

# Лекция 2

## Тема: ХИМИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА



- Основными классами органических соединений клеток являются белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Кроме того, в составе живой клетки в небольших количествах встречаются органические кислоты, спирты, альдегиды, кетоны, углеводороды, эфиры, амины и др.

Натуральный каучук



### Органические вещества природного происхождения

Жидкий жир



Куриный белок



Хлорофилл



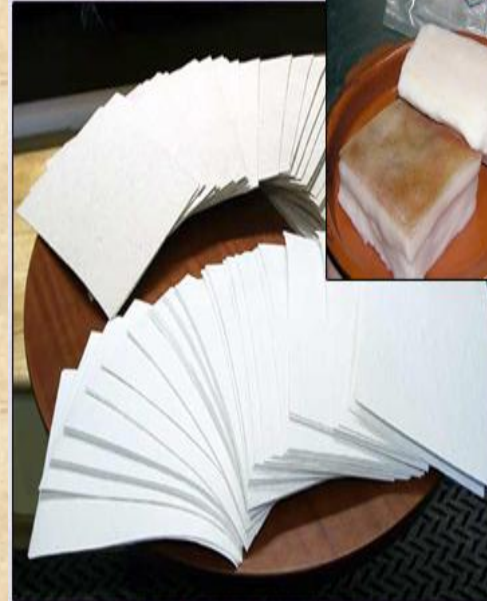
Твердый жир



Нефть



Целлюлоза



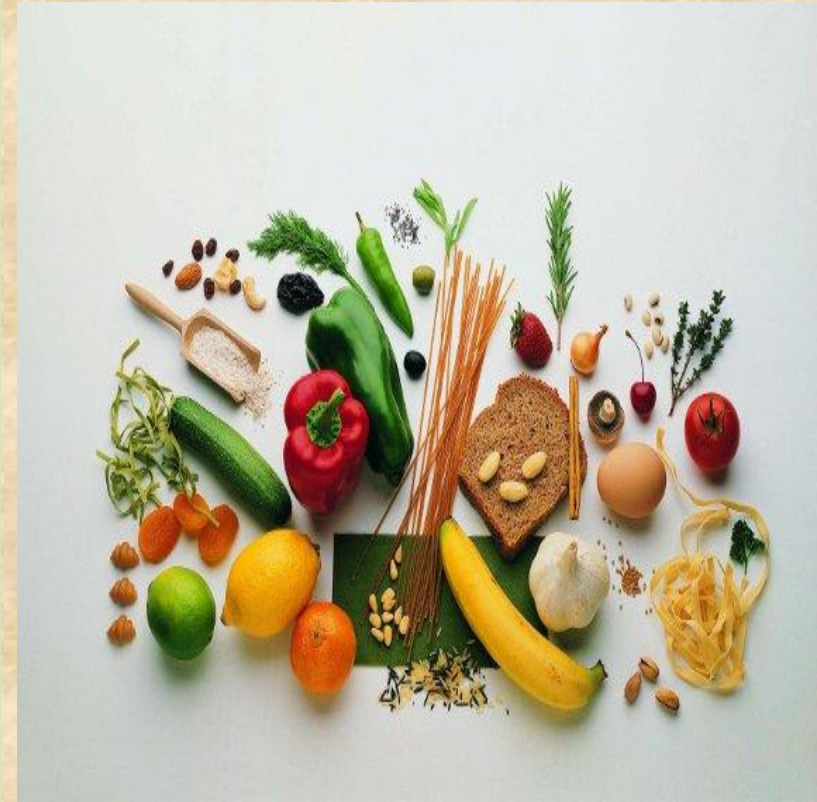
Крахмал



- В зависимости от молекулярной массы и величины молекул органические вещества клетки можно разделить на **низкомолекулярные** (мономеры) и **высокомолекулярные** (полимеры). К полимерам относятся белки, нуклеиновые кислоты, некоторые углеводы: олигосахариды и полисахариды. Если полимер состоит из одного вида мономеров, его называют **гомополимером**, если же из двух и более - **гетерополимером**. Гетерополимеры бывают **регулярные и нерегулярные**. В структуре регулярного полимера порядок чередования мономеров регулярно повторяется. В структуре нерегулярных полимеров нет определённой закономерности чередования мономеров (аминокислоты в белках).
- Различные типы клеток содержат неодинаковое количество различных органических веществ. В растительных клетках преобладают углеводы, у животных белки и липиды, однако, каждый класс органических веществ в любом типе клеток выполняет сходные функции.

