**Глава № 2: Химический состав клетки**

**4. Особенности химического состава клетки.**

**Клеточные элементы**

Известно более 100 химических элементов, как природных, так и полученных искусственно. В составе клеток обнаружено около 90. По процентному содержанию клеточные элементы делятся на три группы:

|  |  |
| --- | --- |
| **Макроэлементы** | **Микроэлементы** |
| Составляют основную массу и количество элементов клетки. К макроэлементам относятся: **кислород, углерод, водород, азот, калий, магний, натрий, кальций, железо, сера, хлор и фосфор**. На долю **кислорода, углерода, водорода и азота** приходится около 99 %. Их называют основными органогенными элементами. | Количество в клетке: от 0,001 до 0,000001 %. К их числу принадлежат: **йод, бром, цинк, медь, марганец** и другие. |

Таблица: Среднее содержание

некоторых элементов в клетке (в %):

|  |  |
| --- | --- |
| **Элемент** | **% на сухую массу** |
| **Кислород** | **65-75** |
| **Углерод** | **15-20** |
| **Водород** | **8-10** |
| **Азот** | **1,5-3** |
| Магний | 0,02-0,09 |
| Натрий | 0,02-0,03 |
| Калий | 0,15-0,4 |
| Сера | 0,15-0,2 |
| Фосфор | 0,2-1 |
| Кальций | 0,04-2 |
| Хлор | 0,05-0.1 |
| Железо | 0,01-0,015 |
| Цинк | 0,0003 |

Химические элементы участвуют в построении клетки либо в виде ионов, либо в составе соединений. Ионный состав клетки и некоторых внеклеточных жидкостей показан в таблице:

Таблица: Ионный состав жидкостей тела (в микромолях на литр)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ионы количество** | **Цитоплазма**  **мм/л** | **Плазма крови мм/л** | **Межклет. жидк.**  **мм/л** |
| **Катионы:** |  |  |  |
| **Na+** | **10** | **140** | **145** |
| **K+** | **160** | **5** | **5** |
| **Анионы:** | **Цитоплазма**  **мм/л** | **Плазма крови**  **мм/л** | **Межклет. жидк.**  **мм/л** |
| **Cl-** | **3** | **100** | **115** |
|  | |  |  |
|

Видно, что внутри клетки велика концентрация катионов калия. В межклеточной жидкости преобладают ионы натрия и хлора.

Разница в ионах сохраняется все время, пока клетка жива и быстро выравнивается с ее гибелью. **И клетка, и организм в целом стремятся поддерживать относительное постоянство ионного состава или ионный гомеостаз.** Благодаря гомеостазу даже при значительных изменениях концентрации заряженных частиц в окружающей среде в клетке она остаётся постоянной.

Роль ионов в организме разнообразна:

1). Ионы кальция участвуют в мышечном сокращении и свертывании крови.

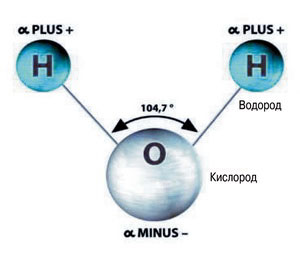
2). Ионы кальция, калия и хлора создают разность потенциалов на клеточной мембране (потенциал покоя). Они же обеспечивают возникновение потенциала действия или нервного импульса.

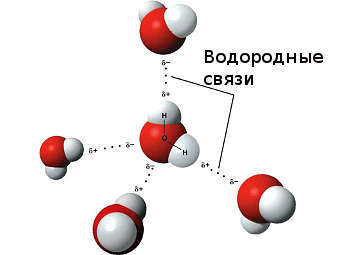
3). Ион магния входит в состав фотосинтетического пигмента хлорофилла.

**Вода и ее роль в клетке**

Содержание воды значительно превышает количество всех других клеточных веществ. Больше всего воды в молодых клетках до 90 - 95 %.

Роль и свойства воды теснейшим образом связаны со строением ее молекул. **Молекула воды - это диполь,** то есть частица, разные полюса которой несут противоположные заряды.



В данном случае электронное облако смещается в сторону атома кислорода, как более электроотрицательного элемента. Он приобретает частичный отрицательный заряд, а атомы водорода - частичный положительный (рис.). Для простоты дипольную молекулу воды часто изображают так: + -. **Из-за полярности молекул между ними возникают водородные связи: частично заряженные положительно атомы водорода притягиваются к частично заряженным отрицательно атомам кислорода других молекул воды** (рис.). Водородные связи слабые, но многочисленные. Учитывая строение воды, можно объяснить многие ее свойства.

1. **Вода - растворитель** многих веществ: солей, сахаров, спиртов. Хорошо растворяемые вещества называют гидрофильными (любящими воду): многие соли, кислоты, щёлочи, моносахара. Малорастворимые вещества гидрофобные (боящиеся воды), это липиды, ряд углеводов и солей.

2. **Теплоемкость.** Вода обладает большой удельной теплоемкостью. Эта величина показывает, какое количество теплоты необходимо, чтобы поднять температуру 1 кг воды на 10 С. Значительная часть энергии нагревания расходуется на разрыв водородных связей. Высокая удельная теплоемкость воды обеспечивает незначительные температурные изменения в клетках. Биохимические реакции идут при стабильной температуре, поэтому без нарушений.

3. **Теплота плавления (таяния**). Для плавления твердой воды - льда - необходима затрата значительной энергии, поэтому при замерзании вода также отдает много энергии. Это важно, так как уменьшает вероятность замерзания клеточных и межклеточных жидкостей. Кристаллы льда губительны для клеток, ибо разрушают внутриклеточные структуры.

4. **Плотность**. Вода - единственное вещество, которое в жидком состоянии плотнее, чем в твердом, поэтому лед не тонет. Он плавает на поверхности, а в толще воды продолжается жизнь.

5. **Химические свойства**. Вода является одним из важнейших веществ клетки. Она - источник водорода и кислорода при фотосинтезе; расщепляет белки, углеводы, жиры (реакции гидролиза). По воде передвигаются питательные вещества, идет восходящий и нисходящий ток жидкости в растениях, газообмен в легких и многое другое.

**Органические вещества клетки**

Соединения, характерные только для живых организмов, называются органическими. Клетка содержит следующие группы органических веществ:

