

## Лекционный материал на тему: «Белки и нуклеиновые кислоты»

**1. Белки** — это азотсодержащие высокомолекулярные органические вещества со сложным составом и строением молекул.

Наряду с углеводами и жирами они являются основной составной частью нашей пищи. С белками связаны все жизненные процессы. Белки входят в состав клеток и тканей всех живых организмов.

### Состав и строение

В состав белков входят углерод, водород, кислород и азот. Большинство белков содержит, кроме того, серу, а иногда еще фосфор, железо и некоторые другие элементы. Относительная молекулярная масса белков очень большая. Так, например, относительная молекулярная масса белка, входящего в состав куриного яйца, равна 36 000, а одного из белков мышц достигает 150 000. У некоторых других белков относительная молекулярная масса составляет 300 000 и более.

В результате гидролиза белков чаще всего получают 20 различных аминокислот. Если в состав молекулы белка входит только по одной молекуле каждой из этих 20 аминокислот, то они, соединяясь друг с другом, могут дать свыше  $2,4 \cdot 10^{18}$  различных комбинаций. Вот почему так разнообразны и сложны по строению молекулы белков.

В 1888 г. русский биохимик А. Я. Данилевский указал на то, что в молекулах белков содержатся повторяющиеся пептидные группы атомов  $—\text{C}—\text{N}—$ .



В начале XX столетия немецкому ученому Э. Фишеру и другим исследователям удалось синтезировать соединения, в молекулы которых входило 18 остатков различных аминокислот, соединенных пептидными связями. Эти полипептиды по некоторым свойствам напоминали белки.

Упрощенно синтез полипептидов можно изобразить так:



Первое исходное вещество — глицин — образуется при гидролизе клея, полученного из субпродуктов животных, второе — аланин — можно получить почти из всех белков.

В молекулах белков аминокислотные остатки повторяются многократно в строгой последовательности. Эта последовательность аминокислотных звеньев в линейной полипептидной цепи называется **первичной структурой белковой молекулы**.

Пространственная конфигурация белковой молекулы, напоминающая спираль, образуется благодаря многочисленным водородным связям между группами  $—CO—$  и  $—NH—$ . Такая структура белка называется **вторичной**.

В пространстве закрученная в спираль полипептидная цепь образует **третичную структуру белка**. Она поддерживается взаимодействием разных функциональных групп полипептидной цепи. Так, например, между атомами серы часто образуется дисульфидный мостик ( $—S—S—$ ), между карбоксильной группой и гидроксильной группой имеется сложноэфирный мостик, а между карбоксильной группой и аминогруппой может возникнуть солевой мостик. Для этой структуры характерны и водородные связи. Третичная структура белка во многом обуславливает специфическую биологическую активность белковой молекулы.

Некоторые белковые макромолекулы могут соединяться друг с другом и образовывать относительно крупные агрегаты. Подобные полимерные образования белков, где мономерами являются макромолекулы белка, называются **четвертичными структурами**. Примером такого белка является гемоглобин, который представляет комплекс из четырех макромолекул. Оказывается, что только при такой структуре гемоглобин способен присоединять и транспортировать кислород в организме.

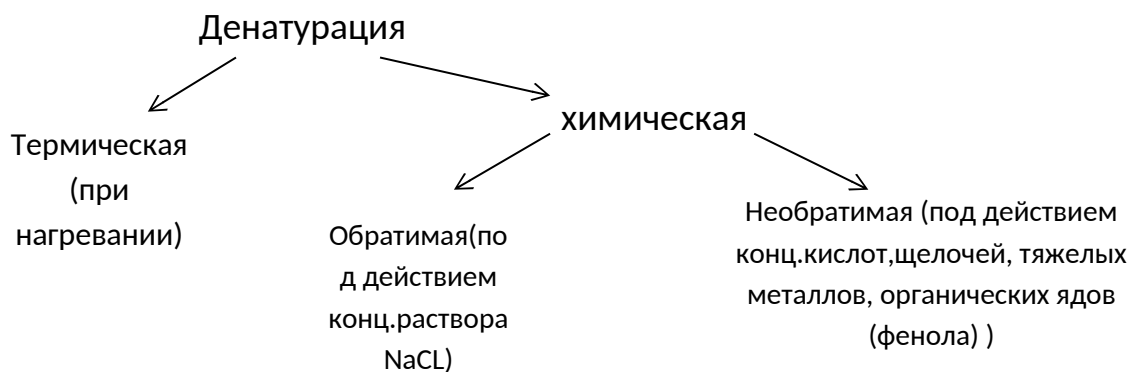
Белок — высшая форма развития органических веществ. В нем объединяются признаки разных классов органических соединений, что в своем сочетании дает совершенно новые качества, выполняющие большую роль в жизненных процессах организма.