# УГЛЕВОДЫ

- -полиоксикарбоксильные соединения и их производные компоненты всех организмов, имеющие общую формулу  $C_m H_{2n} O_n$  или  $C_m (H_2O)_n$ , при  $m \geq 3$ .
- Название класса отражает тот факт, что Н и О присутствуют в тех же соотношениях, что и в молекуле воды. В животной клетке углеводов 2 - 5%, в растительных на много больше, в некоторых до 90% (семена, клубни картофеля).
- Все углеводы содержат альдегидную или кетонную группу, а так же несколько гидроксильных групп, поэтому легко окисляются, т.е. являются мощным восстановителем.



- **Классификация:**

- **УГЛЕВОДЫ**

- **-ПРОСТЫЕ**

- это моносахариды или монозы - мономерные вещества.

- В зависимости от того, какая группа входит в состав моносахарида (альдегидная или кетонная), моносахариды делят на альдозы (самые распространённые) и кетозы (фруктоза и рибулоза).

- В растворах молекулы моносахаридов могут находиться в двух формах: открытая (цепная) и циклическая (кольчатая). Количественно преобладает циклическая форма. В кристаллическом состоянии моносахариды всегда находятся в циклической форме.

- **Моносахариды:** это кристаллические вещества, растворимые в воде, сладкие на вкус. Различают:

- 1. триозы ( $C_3H_6O_3$ ) - являются промежуточными продуктами гликолиза, фотосинтеза.

- 2. тетрозы: ( $C_4H_8O_4$ ) - встречаются в природе редко, в основном у бактерий и растений (например, эритроза - один из промежуточных продуктов фотосинтеза).

- 3. пентозы: ( $C_5H_{10}O_5$ ) - широко представлены в природе. Например, рибоза, дезоксирибоза.

- 4. гексозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) - большая и распространённая группа микроорганизмов, служат источником энергии, освобождаемой при окислении в процессе дыхания, участвуют в синтезе дисахаридов и полисахаридов.

- Глюкоза (виноградный сахар)

- Фруктоза (плодовый сахар)

- Галактоза - входит в состав лактозы, растительных и бактериальных полисахаридов.

- Моносахариды дают все типичные реакции по альдегидной или кетто-группе А так же по спиртовым радикалам, в результате таких реакций могут образовываться производные моносахарид:

- 1. Сахарные спирты (например, спирт глицерин используется при синтезе липидов)

- 2 Сахарные кислоты - продукты углеводного обмена. Например, сахарной кислотой, производной глюкозы является витамин С.

- 3. Дезоксисахара. Например, дезоксирибоза.

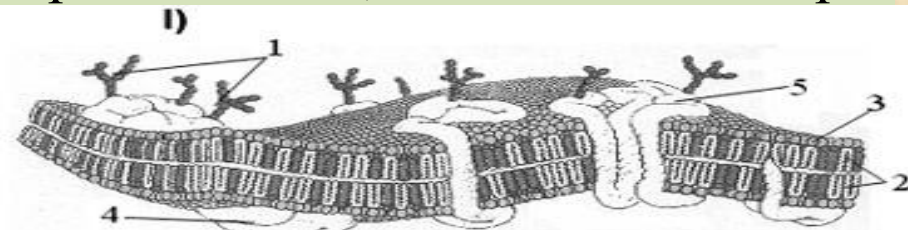
- 4. Аминосахара.

- 5. Гликозиды.

- **-СЛОЖНЫЕ**
- - это углеводы, распадающиеся при гидролизе, с образованием простых углеводов
- это полимерные вещества:
- -олигосахариды (небольшие полимеры). Характеризуются сравнительно небольшой молекулярной массой, сравнительно хорошо растворяются в воде. Их молекулы содержат от 2 до 10 моносакхаридных остатков. В соответствии со степенью полимеризации различают ди-, три-, и т.д. Наиболее важны в природе дисахариды, общая формула  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Это **сахароза (глюкоза + фруктоза)**, **мальтоза (глюкоза + глюкоза)**, **лактоза (молочный сахар) = галактоза + глюкоза**
- -полисахариды (крупные высокомолекулярные полимеры).
- Выделяют гомополисахариды (пентозаны и гексозаны) и гетеросахариды. Глюкозаны - полисахариды на основе глюкозы, самые распространённые полисахариды. Это крахмал, гликоген, целлюлоза, каллоза (аморфный полимер глюкозы, образующийся в растениях в ответ на повреждение или неблагоприятное воздействие), инулин (полимер фруктозы), хитин.
- Сложные полисахариды могут содержать кроме углеводной части другие органические соединения: муреин - состоит из протяжённых полисахаридных цепей с поперечными сшивками из пептидных мостиков; гликопротеины - содержат белковую и углеродную части.