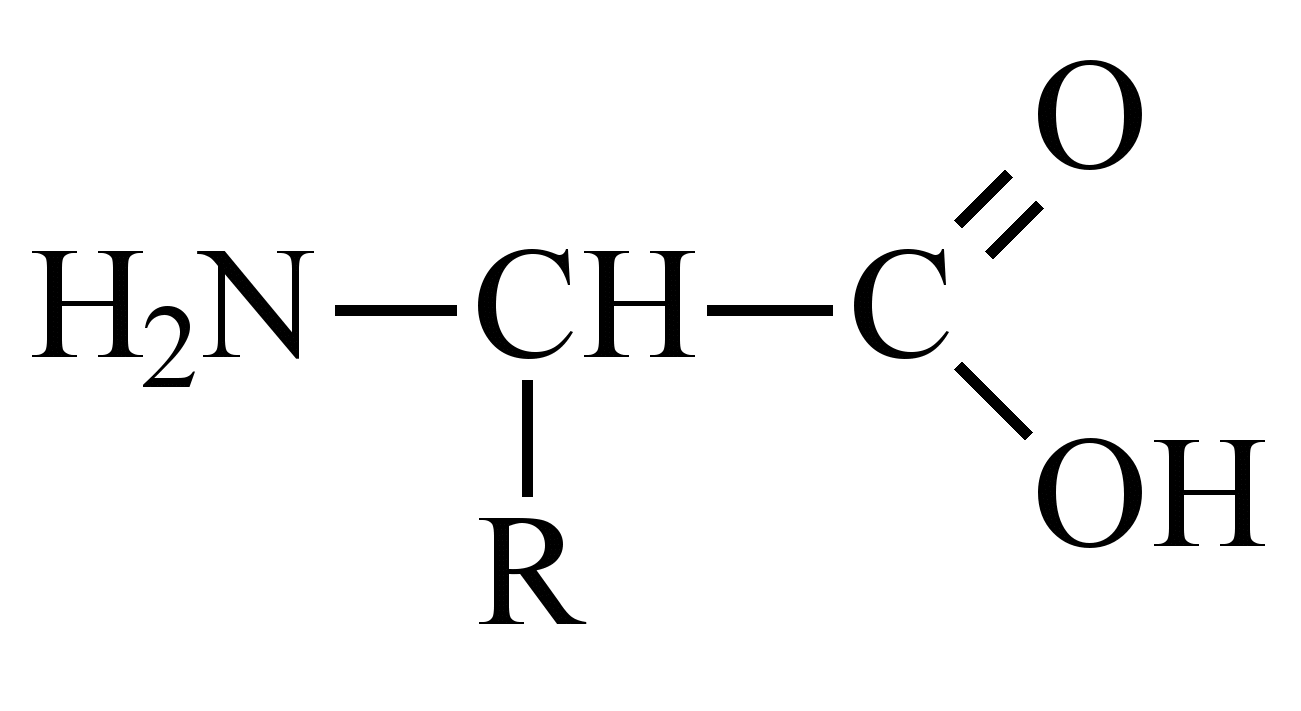
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Название вещества** | **% в клетке** |
| 1. | Белки | до 20 % |
| 2. | Углеводы | 1 - 40 % |
| 3. | Жиры | 1 - 70 % |
| 4. | Нуклеиновые кислоты | 1 - 2 % |
| 5. | Витамины | 0,01 % |
| 6. | Гормоны, АТФ и др. | 0,05 % |

**5. Химический состав и структура белка**

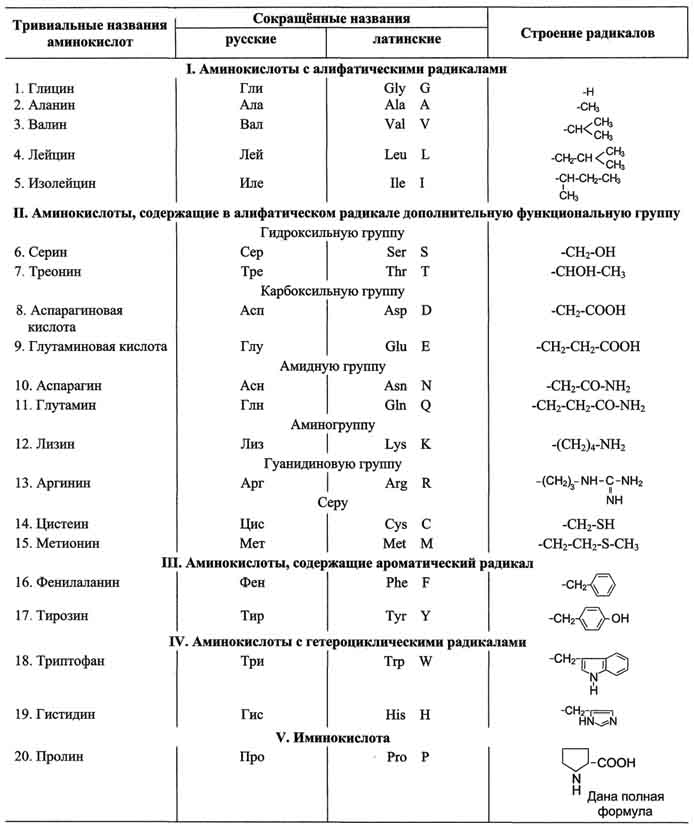
**Химический состав белков**

Белки, наряду с другими органическими веществами, часто называют макромолекулами из-за большого размера. В большинстве случаев такие молекулы состоят из повторяющихся элементов - мономеров. Образованные мономерами соединения называют полимерами. Виды полимеров в зависимости от расположения мономеров указаны в таблице:

|  |  |
| --- | --- |
| **Регулярные полимеры** | **Нерегулярные полимеры** |
| Cостоят из одинаковых или правильно чередующихся мономеров | Макромолекулы не имеют упорядоченного расположения элементов-мономеров |
| А-А-А-А-.........-А или А-Б-А-Б-.......-А-Б, где А и Б - обозначение мономеров. | А-А-Б-А-Б-Б-...... |

**Белки - это нерегулярные полимеры, мономерами которых являются аминокислоты.**

Обычно в состав протеинов входят двадцать различных аминокислот. Все аминокислоты имеют аминогруппу -NН2 и карбоксильную группу –СООН (рис.). Кроме того, есть радикал (R) - группа переменного состава, особенная для каждой аминокислоты (рис.). Большинство аминокислот имеет одну амино- и одну карбоксильную группы. Характеристики аминокислот даны в таблице:

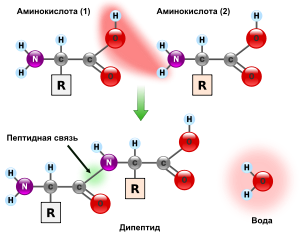


В качестве радикала выступают самые разные группы. В простейшем случае у глицина радикалом является атом водорода, у аланина - это группа СН3. В состав радикала цистеина входит атом серы и т. д.

Растения способны синтезировать все необходимые им аминокислоты. Животные этого не могут. Некоторые аминокислоты должны поступать с пищей, их называют незаменимыми: валин, лейцин, треонин и некоторые другие (рис.).

**Образование пептидной связи**

**Важнейшее свойство аминокислот - способность соединяться друг с другом.** При этом карбоксильная группа одной аминокислоты взаимодействует с аминогруппой другой. Выделяется молекула воды, поэтому реакция носит название конденсации. В итоге получается ковалентная связь между азотом и углеродом, она называется пептидной. Образуется соединение двух аминокислот - дипептид (рис.).

****Если к дипептиду присоединяется еще одна аминокислота, получается трипептид. Соединения из «n» аминокислот называют полипептидом или полипептидной цепочкой. Полипептид - это еще не белок, так как он не несет никакой биологической функции. Количество мономеров-аминокислот в составе белков может достигать нескольких тысяч аминокислот.

**6. Уровни организации**

**белковой молекулы**

Каждый белок имеет несколько уровней организации (структуры).

1. Первичной структурой является полипептидная цепь. Связи между компонентами-аминокислотами в ней являются ковалентными (пептидными), значит, прочными.  **Именно первичная структура определяет гигантское разнообразие свойств и видов белков**. Ведь количество мономеров и их расположение может быть самым разным.

