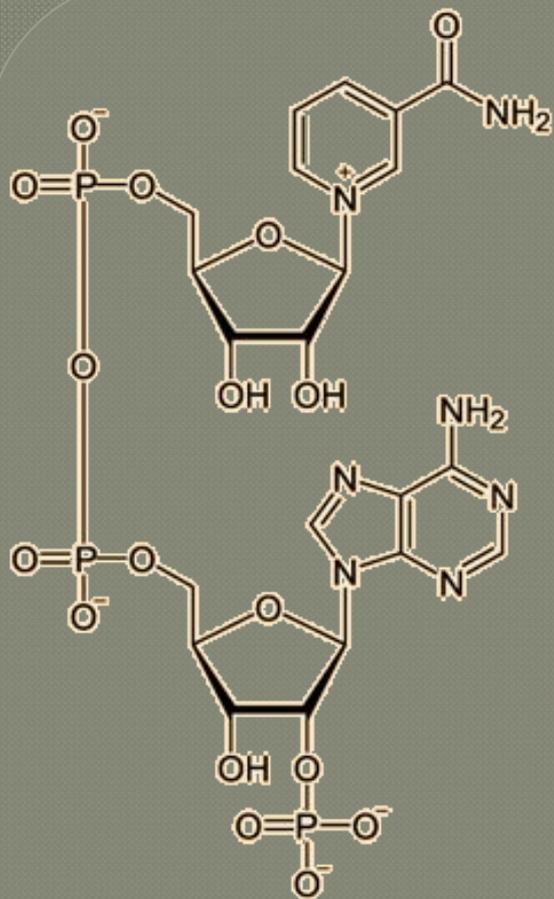
никотинамидадениндинуклеотид –

динуклеотид, молекула которого построена из амида никотиновой кислоты и аденина, соединенных между собой цепочкой, состоящей из двух остатков D-рибозы и двух остатков фосфорной кислоты.

Это кофермент, присутствующий во всех живых клетках входит в состав ферментов группы дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные реакции; выполняет функцию переносчика электронов и водорода, которые принимает от окисляемых веществ.

Восстановленная форма (NADH) способна переносить их на другие вещества.

Молекула NADH является переносчиком энергии и восстановленный кофермент может быть использован как субстрат в реакции окислительного фосфорилирования в митохондрии: молекула NADH окисляется в NAD^+ , при этом выделяется энергия, эквивалентная (запасаемая в форме) **трех АТФ (2,5)**.



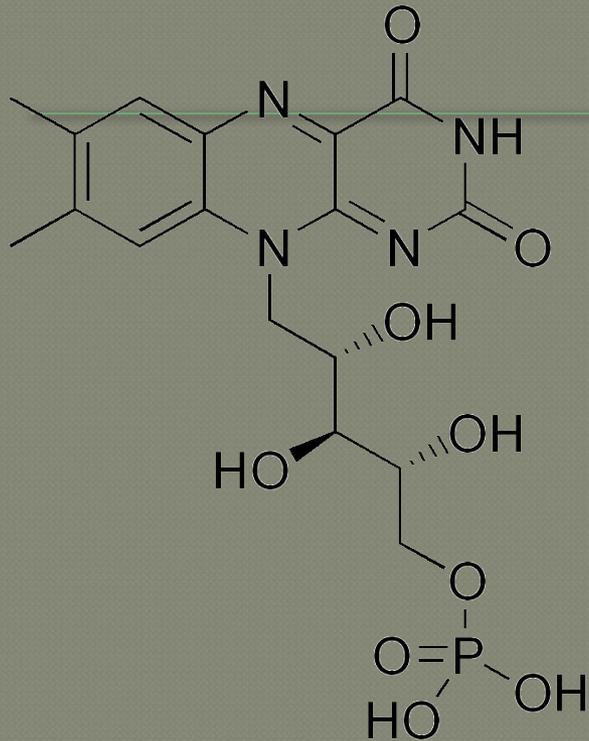
NADP (НАДФ) —

никотинамидадениндинуклеотидфосфат –

- кофермент, отличающийся от NAD содержанием ещё одного остатка фосфорной кислоты, присоединённого к гидроксилу одного из остатков D-рибозы, обнаружен во всех типах клеток. веществ.