# Функции углеводов

- **1. Пластическая или строительная** (полисахариды, целлюлоза, пектины, хитин, муреин и др).
- **2. Резервная** (крахмал, гликоген, инсулин и др).
- **3. Энергетическая** (1 гр=17,6 кДж)
- **4. Защитная** (слизи и камеди от механических повреждений)
- **5. Транспортная** (гликолипиды являются транспортной функцией липидов)
- **6. Регуляторная** - гепарин - угнетает активность ряда ферментов, расширяет сосуды, снимает уровень сахара в крови, обладает антимиотическим действием.
- **7. Рецепторная** (гликокаликс)
- **8. Осморегуляторная** - осуществляется растворимыми углеводами, в первую очередь глюкозой.
- **9. Синтетическая.** У растений моносахариды - первичные продукты фотосинтеза, служат основой для биосинтеза олигосахаридов, полисахаридов, жирных кислот, аминокислот и др. органических соединений.



# ЛИПИДЫ

- -это вещества, которые содержат углеводные и липидные компоненты. Присутствуют в тканях растений и животных, а так же в некоторых микроорганизмах; выполняют структурные, иммунологические (рецепторные), участвуют в межклеточных контактах.
- Липиды - группа разнообразных в химическом отношении органических веществ, нерастворимых или плохо растворимых в воде, но растворимых в органических растворителях(бензин, ацетон, эфиры). Это общее свойство липидов связано с наличием у них длинных алейфатических углеводородных цепей или бензольных колец. Такие структуры не полярные и гидрофобные.
- Среди липидов выделяют жиры и жироподобные вещества - липоиды.
- Липиды содержатся в любой клетке, обычно их содержание в клетке составляет 5 - 15% от сухой массы, однако, в жировых клетках животных и человека может быть до 90%. Жировая ткань находится под кожей, в сальнике, в грудных железах, покрывает некоторые органы (н-р. почки).
- У масличных растений много жира в семенах и плодах.
- Липоидов много в клетках мозга, яйцеклетках
- В химическом отношении липиды очень разнообразны, но большинство из них являются сложными эфирами многоатомных и специфически построенных спиртов и жирных карбоновых кислот. Известны так же липиды, в составе которых отсутствуют карбоновые кислоты (терпены, стероиды, убихиноны).



## • Классификация липидов

- 1. Простые липиды. Не имеют в своём составе групп нелипидной природы (жиры, воска, стероиды, терпены, убихиноны и диольные липиды).
- 2. Сложные липиды. Помимо липидной части содержат в своём составе группу нелипидной природы (фосфолипиды, гликолипиды, липопротеиды, некоторые диольные липиды).

- Физические свойства жиров зависят от того, какая группа высших карбоновых кислот количественно преобладает в его составе. Если в составе преобладают ненасыщенные жирные кислоты, то при нормальных условиях вещество будет жидким. В случае преобладания насыщенных жирных кислот, вещество - твёрдое.

- Глицериновая часть молекулы жира - гидрофильная, а остатки жирных кислот - гидрофобные. Поэтому при нанесении жира на поверхность воды в сторону воды разворачивается глицериновая часть молекулы, а в сторону воздуха углеводородные цепочки. Расщепляется жир в организме гидролитическим путём с участием ферментов - липаз. У млекопитающих липазы содержатся в основном в соке поджелудочной железы, они действуют только на жиры, предварительно эмульгированы солями желчных кислот. Жиры способны под воздействием щелочей омыляться с образованием солей, называемых мылами. По углеводородным радикалам не насыщенных жирных кислот может происходить их восстановление до полного насыщения, при этом жидкие жиры переходят в твёрдые, таким образом из непищевых жидких жиров получают твёрдые - маргарины.