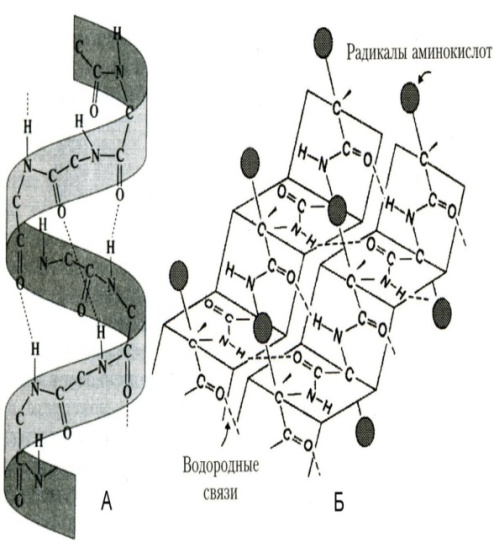
Таблица: Количество аминокислот в некоторых белках:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№/№** | **Название белка** | **Число АК** |
| 1 | Миоглобин | 153 |
| 2 | Гемоглобин | 574 |
| 3 | Лизоцим | 129 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Замена даже одной аминокислоты может привести к тяжёлым последствиям. Например, в случае замены аминокислоты глутамина на аминокислоту валин в молекуле гемоглобина развивается заболевание серповидно-клеточная анемия (рис.). Эритроциты становятся неправильной формы в виде серпа, не могут нормально выполнять свою функцию. Больные отстают в развитии, появляется слабость, развивается желтуха; обычна смерть в раннем возрасте.

**Вторичная структура белка**

**Белковая нить способна приобретать особую геометрическую форму или вторичную структуру.** Она образуется многочисленными водородными связями. Водородная связь возникает между атомами водорода в группах -ОН или -NН и атомами кислорода в группе -СО: -ОН---------ОС-.

Различают следующие виды вторичной структуры:

1). Альфа-спираль (α-спираль). В этом случае NН-группа одного аминокислотного остатка взаимодействует с СО-группой четвёртого от него остатка. В результате белковая нить, изгибаясь, формирует спираль (рис. А).

2). Складчатый слой или β-структура. Пептидные цепи или их части располагаются параллельно друг другу, образуя фигуру листа, сложенного гармошкой. Цепи связаны многочисленными водородными связями (рис. Б):

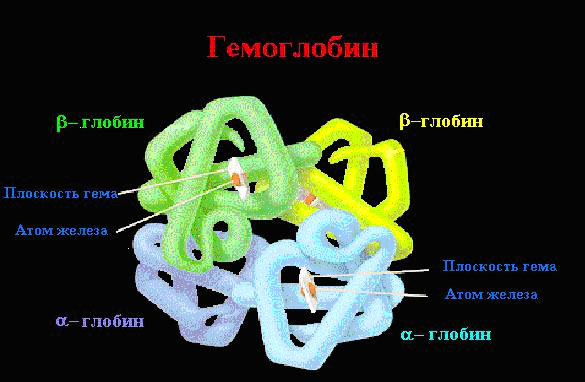
**Третичная структура белка**

У большинства протеинов полипептидные цепи могут укладываться еще в более сложную структуру - третичную. Основную роль в ее образовании играют все типы связей: водородные, ионные, гидрофобные, дисульфидные:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Дисульфидная связь** | **Ионная связь** | **Гидрофобная связь** |
| Образуется между двумя атомами серы, которые есть в радикалах аминокислоты цистеина | Друг с другом взаимодействуют ионизированные участки аминокислот | Связь очень слабая, образуется между неполярными (незаряженными) радикалами |
| -S---------S- | -СОО-----------Н3N+ | -R---------R- |

Получается компактная структура - глобула, по форме напоминающая шар или сферу, реже образуются сложные нитевидные или фибриллярные структуры (рис.). К настоящему времени изучена пространственная структура сотен белков. Для этого используется метод ренгеноструктурного анализа. Его суть такова: пучок рентгеновских лучей пропускают через кристалл изучаемого белка. Часть лучей свободно проходит через него, а некоторые отражаются от кристаллических плоскостей с одинаковыми атомами (Эти плоскости действуют подобно зеркалам). Если за кристаллом поместить фотопластинку, на ней появятся пятна разного положения и интенсивности. Анализ расположения пятен помогает определить расположение атомов в молекуле.

**Четвертичная структура белка**

Она **есть у белков, состоящих из нескольких полипептидных цепей.** В свою очередь, каждая цепь уже имеет форму глобулы, то есть третичную структуру. Несколько таких глобул объединяются за счет ионных, водородных и гидрофобных связей. Когда соединяются две глобулы, получается димер, четыре - тетрамер.

Например, белок гемоглобин состоит из четырех полипептидных цепей, двух α (длинных) и двух β (коротких) (рис.). При определенных условиях кислотности, температуры, ионного состава происходит самосборка цепей в единую молекулу гемоглобина.

Общая схема последовательного перехода белковых структур показана на рисунке:



**7. Свойства и классификация белков**

**Масса, размеры и форма белковых молекул**

Каждый белок имеет определённую молекулярную массу, как правило, она велика и может достигать миллионов у. е., поэтому белки относят к макромолекулам.

**Растворимость белков**

Растворимость протеинов зависит от количества гидрофильных групп, размеров и формы молекул. Хорошо растворимы глобулярные белки, но истинных растворов они не образуют, так как крупные молекулы постепенно оседают. Подобные растворы называют коллоидными или коллоидами. Фибриллярные белки в воде не растворяются. Молекулы других белков вытянуты в длину, их называют фибриллярными. Таков, например, самый распространённый в животном мире белок коллаген. Его молекула состоит из трёх полипептидных цепей, которые перевиты друг с другом и связаны ковалентными связями.

**Денатурация и ренатурация белков**

**Под денатурацией понимают разрушение белковой структуры, кроме первичной.** При этом в молекуле рвутся водородные и другие виды связей, остаются только пептидные, белок приобретает форму нити и теряет активность. Денатурацию можно провести различными способами:

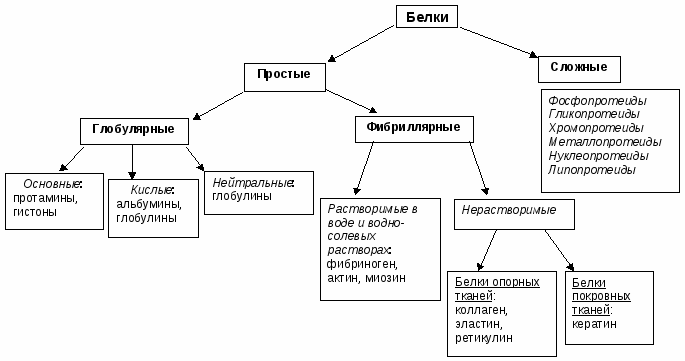
а). нагревание; наиболее простой способ денатурации, известен всем по жарке и варке яиц, когда денатурирует яичный белок альбумин.

б). действие кислот, щелочей, растворов солей, которые вызывают разрыв ионных связей из-за изменения кислотности.

в). действие спиртов, фенолов и других органических веществ; на этом основано их применение в качестве дезинфицирующих соединений.

В ряде случаев, когда действие денатурирующего агента снимается, наступает **ренатурация: восстановление рабочей структуры.** После этого белок вновь может выполнять свои функции (рис.).

**Классификация белков**

Существуют различные способы классификации белков. Все протеины делятся на простые и сложные. **Простые состоят только из аминокислот.** К ним, в частности, принадлежат альбумины (яичный альбумин, сывороточный альбумин крови).