### **Физические свойства**

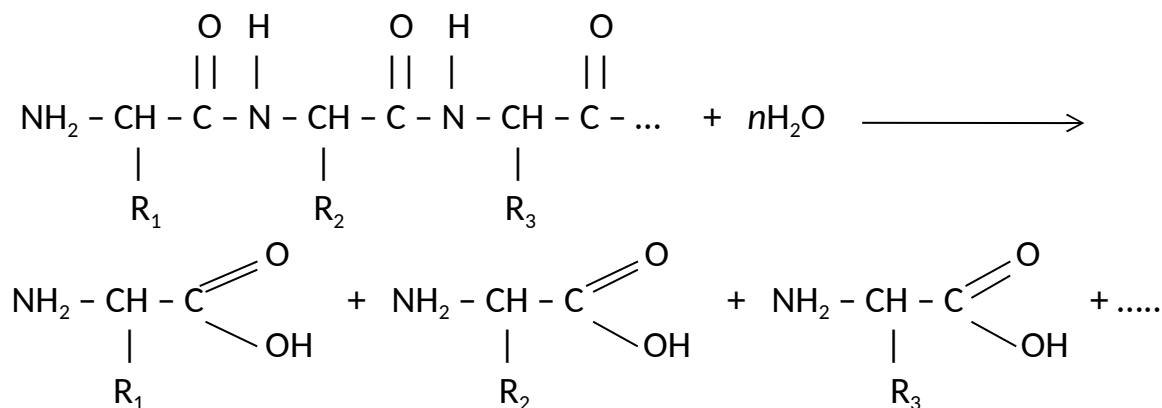
Белки бывают растворимые в воде и нерастворимые. Некоторые из них с водой образуют коллоидные растворы. Белки не имеют температур плавления и кипения, так как большинство из них при нагревании сворачиваются.

## Химические свойства

1. Горят со специфическим запахом жженого пера.
2. Подвергаются термическому разложению.
3. Подвергаются гниению (под действием гнилостных бактерий), при этом образуются  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и другие низкомолекулярные продукты.
4. Денатурация - утрата третичной структуры белка.



**5. Гидролиз - взаимодействие белков с водой, в ходе которого белок утрачивает первичную структуру.**



## 6. Цветные качественные реакции на белки:

а) биуретовая: белок +  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \longrightarrow$  фиолетовая окраска - реакция на пептидные связи.

б) ксантопротеиновая: белок +  $\text{HNO}_3(\text{к}) \longrightarrow$  желтая окраска - реакция на ароматические циклы .

в) белок +  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$  черный осадок - реакция на серу.

## **Биологические функции белков (презентация)**

### **Превращение белков в организме**

В организмах животных и человека под влиянием ферментов (пепсина, трипсина, эрепсина и др.) происходит гидролиз белков. В результате этого образуются аминокислоты, которые всасываются ворсинками кишечника в кровь и используются для образования белков, специфических данному организму. Синтез белков идет с поглощением энергии. Эту энергию доставляют молекулы АТФ. В организме одновременно с синтезом белков непрерывно происходит и полное их разрушение, вначале до аминокислот, а затем до оксида углерода (IV), аммиака, мочевины и воды. При этих процессах выделяется энергия, но в меньшем количестве, чем при распаде углеводов и жиров.