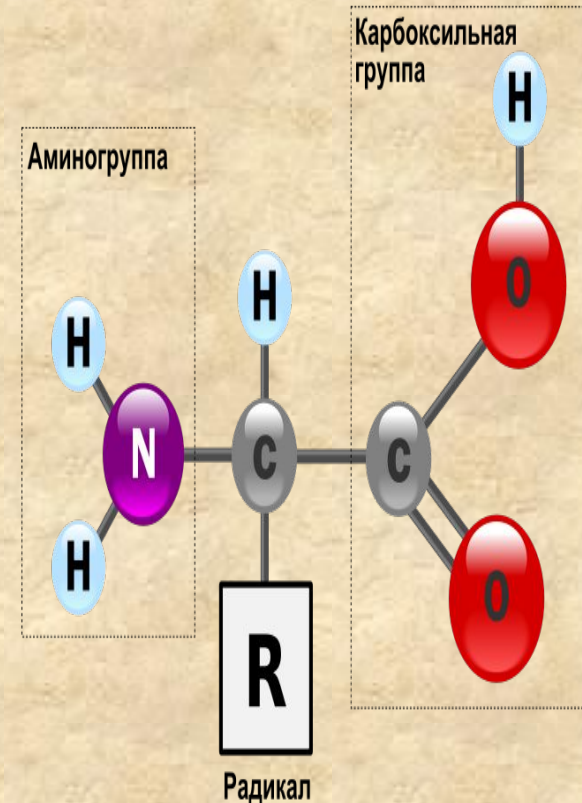
# Функции липидов

- **1. Энергетическая.** При полном окислительном распаде 1-го гр. жира выделяется 38,9 кДж энергии.
- **2. Структурная.** Липиды входят в состав всех клеточных мембран (фосфолипиды, гликолипиды, липопротеины).
- **3. Запасающая.**
- **4. Регуляторная.** Некоторые липиды осуществляют регуляцию гормонов и ферментов; липидами являются многие физиологически-активные вещества: гормоны, ростовые вещества, фотосинтетические пигменты.
- **5. Терморегуляторная.** Липиды обладают плохой теплопроводностью и способны удерживать в организме тепло.
- **6. Защитная.** Околопочечная жировая капсула, жировая подушка вокруг глаз, восковой налёт на частях растений.

- **7. Рецепторная.** Межклеточное взаимодействие. Участие в передаче нервного импульса.
- **8. Источник эндогенной (внутренней) воды.** При окислении 100 гр жира выделяется  $10^7$  мл. воды.
- **9. Синтетическая.** При окислении липидов возникают метоболиты, которые вовлекаются в синтез других соединений.
- **10. Транспортная.** Липопротеины являются транспортной формой липидов, стерины переносят жирные кислоты, убихиноны участвуют в переносе электронов.
- **11. Растворяющая.** В организме липиды растворяют вещества, например витамины А, Д, Е, К.
- **12. Обуславливают проницаемость мембран для неполярных веществ.**

# АМИНОКИСЛОТЫ

- Всего в живой клетке свыше 170 различных аминокислот. В составе белков известно более 30, но обычными компонентами белка являются 20, их называют стандартными и для них существует генетический код. Остальные аминокислоты входят в состав только определённых белков, их называют редкими. Это производные стандартных аминокислот. В коде ДНК для них нет кодов, они образуются путём модификации в соответствующих стандартных аминокислотах в уже образованной полипептидной цепи.



- Аминокислоты, не входящие в состав белков встречаются в клетке в свободном и связанном виде. Они играют определённую роль. Растения синтезируют все необходимые им аминокислоты из аммонийных солей и нитратов и продуктов фотосинтеза.
- Животные тоже могут синтезировать аминокислоты из аммиака и обычных безазотистых продуктов обмена, но не все. Часть аминокислот они получают с пищей. Такие аминокислоты называются незаменимыми. Их известно 8. Синтезируемые животными - заменимыми.

- К стандартным аминокислотам относят
- -18 собственно аминокислот
- -2 амида:
- Аспаргиновой кислоты (амид) - аспаргин
- Глутаминовой кислоты (амид) - глутамин
- Пролин и оксипролин являются иминокислотами, т.к. вместо аминогруппы ( $\text{NH}_2$ ) содержат иминогруппу ( $\text{NH}$ ).
- Стандартные аминокислоты являются  $\alpha$  - аминокислотами, они содержат аминогруппу и карбоксильную группу. Аминогруппа придаёт им основные свойства, а карбоксильная - кислотные. Общая формула аминокислот:

Строение белка. Формы молекулы белка.  
Общая формула аминокислот.