**Сложные белки состоят из аминокислот и небелковых компонентов.** Различают следующие группы сложных белков:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Сложные белки** | **Небелковые компоненты** | **Примеры** |
| Металлопротеины | ионы металлов | гемоглобин |
| Фосфопротеины | фосфорная кислота | молочный казеин |
| Нуклеопротеины | нуклеиновая кислота | хромосомы |
| Липопротеины | липиды | компоненты мембран |
| Гликопротеины | углеводы | муцин слюны |

Другая классификация основана на тех **функциях**, которые белки выполняют в клетке:

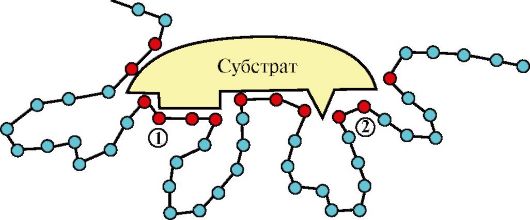
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Группа белков** | **Примеры** | **Выполняемые функции** |
| Транспортные | гемоглобин | перенос кислорода в крови позвоночных |
| Защитные | фибриноген    иммуноглобулины | преобразуясь в фибрин, способствует свёртыванию крови  обеспечивают иммунитет |
| Гормоны  (сигнальные) | инсулин, глюкагон | регуляция углеводного обмена |
| Сократительные | актин, миозин | обеспечивают сокращение мышечных волокон |
| Ферменты | трипсин  гистидаза | расщепляет белки в пищеварительном канале  отщепляет от гистидина аминогруппу |
| Структурные | коллаген | компонент соединительной ткани |
| Запасающие | казеин | входит в состав молока |
| Токсины | дифтерийный | защита от других видов микроорганизмов |
| Рецепторные | родопсин | воспринимает действие света в фоторецепторных клетках глаза |

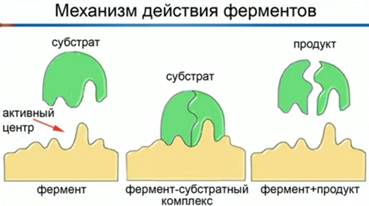
**8. Белки - ферменты**

Слово «фермент» в переводе с латинского означает «закваска»; есть второе название для этой группы белков - энзимы. Человек использует ферменты с глубокой древности при выпечке хлеба, производстве пива и вина, выделке кож. Постепенно были заложены основы энзимологии - учения о ферментах, особом разделе биохимии.

**Механизм действия ферментов**

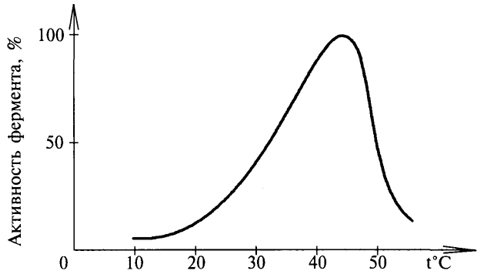
**Чтобы между веществами произошла химическая реакция, они должны обладать некоторой энергией, которую называют энергией активации.**

В противном случае молекулы веществ будут сталкиваться, но реакции не будет. Проще всего сообщить веществам дополнительную энергию через нагревание, что и делают в химическом производстве и быту. В клетках организма нагревание невозможно, поэтому природа выбрала другой путь: ускорение реакций посредством снижения энергии активации, что и делают биокатализаторы или ферменты (рис.)**.** Вещество, с которым взаимодействует фермент, называется субстратом. Как правило, фермент - это глобулярный белок, часто состоит из нескольких единиц. Поверхность такой молекулы сложна по конфигурации, имеет ряд выступов и углублений, образованных изгибами полипептидной цепи. **Фермент обязательно несёт один или несколько активных центров.** **Это углубление на поверхности глобулы с различными функциональными группами** (рис.).

 Именно с активным центром взаимодействует вещество-субстрат, который имеет центр связывания для реакции с энзимом. **И активный центр, и центр связывания субстрата комплиментарны друг другу, то есть их поверхности подходят друг к другу, как ключ к замку.** **Поэтому каждый фермент обладает субстратной специфичностью: он ускоряет течение одной, реже нескольких сходных реакций.**  **При взаимодействии фермента и субстрата образуется фермент-субстратный комплекс, он нестабилен и быстро распадается с образованием продуктов реакции и свободной молекулы энзима** (рис.).

**Влияние внешних условий на скорость**

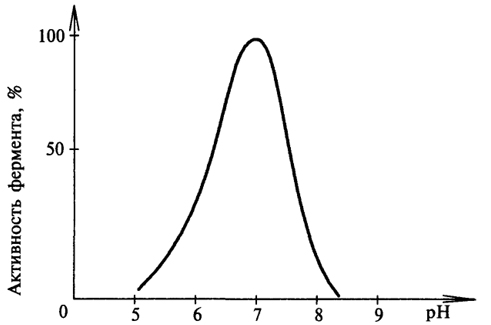
**ферментативных реакций**

Ферменты могут осуществлять свою работу лишь в узком диапазоне подходящих условий. В противном случае происходит нарушение активного центра и денатурация белка.

**Влияние температуры**

Согласно **правилу Вант-Гоффа,** скорость реакции увеличивается вдвое при повышении температуры на каждые 100 С. Однако эта закономерность соблюдается до температуры 50 - 550 С, после чего скорость реакции резко снижается из-за денатурации фермента (рис.).

**Влияние кислотности**

При изменении кислотности среды меняется ионизация различных функциональных групп в активном центре. Это приводит к снижению комплиментарности в системе «субстрат - энзим» и даже изменению конформации всей молекулы. Для каждого фермента есть оптимальное значение рН, снижение или повышение которого приводит к снижению скорости реакции. Большинство ферментов нормально работают при рН 6 - 8, зато трипсин - при рН 2, а щелочная фосфатаза - при рН 11 - 12 (рис.).

**Влияние концентрации субстрата**

Легко понять, что чем выше будет концентрация субстрата, тем чаще его молекулы будут взаимодействовать с молекулами энзима и, значит, будет выше скорость реакции. Однако при некоторой величине концентрации все молекулы фермента будут находиться во взаимодействии с субстратом, и скорость реакции будет постоянной (рис.).

**Влияние концентрации фермента**

Чем выше концентрация, тем быстрее скорость реагирования, то есть наблюдается линейная зависимость. Теоретически скорость реакции ограничивается лишь 100 % концентрацией энзима (рис.).

**Влияние времени**

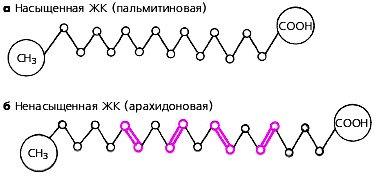
Если количество фермента и субстрата не меняется, то постепенно скорость реакции будет снижаться из-за денатурации и загрязнению фермента, увеличения скорости обратной реакции.

**9. Липиды**

Липиды - такие органические вещества, которые отличаются крайним разнообразием химического строения. Обычно дают такое определение: **липиды - это соединения, плохо растворимые в воде и других полярных растворителях, зато хорошо растворимые в неполярных органических растворителях.** Липиды можно классифицировать следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| **Истинные липиды** | **Липоиды** |
| жирные кислоты (высшие карбоновые кислоты) | фосфолипиды |
| нейтральные жиры (триглицериды) | гликолипиды |
|  | терпены |
|  | воска |

**Жирные кислоты**

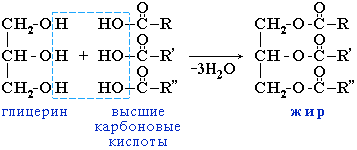
Жирные кислоты содержат одну карбоксильную группу СООН, их общая формула - R-СООН, где R - цепь углеродных атомов, от 14 до 22. В свободном виде в клетке они встречаются редко, чаще в виде промежуточных соединений при обмене липидов.