NADP - широко распространённый в природе кофермент некоторых дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные реакции в живых клетках. NADP принимает на себя протоны и электроны окисляемого соединения и передаёт их на другие вещества. В хлоропластах растительных клеток NADP восстанавливается при световых реакциях фотосинтеза и затем обеспечивает водородом синтез углеводов при темновых реакциях

Функционально близким к FAD коферментом является FMN.



FMN (ФМН) -флавинмоноклеотид или рибофлавин-5'-фосфат, образуется из рибофлавина (витамина В2), является простетической группой различных оксидоредуктаз, включая NADH-дегидрогеназы.

FMN в биохимических процессах находится в трех формах — окисленной (FMN), полухинон (FMNH•) и восстановленной (FMNH₂). FMN является более сильным окислителем, чем NAD и частично более полезным, так как может принимать сразу два электрона.

Флавиннуклеотидфосфорилаза осуществляет синтез ФАД из ФМН и АТФ:

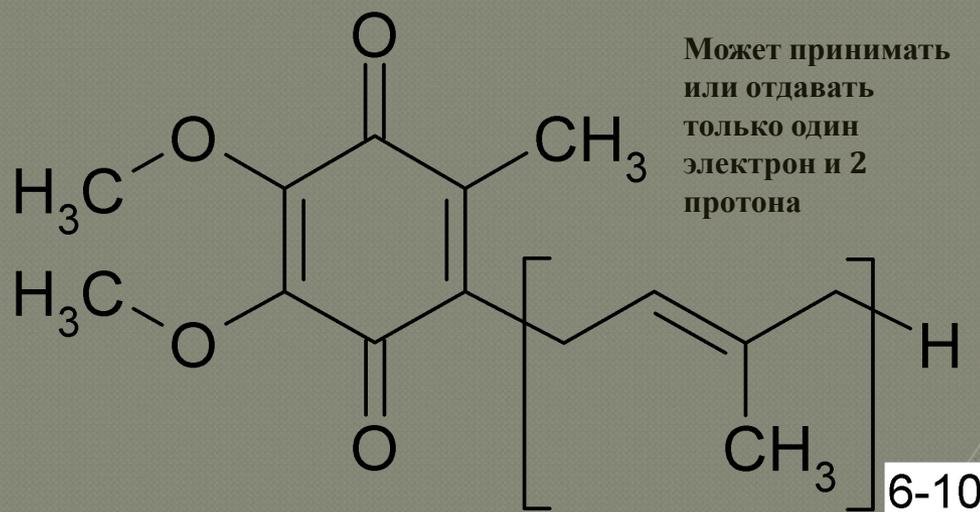


Хиноны: кофермент Q (кофермент Q10, убихинон)

По химической природе кофермент Q имеет сходство в строении молекулы с витаминами E и K и представляет собой 2,3-диметокси-5-метил-1,4-бензохинон с изопреновой цепью в 6-м положении. Число остатков изопрена в боковой цепи убихинон в разных организмах варьируется от 6 до 10. Такие варианты кофермента Q обозначают как Co Q₆, Co Q₇ и т. д. В митохондриях клеток большинства млекопитающих, включая человека, встречается убихинон

Кoferмент Q принимает участие в реакциях окислительного фосфорилирования, является компонентом цепи переноса электронов в митохондриях. Ингибиторы работы убихинона останавливают реакции окислительного фосфорилирования.

Также кофермент Q является антиоксидантом и, в отличие от других антиоксидантов, регенерируется организмом. Кроме того, кофермент Q восстанавливает



Пластохинон (PQ)

Пластохинон служит подвижным переносчиком электронов и протонов в тилакоидной мембране. Одна из возможных схем расположения молекулы пластохинона в мембране показана на рисунке (из Тихонов, 1996)