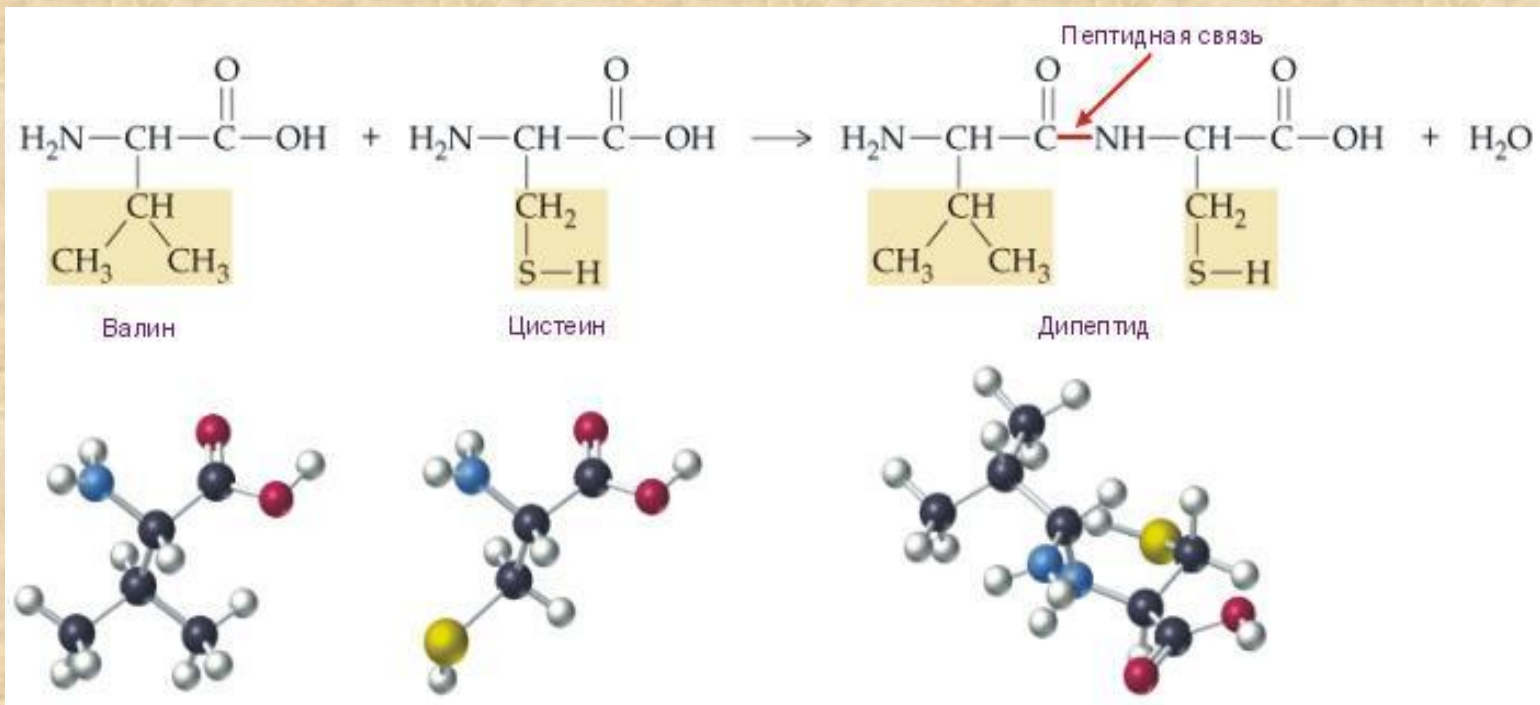


- Аминокислоты делятся на **нейтральные, кислые** (аспаргиновая, глутаминовая ) и **основные** (лизин, аргинин, оксализин).
- Большинство аминокислот являются нейтральными, это амфотерные соединения в широком интервале рН в водных растворах. Существует преимущественно в виде биполярных ионов **цвиттерионов**, как молекулы с дисоциированной карбоксильной группой и аминогруппой.
- При определённом значении рН аминокислота, помещённая в электрическое поле не будет перемещаться ни к аноду, ни к катоду, такое значение рН соответствует электрически нейтральному состоянию и называется **изоэлектрической точкой** данной аминокислоты.

- Аминокислоты - бесцветные кристаллические вещества, обычно растворимые в  $H_2O$  и нерастворимые в органических растворителях. Ведущую роль в образовании и поддержании кристаллической структуры играют водородные связи, возникающие между молекулами аминокислоты закономерно расположенными в кристалле.
- Аминокислоты способны поддерживать постоянную рН среды, т.е. играть роль буфера. Аминокислоты, кроме глицина, находясь в водных растворах отклоняют поляризованный луч света вправо или влево (правовращающие (+) и левовращающие (-)). Оптическая активность обусловлена наличием в молекулах аминокислот асимметричного атома углерода, все 4 валентности которого насыщены различными группами.
- Друг от друга аминокислоты отличаются составом и особенностями радикалов, свойствами, количеством и порядком чередования аминокислот с определёнными радикалами определяет основные свойства молекулы.

# Связи, образованные аминокислотами:

- 1. Пептидная связь образуется при взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой аминокислоты в ходе реакции конденсации (с выделением воды)