Различают насыщенные жирные кислоты, которые не несут двойных связей. Из них наиболее распространены: пальмитиновая СН3(СН2)14СООН, стеариновая СН3(СН2)16СООН. Ненасыщенные кислоты имеют одну или несколько двойных связей, например, олеиновая: СН3(СН2)7-СН=СН-(СН2)7-СООН (рис.).

**Основное свойство всех жирных кислот - гидрофобность.** Длинный углеводный «хвост» отталкивает молекулы воды, он гидрофобен, зато карбоксильная «головка» гидрофильна благодаря диссоциации карбоксильной группы и всегда поворачивается к молекулам воды.

**Триглицериды (нейтральные жиры)**

Это основные компоненты резервного жира, который откладывается в жировой ткани животных или плодах и семенах ряда растений. У человека местом накопления жира является подкожная жировая клетчатка, сальник и другие места. Нейтральные жиры являются сложными эфирами, так как образуются из спирта - глицерола и жирных кислот (рис.).

Со спиртом могут взаимодействовать различные жирные кислоты.

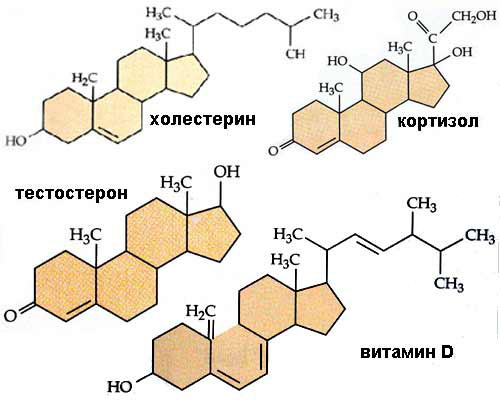
1. Жиры включают насыщенные кислоты. Они плавятся при высокой температуре и при обычных условиях твёрдые, например, температура плавления бараньего жира 44 - 450 С, говяжьего - 42 - 430 С.

2. Масла есть у растений, в их состав входят преимущественно ненасыщенные кислоты. Их температура плавления ниже, поэтому в обычных условиях растительные жиры находятся в жидком состоянии. Разнообразие растительных масел велико: подсолнечное, оливковое, горчичное и другие.

**Фосфо- и гликолипиды**

Фосфолипиды имеют в своём составе вместо одной из жирных кислот остаток фосфорной кислоты (рис.). Они являются компонентами всех клеточных мембран, поэтому играют огромную роль в жизнедеятельности клетки и организма в целом. В молекулах гликолипидов одна из жирных кислот замещается на углевод (глюкозу, галактозу и др.). Они также входят в состав мембран.

**Другие липиды**

Не менее разнообразны строение и функции стероидов, «ядро» которых имеет 4 углеводных кольца (рис.). Известен холестерин, он является предшественником желчных кислот, половых гормонов, витаминов группы В. Этого соединения много в мембранах клеток головного мозга.

Воска используются животными и растениями, как водоотталкивающие вещества. Например, они покрывают наружный скелет насекомых, паукообразных, листья растений засушливых мест.

Таким образом, липиды выполняют в организме следующие функции:

**1. Структурная.**Фосфолипиды и гликолипиды образуют билипидный слой биологической мембраны.

**2. Энергетическая.** При окисления жиров происходит высвобождение большого количества энергии, она и идёт на образование АТФ. Большая часть энергетических запасов организма хранится в форме липидов.

**3. Теплоизоляционная и защитная.** Откладываются в подкожной клетчатке и вокруг таких органов, как кишечник и почки. Слой жира защищает организм животного от механических повреждений. Подкожный жир обладает низкой теплопроводимостью, он сохраняет тепло, это позволяет животным жить в условиях холодного климата.

**4. Водоотталкивающая**. Кожу, шерсть и перья покрывает восковой налёт, который оставляет их эластичными и защищает от влаги. Такой слой воска есть и на листьях и плодах различных растений.

**5. Регуляторная.**Половые гормоны, тестостерон, прогестерон регулируют процессы обмена веществ. Витамин D и производные холестерола играют важную роль в обмене кальция и фосфора. Желчные кислоты участвуют в пищеварении (эмульгирование жиров), а так же и всасывания высших карбоновых кислот.

**10. Углеводы**

**Общие данные**

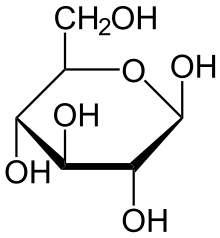
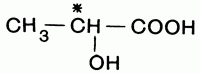
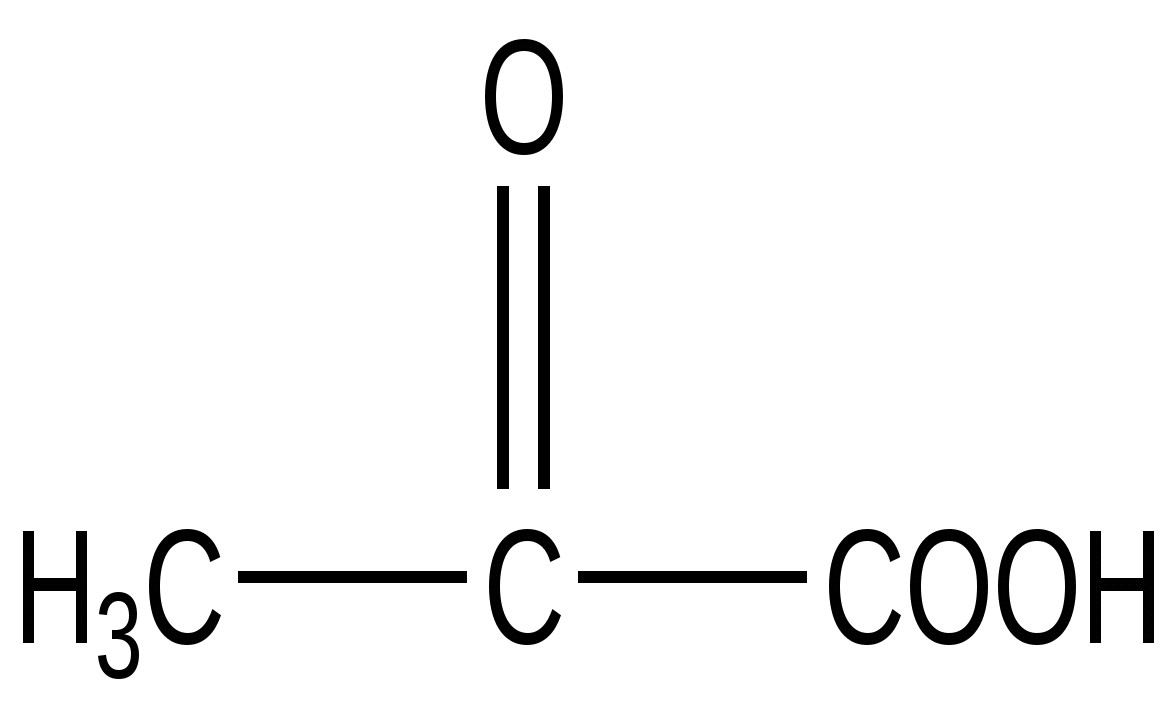
**Углеводы - это органические вещества, в состав которых входят углерод, кислород и водород. Общая формула углеводов - Сх (Н2О)у, где х и у могут принимать разное значение.** Углеводы широко распространены в органическом мире, особенно среди растений, где они составляют до 80 % клеточной массы. В животной клетке углеводов меньше, до 5 - 7 %. Углеводы делятся на три группы:

а). Моносахариды;

б). Олигосахариды;

в). Полисахариды.