### **Успехи в изучении и синтезе белков**

Уже первое ознакомление с белками дает некоторое представление о чрезвычайно сложном строении их молекул. На современном этапе развития химической науки еще очень трудно выявить структуры молекул белков. Первый белок, у которого в 1954 г. удалось расшифровать первичную структуру, был инсулин (регулирует содержание сахара в крови). Для этого потребовалось почти 10 лет. Молекула инсулина состоит из двух полипептидных цепочек. Одна из них содержит 21, а другая — 30 аминокислотных остатков. В настоящее время осуществлен синтез инсулина. Для получения одной из полипептидных цепочек потребовалось провести 89 реакций, а для получения другой — 138. В живых организмах синтез белков происходит очень быстро (иногда почти мгновенно), поэтому ученые настойчиво изучают его механизм.

Синтез белков в условиях лабораторий и химических заводов — задача очень сложная. Решение ее явится величайшей победой всего человечества, которая откроет невиданные ресурсы получения разнообразных веществ и материалов для использования в медицине, технике и т. д. Осуществится проблема биохимического и синтетического получения пищи.

Широкие исследования в области создания микробиологической промышленности по производству искусственных пищевых продуктов принадлежат известному русскому ученому А. Н. Несмеянову. Его работу продолжают другие ученые. В настоящее время уже разработаны пути получения более 120 разных видов искусственных мясных и рыбных продуктов. Практическое осуществление этого ведется в двух основных направлениях. Одно из них основано на использовании белков растений,

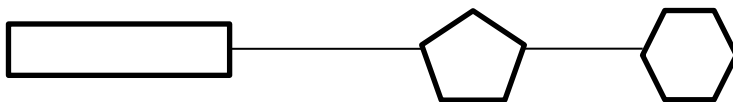
например сои, другое — на использовании белков продуктов, полученных микробиологическим путем из нефти.

**2. Нуклеиновые кислоты** – высокомолекулярные органические соединения, биополимеры (полинуклеотиды), образованные остатками нуклеотидов. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК присутствуют в клетках всех живых организмов и выполняют важнейшие функции по хранению, передаче и реализации наследственной информации.

Нуклеиновые кислоты представляют собой природные полимеры. Их полимерные цепочки состоят из более сложных звеньев, называемых **нуклеотидами**.

**Нуклеотидом** называется молекула, состоящая из остатка моносахарида (рибозы или дезоксирибозы), гетероциклического азотистого основания (пиримидинового или пуринового) и фосфорной кислоты (одной, двух или трех молекул, соединенных между собой и с углеводом).

Схематически это можно представить так:

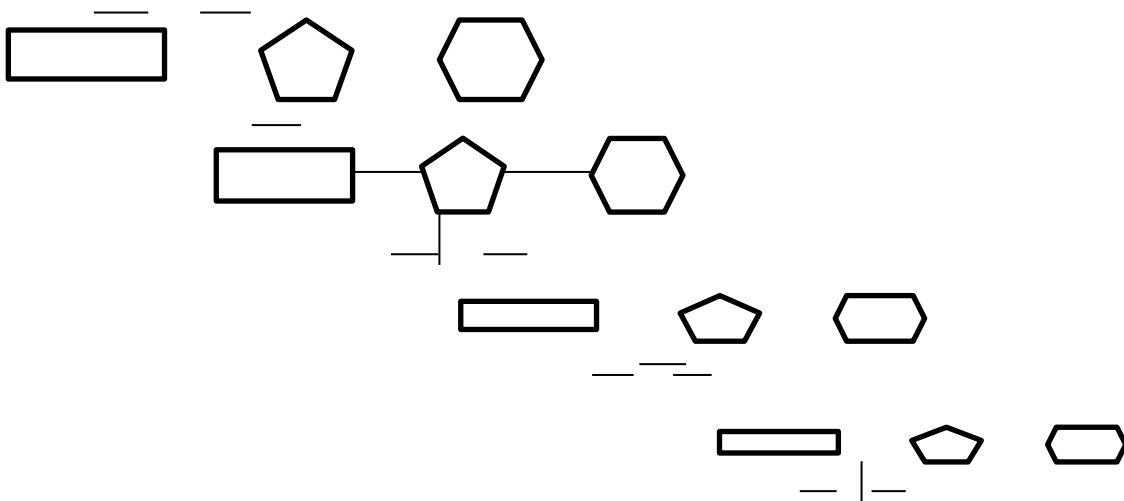
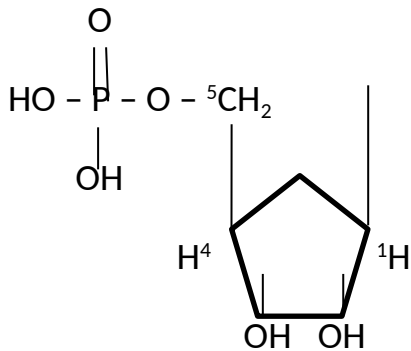