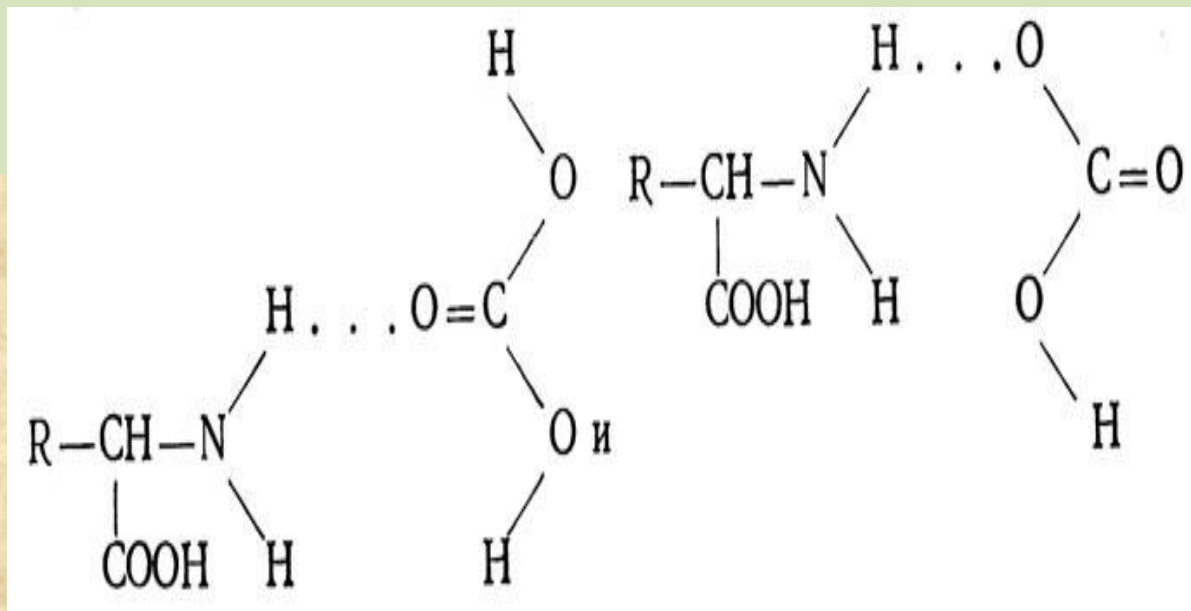
- **2. Ионная связь** - при определённых значениях рН ионизированная карбоксильная группа одной аминокислоты может взаимодействовать с ионизированной аминогруппой другой аминокислоты, с образованием ионной связи.



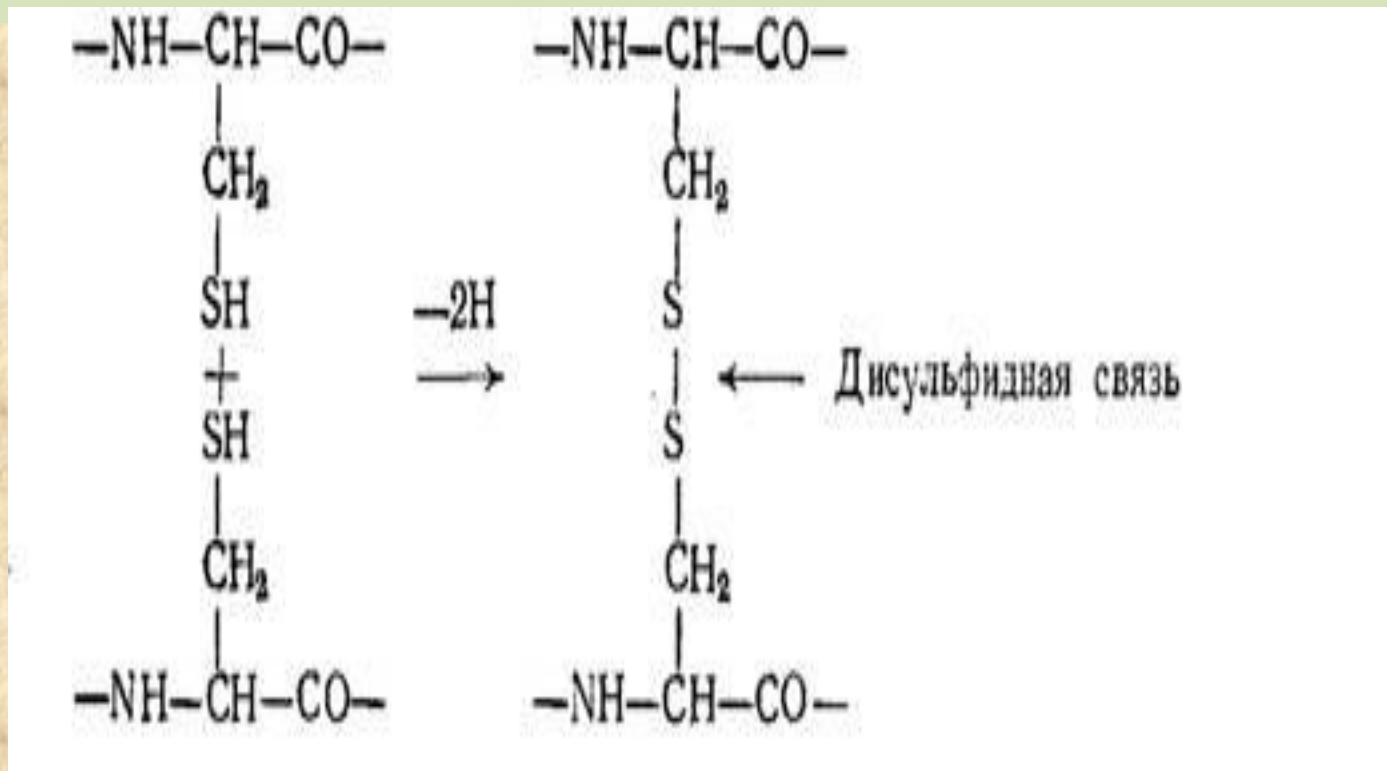
Рис. 5.28. Образование ионной связи.