**Моносахариды**

**Моносахариды - это простые углеводы, которые состоят из одной молекулы, в химических реакциях они не могут быть разложены на более простые углеводы.** По физическим свойствам это твёрдые, кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и сладкие на вкус.

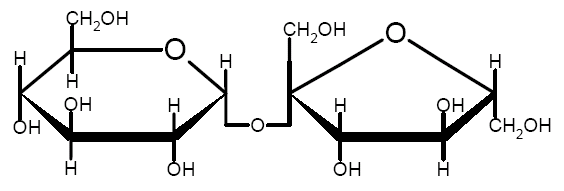
Триозы - наиболее простая по строению группа моносахаров. В клетках большое значение имеют пировиноградная (рис., слева) и молочная кислоты, которые участвуют в обменных процессах. Пентозы играют в органическом мире очень большую роль, особенно рибоза и дезоксирибоза, которые входят в состав нуклеиновых кислот. Из гексоз самыми важными являются три вещества (рис.):

а). Глюкоза (рис.) есть почти во всех организмах. В свободном виде есть и у животных, и у растений, так как выполняет роль основного источника энергии. Нервная ткань в качестве энергетического вещества использует только глюкозу.

б). Фруктоза в большом количестве содержится в плодах, мёде, она также выполняет роль источника энергии, но труднее усваивается и в клетках превращается в глюкозу.

в). Галактоза в свободном виде практически не встречается. Она входит в состав лактозы и некоторых полисахаридов. В печени галактоза превращается в гликоген.

**Олигосахариды**

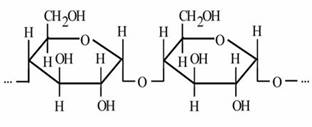
**Олигосахара характеризуются тем, что при гидролизе распадаются на два и более моносахарида.** Наиболее значимы дисахариды, состоящие из двух остатков моносахаров.

а). Сахароза (тростниковый или свекловичный сахар) (рис.) очень распространена в различных органах растений: семенах, ягодах, клубнях, корнях. Играет важную роль в питании человека.

б). Лактоза (молочный сахар) является важным источником питания для детёнышей зверей, так как входит в состав молока.

в). Мальтоза - это структурный элемент крахмала и гликогена.

**Полисахариды**

**Полисахариды - это макромолекулярные регулярные полимеры, состоящие из большого количества мономеров: моно- или олигосахаридов.** К важнейшим полисахарам относятся:

1). Крахмал (рис.) - главное запасное вещество растений. Он откладывается в клетках в виде небольших зёрнышек и расходуется при прорастании семян, клубней, корневищ, при распускании листьев, плодоношении и других процессах, которые требуют большого расхода энергии. Общая формула крахмала: (С6О10О5)n. Коллоидный раствор крахмала в быту называют клейстером.

2). Клетчатка (целлюлоза) - основной структурный полисахарид клеточной стенки растений и грибов. Клетчатка образует длинные линейные волокна приблизительно из 10 тыс. остатков глюкозы каждое. Через группы -ОН эти волокна соединяются друг с другом водородными связями. Так получаются целлюлозные фибриллы, очень прочные и химически устойчивые. Поэтому многие растительные ткани тверды, а клетчатка не расщепляется ферментами желудка и тонкого кишечника.

3). Гликоген - это запасной углевод большинства животных, грибов и человека. В значительных количествах содержится в печени, мышцах, сердце и других органах. Гликоген состоит из примерно 20 - 30 тыс. остатков глюкозы и сильно разветвлён. По мере необходимости молекулы гликогена мобилизуются из запасающих органов и распадаются до глюкозы.

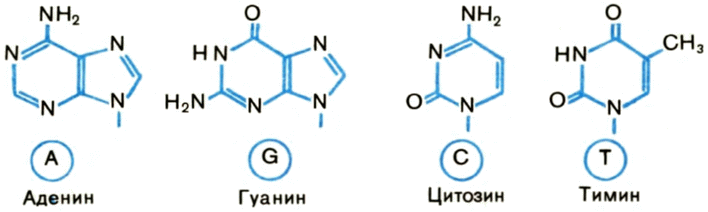
**Функции углеводов**

1. **Защитная роль у растений**. У некоторых растений есть защитные образования (шипы, колючки и др.), состоящие из клеточных стенок мёртвых клеток.
2. **Структурная функция.** Углеводы входят в состав сложных молекул (например, [пентозы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B7%D1%8B) ([рибоза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D0%B7%D0%B0) и дезоксирибоза) участвуют в построении АТФ, ДНК и РНК.
3. **Энергетическая функция**. Углеводы служат источником энергии: при окислении 1 [грамма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC) углеводов выделяются 4,1 ккал энергии и 0,4 г воды.
4. **Запасающая функция.** Углеводы выступают в качестве запасных питательных веществ: [гликоген](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD) у животных, крахмал  — у растений.

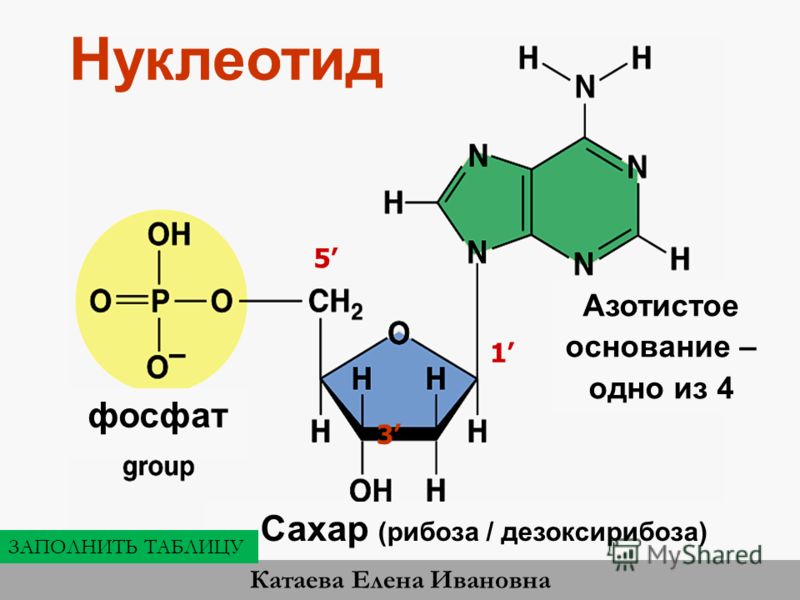
**11. Химический состав и строение ДНК**

В начале 20 в. стало известно о химическом составе этого вещества, которое сейчас называют дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК). Позднее, в 50-х гг. прошлого века была найдена рибонуклеиновая кислота (РНК). Тогда же появились данные об участии ДНК в передаче наследственных признаков.