Фосфорная кислота

углевод

азотистое основание

Пример:



Связь в полимерной цепи осуществляется за счет остатка фосфорной кислоты одного нуклеотида и гидроксильной группы при 3 атоме углерода углевода дезоксирибозы другого нуклеотида.

Фосфорно-углеводный скелет в полимерной цепочке ДНК одинаков, специфична только последовательность азотистых оснований.

ДНК содержит в качестве оснований остатки аденина, гуанина, цитозина и тимина. Отдельные ДНК различаются между собой последовательностью соединения нуклеотидов и соотношением различных оснований. Одним из величайших достижений 20в. считается расшифровка вторичной структуры ДНК. Совершили это открытие два выдающихся ученых—Френсис Крик и Джемс Уотсон.

Ключевым моментом в теории Уотсона-Крика стало понимание того, что азотистые основания в одной цепочке ДНК могут попарно образовывать водородные связи с азотистыми основаниями другой цепочки ДНК: тимин-с аденином (Т-А) и цитозин – с гуанином (Ц-Г). В первой паре основания связаны 2 водородными связями, во второй – тремя:

Такая избирательность в образовании водородной связи называется комплементарностью. Молекулы ДНК представляют собой двойную спираль и состоит из 2-х полинуклеотидных цепей, закрученных вокруг общей цепи.

Пуриновые и пиримидиновые основания расположены внутри (цепи) спирали, а остатки фосф. к-ты –снаружи. Таким образом, две спирали в молекуле ДНК комплементарны друг другу, последовательность нуклеотидов в одной из них определяет строение другой.

Двухспиральная структура ДНК обеспечивает возможность самоудвоения (репликации) этой молекулы. Перед удвоением водородные связи разрываются, две цепи раскручиваются и расходятся. После репликации образуются две дочерние молекулы ДНК, в каждой из которых одна спираль взята из родительской ДНК, а другая синтезирована заново. Синтез новых цепей в организме происходит с участием фермента ДНК –полимеразы. Длина полинуклеотидных цепей практически не ограничена. Число пар оснований в двойной спирали может меняться от нескольких тысяч до сотен миллионов.

**В отличие от ДНК молекулы РНК состоят из одной полинуклеотидной цепи.**

В качестве оснований нуклеотиды РНК содержат остатки А,Г,Ц и урацила, реже тимина. Различают три вида РНК: информационная (и РНК),

транспортная (Т РНК) и рибосомная (Р-РНК). Каждый вид играет собственную роль в построении белковой молекулы.

Полимерная цепь РНК представляет собой чередование остатков рибозы и фосфорной кислоты, являются как бы «веревкой» на которой в определенной последовательности подвешены азотистые основания. Они то и кодируют очередность связей аминокислот в белке. Синтез белка в клетках высших организмов состоит из следующих этапов:

- 1) Информация о структуре белка, закодированная в ДНК переносится на и-РНК.
- 2) Информационная РНК переносит кодоны, определяющие последовательность аминокислот в белке, от ядра к рибосомам, где осуществляется его синтез.
- 3) Т-РНК собирают в цитоплазме аминокислоты и также доставляют их в рибосому.
- 4) Аминокислоты, перенесенные тРНК в последовательности, соответствующей информации иРНК на рибосоме, соединяются друг с другом. После присоединения аминокислот друг к другу тРНК покидает рибосому и отправляется в цитоплазму за ново молекулой аминокислоты.
- 5) Рибосома катализирует образование белка в клетках. Это своеобразная фабрика по производству белковых молекул.