### • 3. Водородная связь.

Электроположительные атомы водорода в группе ОН и NH стремятся обобщить свои электроны с электроотрицательным атомом кислорода в группе СО - другой аминокислоты, возникают слабые водородные связи



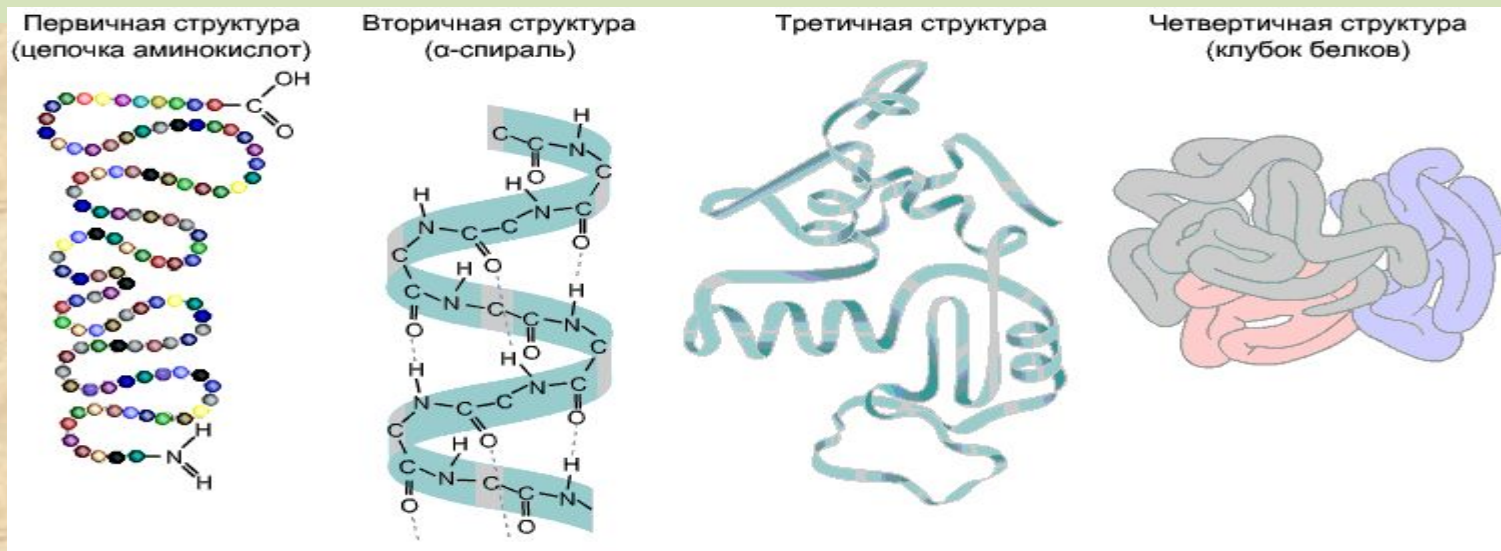
- **4. Дисульфидная связь.** Возникает при встрече двух молекул цистеина; их сульфидные группы окисляются с образованием дисульфидных связей (серные мостики)



# БЕЛКИ

- - нерегулярные гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты.
- Составляют 10-18% от общей массы клеток, 75-80% от сухой массы.
- Молекулы белков очень велики, их молекулярная масса колеблется в пределах от нескольких тысяч до нескольких миллионов дальтон. Важнейшей характеристикой белковой молекулы является её аминокислотный состав, он обуславливает свойства белковой молекулы в зависимости от преобладания в ней тех или иных аминокислот, их расположения и порядка чередования.

- Аминокислотный состав определяется хроматографическим методом.
- Потенциально разнообразие белков безгранично, т.е. каждому белку свойственна своя особая аминокислотная последовательность, генетически контролируемая в ДНК клетки, вырабатываемой белок.
- Структура белковой молекулы:
  - -Первичная (пептидные связи): инсулин
  - -Вторичная:  $\alpha$  - белок шерсти, волос, клюва, перьев - кератин,  $\beta$  - белок шелка и паутины - фибрин (водородные связи); коллаген (белок сухожилий, костной ткани):
  - -Третичная структура (ионные, водородные, дисульфидные связи) - белок миоглобин -  $\alpha$  спираль, свёрнутая в глобулу
  - -Четвертичная структура (гидрофобные, ионные, водородные) - белок гемоглобин.