**Химический состав ДНК**

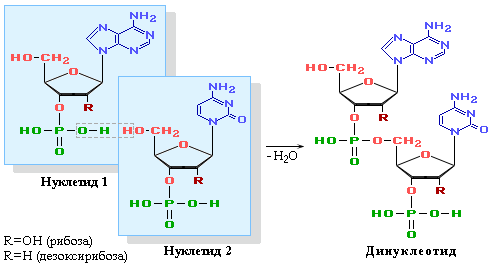
**ДНК представляет собой нерегулярный полимер, мономерами которого являются нуклеотиды.** Сами нуклеотиды построены из трёх компонентов (рис.):

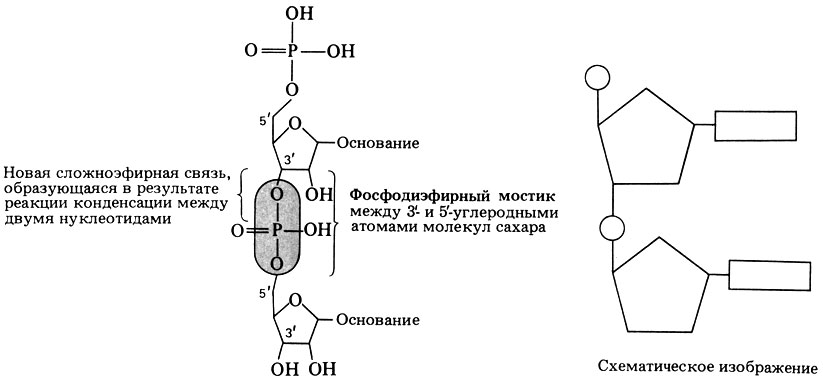
1). Азотистое основание, их четыре: аденин (А) и гуанин (Г), цитозин (Ц) и тимин (Т).

2). Пятиуглеродный сахар дезоксирибоза.

3). Остаток фосфорной кислоты Н3РО4.

Нуклеотиды отличаются друг от друга лишь азотистым основанием, то есть их 4 вида: адениновый, гуаниновый, тиминовый, цитозиновый. **При соединении двух нуклеотидов получается динуклеотид** (не путать с дипептидом!). Реакция идёт через остаток фосфорной кислоты одного нуклеотида и третий атом углерода другого. При соединении сотен и тысяч нуклеотидов получается полинуклеотид (рис.).

ДНК живых организмов состоят из многих тысяч нуклеотидов. **Полинуклеотидную последовательность ДНК называют первичной структурой**, её можно представить в виде длинной цепочки: А-Т-А-Ц-Т-Г-Ц-Т-.... Из 4-х нуклеотидов можно построить бесчисленное количество полинуклеотидных цепей, различающихся по длине и составу, то есть по первичной структуре.



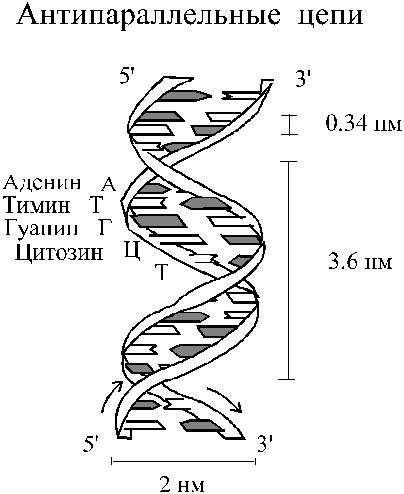
**12. Вторичная структура ДНК**

В конце 40-х - начале 50-х гг. прошлого века было доказано, что именно ДНК является веществом наследственности, что значительно усилило интерес исследователей к изучению её структуры. Этой проблемой занимались многие лаборатории мира, в том числе группа учёных пол руководством Д. Уотсона и Ф. Крика в Кембриджском университете (Англия). В своих исследованиях они использовали правила Чаргаффа, установленные в начале 20 в. американским биохимиком Чаргаффом. Исследуя химический состав ДНК, этот учёный установил следующие закономерность: **Число адениновых оснований (А) равно числу тиминовых (Т), а число гуаниновых оснований (Г) совпадает с количеством цитозиновых (Ц): А=Т, Г=Ц.**

Крик и Уотсон заключили, что вторичная структура ДНК представляет собой спираль из двух полинуклеотидных цепей, это подтверждалось данными ренгеноструктурного анализа. Цепи связаны друг с другом водородными связями так: аденин одной цепи соединяется с тимином другой цепи, так же взаимодействуют друг с другом гуанин и цитозин (отсюда правила Чаргаффа).

Дальнейшие исследования подтвердила догадку учёных. 1953 год считается годом рождения новой биологической дисциплины - молекулярной биологии, в задачу которой входит всестороннее изучение нуклеиновых кислот. За прошедшие десятилетия выяснено очень много новых данных об этих важнейших химических соединениях, вот лишь некоторые из них:

1. Молекула ДНК у большинства организмов построена из двух полинуклеотидных цепей, связанных водородными связями; лишь некоторые вирусы имеют одноцепочечные ДНК в качестве наследственного вещества.

2. **Водородные связи образуются только между аденином и тимином, и гуанином и цитозином, которые лежат в разных полинуклеотидных цепях** (рис.).

3. **Таким образом, цепи ДНК комплиментарны, то есть соответственны друг другу благодаря комплиментарности пар А-Т, Г-Ц.**

4. В паре А-Т возможны две водородные связи, между Г и Ц - три. Образование других сочетаний невозможно из-за разницы в пространственном расположении функциональных групп в азотистых основаниях (рис.).

5. Цепи ДНК антипараллельны: их концевые участки 3/ и 5/ лежат в противоположных направлениях (рис.):

3/ Т-Г-Г-А-Ц-...-Г-А 5/

5/ А-Ц-Ц-Т-Г-...-Ц-Т 3/.

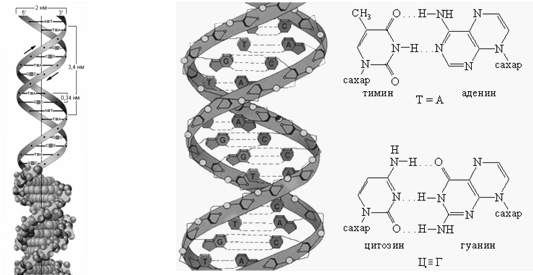
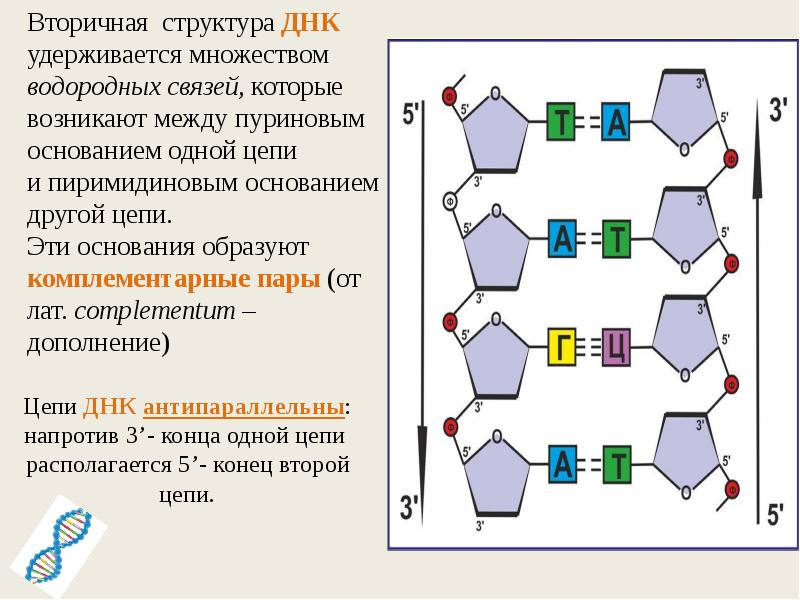
 