Производительность их поразительна: для построения полипептида из 350 аминокислот требуется всего 10 секунд.

#### **Химические свойства нуклеиновых кислот:**

1. Амфотерность. Основные свойства проявляются за счет азотистого основания, кислотные – за счет остатка фосфорной кислоты. Кислотные свойства преобладают. Среда в растворах нуклеиновых кислот кислотная ( $pH < 7$ ).
2. Подвергаются гидролизу.  
Гидролиз идет ступенчато: полинуклеотидная цепь рвется с образованием все более коротких фрагментов, до тех пор, пока не образуются нуклеотиды. Нуклеотиды также подвергаются гидролизу с образованием углевода, азотистого основания и фосфорной кислоты.
3. Нуклеиновые кислоты могут утрачивать вторичную структуру – денатурировать.
4. ДНК способна к самоудвоению – репликации.

## Генная инженерия и биотехнология

Каждая клетка в организме человека содержит полный набор генов. В том числе в ДНК имеется ген, который отвечает, например, за синтез инсулина (учитель просит учащихся вспомнить, что они знают про инсулин). Однако «включается» этот ген только в особых клетках поджелудочной железы, которые продуцируют этот гормон (в так называемых  $\beta$ -клетках островков Лангерганса).

Инсулин — важнейший препарат, используемый для лечения сахарного диабета. Задача искусственного получения этого гормона белковой природы была решена в 80-х гг XX в.

Процесс получения различных веществ и продуктов с применением клеток микроорганизмов или ферментов называется биотехнологией.

В последние годы ученые научились встраивать гены высших организмов, в том числе человека, в клетки бактерий или дрожжей. Эти клетки можно использовать затем для синтеза. Подобным образом удалось заставить «работать» ген инсулина. Человеческий инсулин был впервые получен с помощью бактерий *E. coli* и стал доступен в 1982 г. Позднее для этой цели были использованы клетки дрожжей, которые больше похожи на клетки человека.

Извлечение генов из клеток организмов одного типа и вживление их в клетки организмов другого типа называется генной инженерией или технологией рекомбинантных ДНК.

Такие белки, как инсулин, человеческий гормон роста соматотропин и фактор VIII (или коагулирующий фактор — вызывает свертывание крови, применяют при гемофилии), — это продукты генной инженерии. Важнейшее преимущество этих препаратов состоит в том, что они дешевле и чище, чем вещества, полученные традиционным путем. Например, произведенный методом генной инженерии фактор VIII исключает риск заболевания СПИДом, который существует, когда препарат готовят из донорской крови.

Применение и тем более потенциальные возможности генной инженерии простираются гораздо дальше получения медицинских препаратов.

Иммунная система человека защищает его от вирусных инфекций (гриппа, кори, гепатита), распознавая слой белка в оболочке вируса. Если методом генной инженерии произвести только этот белок (без опасного содержимого — вируса) и сделать инъекцию, то препарат будет работать как вакцина. Вакцина против гепатита В получена и действует именно таким образом.



Модифицированные бактерии и грибы, которые преобразуют потенциально вредные соединения в безвредные, могут широко использоваться предприятиями и организациями по защите окружающей среды.

Для борьбы с сорняками и вредителями методами генной инженерии используют два подхода. Во-первых, гены, определяющие устойчивость растений к действию пестицидов и гербицидов, трансплантируют в штаммы сельскохозяйственных культур. При обработке полей соответствующими препаратами вредители и сорняки уничтожаются без ущерба для культурных растений. Во-вторых, некоторые растения производят свои собственные пестициды. Гены, отвечающие за продуцирование токсичных для вредных насекомых белков, вводят в клетки томатов или зерновых. Это уменьшает потребность в искусственных пестицидах.

С помощью генной инженерии производят селекцию сельскохозяйственных культур. Гены, ускоряющие фотосинтез или увеличивающие устойчивость к засухе, могут быть встроены в клетки растений с целью сделать эти растения пригодными для выращивания в менее солнечных или более засушливых местностях. Дальнейшее развитие этой технологии может расширить область ее применения, распространив ее на гены, отвечающие, например, за связывание атмосферного азота, что позволит уменьшить потребность в минеральных удобрениях.