Рис.: взаимодействие Рис.: Свойство антипараллельности

комплиментарных оснований

**Роль и нахождение ДНК в клетке**

У эукариотических организмов почти вся ДНК сосредоточена в ядре клетки, поэтому её называют ядерной; именно она участвует в передаче наследственных признаков последующим поколениям. Кроме того, ДНК есть в хлоропластах растений (хлоропластная) и в митохондриях (митохондриальная). У бактерий, которые являются прокариотическими организмами и ядра не имеют, ДНК лежит прямо в цитоплазме, её часто называют бактериальной. Также у бактерий могут быть небольшие кольцевые молекулы ДНК, которые называют плазмидами, они определяют некоторые важные свойства клеток, например, устойчивость к антибиотикам.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ДНК эукариот** | | | **ДНК прокариот** | |
| Ядерная | Хлоропластная | Митохондриальная | Цитоплазматическая | Плазмидная |
| Передача наследственных признаков организма. | Определяет ряд признаков хлоропластов. | Определяет ряд признаков митохондрий. | Передача наследственных признаков бактерий (прокариот). | Определяет некоторые признаки бактериальной клетки. |

**13. Особенности РНК. Некоторые свойства**

**нуклеиновых кислот**

**Рибонуклеиновая кислота (РНК)**

РНК была обнаружена в 50-х гг. прошлого века при изучении процессов белкового синтеза. Можно отметить следующие особенности этой молекулы:

1). Вместо азотистого основания тимина РНК содержит другой пиримидин - урацил (У), поэтому образуется комплиментарная пара А-У.

2). Пятиуглеродный сахар дезоксирибоза заменяется на рибозу.

3). Как правило, молекула РНК одноцепочечная и более короткая, чем ДНК.

4). В клетках количество РНК может колебаться; максимальное количество наблюдается в активно растущих и работающих клетках; количество ДНК в клетке постоянно.

5). Рибонуклеиновая кислота в клетке может находиться как в ядре, так и в цитоплазме.

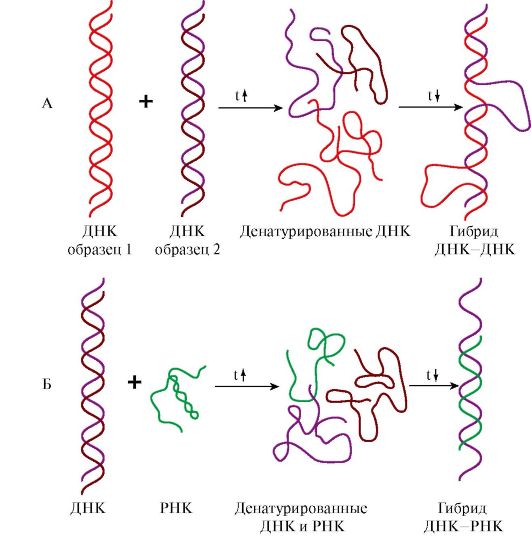
6). В зависимости от выполняемых функций различают три вида РНК:

а). Транспортная РНК (т-РНК) состоит из 80 - 100 нуклеотидов и образует структуру, напоминающую кленовый лист или крест. Содержится в цитоплазме клетки. Служит для переноса аминокислот при синтезе белка.

б). Рибосомная РНК (р-РНК) образована из 2 - 5 тыс. нуклеотидов, входит в состав клеточных структур - рибосом, которые синтезируют белковые молекулы.

в). Информационная или месенжер РНК (и-РНК или м-РНК) есть в ядре и в цитоплазме. Чрезвычайно разнообразна по количественному и качественному составу нуклеотидов. Осуществляет перенос наследственной информации от ДНК к месту синтеза белка.

**Некоторые свойства нуклеиновых кислот**

**Подобно белкам, нуклеиновые кислоты способны к денатурации при нагревании или действии других факторов**. В результате разрушаются водородные связи и двойная спираль ДНК или «кленовый лист» РНК исчезают; образуется беспорядочный клубок полипептидных цепей. При снятии внешнего воздействия возможно восстановление вторичной структуры, то есть ренатурация. Подобные молекулы ДНК называют гибридными. Изучение гибридных ДНК разных организмов показало:

1). ДНК всех органов и тканей одного организма идентичны (цепи полностью комплиментарны).

2). ДНК разных особей одного вида также идентичны, но между ними могут быть небольшие различия из 3 - 7 некомплиментарных оснований.

3). ДНК особей разных видов неидентичны. Степень различия тем выше, чем отдалённее виды друг от друга.

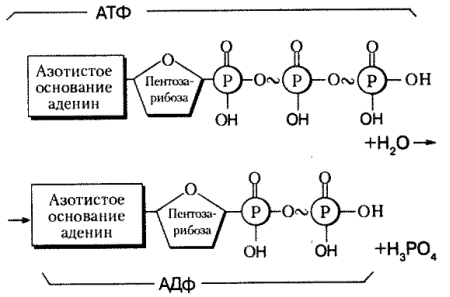
**14. Другие важные органические вещества клетки**

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) является важнейшим нуклеотидом клетки, но не входит в состав нуклеиновых кислот. Подобно любому нуклеотиду, она состоит из трёх компонентов (рис.):

а. Азотистого основания; это всегда аденин;

б. Рибозы;

в. Трёх остатков фосфорной кислоты.

Важно, что **между остатками фосфорной кислоты образуется особая ковалентная связь, которая называется макроэргической (~), так как при её гидролизе выделяется энергия**: АТФ + Н2О ----- АДФ + Н3РО4 + Е. (АДФ - аденозиндифосфорная кислота, имеет два остатка фосфорной кислоты). Выделяемая энергия используется клеткой на все формы жизнедеятельности: обмен веществ, рост, развитие и т. д.

Возможен дальнейший гидролиз АДФ: АДФ + Н2О ----- АМФ + Н3РО4 + Е. Эта реакция менее выгодна, так как даёт меньший выход энергии. Таким образом, АТФ является универсальным источником энергии для всех живых существ, от вирусов до человека

В реакциях обмена веществ в клетке участвуют и другие вещества:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Переносчики водорода** | | **Кофермент А (Ко А)** |
| **НАД (НАДФ)** | **ФАД** |
| НАД (НАДФ) –никотинамидадениндинуклеотид (фосфат) может существовать в двух формах: восстановленной НАД(Ф)\*Н и окисленной: НАД+. Вещество отдаёт электроны другим веществам, и восстановленная форма превращается в окисленную форму и наоборот:  НАД(Ф) ----- НАД+ + Н+ + 2е. | ФАД - флавинадениндинуклеотид также способен к окислению-всстановлению:  ФАД\*Н2 ----- ФАД2+ + 2Н+ + 4е. | Ко А участвует как в реакциях распада питательных веществ, так и в синтезе ряда соединений. |