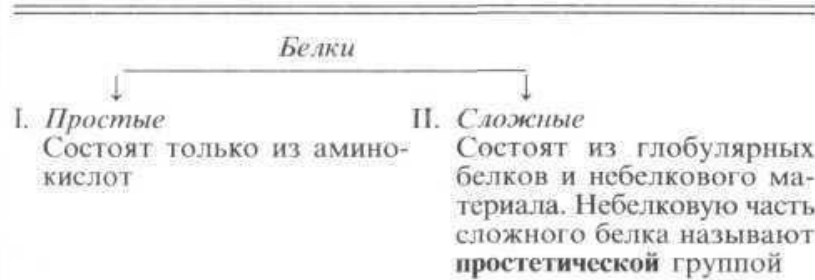


## • **Свойства белков:**

- 1. Большая молекулярная масса
- 2. Большой поверхностный заряд => подвижность в электрическом поле и существование изоэлектрической точки.
- 3. Термолабильность, т.е. проявляют свою активность в узких температурных рамках.
- 4. Оптическая активность, т.е. способность вращать плоскость поляризации света.
- 5. Способность рассеивать световые лучи и поглощать ультрафиолетовые лучи.
- 6. Способность адсорбировать на поверхности молекул низкомолекулярные органические вещества и ионы.
- 7. Для многих белков характерно двойное лучепреломление.
- 8. Способность к денатурации при определённых воздействиях.

# Классификация белков

## 1. По составу молекул



### I. Простые белки



Название	Свойства	Пример
Альбумины	Нейтральные Растворимы в воде Растворимы в разбавленных солевых растворах	Яичный альбумин Сывороточный альбумин крови
Глобулины	Нейтральные Нерастворимы в воде Растворимы в разбавленных солевых растворах	Содержащиеся в крови антитела Фибрин
Гистоны	Основные Растворимы в воде Нерастворимы в разбавленном водном растворе аммиака	Связаны с нуклеиновыми кислотами в нуклеопро-теидах клетки
Склеропро-теины	Нерастворимы в воде и в большей части других растворителей	Кератин волос, кожи, перьев; коллаген сухожилий и межклеточного вещества костной ткани; эластин связок

### II. Сложные белки

Название	Простетическая группа	Пример
Фосфопротеины	Фосфорная кислота	Казеин молока Вителлин яичного желтка
Гликопротеины	Углевод	Плазма крови Муцин (компонент слюны)
Нуклеопро-теины	Нуклеиновая кислота	Компоненты вирусов Хромосомы Рибосомы
Хромопро-теины	Пигмент	Гемоглобин-гем (железосодержащий пигмент) Фитохром (пигмент растительного происхождения) Цитохром (дыхательный пигмент)
Липопротеины	Липид	Компонент мембран Липопротеины крови-транспортная форма липидов
Флавопротеины	ФАД (флавинадениндинуклеотид; см. разд. 11.3.6)	Компонент цепи переноса электронов при дыхании
Металло-протеины	Металл	Нитратредуктаза-фермент, катализирующий в растениях превращение нитрата в нитрит

# Классификация белков

## 2. По структуре

Класс белков	Характеристика	Функция
Фибриллярные 	Наиболее важна вторичная структура (третичная почти или совсем не выражена) Нерастворимы в воде Отличаются большой механической прочностью Длинные параллельные полипептидные цепи, скрепленные друг с другом поперечными сшивками, образуют длинные волокна или слоистые структуры	Выполняют в клетках и в организме структурные функции, например в составе соединительной ткани; к этой группе относятся среди других коллаген (сухожилия, межклеточное вещество костной ткани), миозин (саркомеры мышц), фиброин (шелк, паутина), кератин (волосы, рога, ногти, перья)
Глобулярные 	Наиболее важна третичная структура Полипептидные цепи свернуты в компактные глобулы Растворимы – легко образуют коллоидные суспензии	Выполняют функции ферментов, антител (глобулины сыворотки крови определяют иммунологическую активность) и в некоторых случаях гормонов (например, инсулин) Играют важную роль в протоплазме, удерживая в ней воду и некоторые другие вещества; способствуют поддержанию молекулярной организации
Промежуточные	Фибриллярной природы, но растворимые	Примером может служить фибриноген, превращающийся в нерастворимый фибрин при свертывании крови

# Классификация белков

## 3. По функциям

Класс белков	Примеры	Локализация/функция
Структурные белки	Коллаген	Компонент соединительной ткани, костей, сухожилий, хряща
	Склеротин	Наружный скелет насекомых
	$\alpha$ -Кератин	Кожа, перья, ногти, волосы, рога
	Эластин	Эластическая соединительная ткань (связки)
	Мукопротеины	Синовиальная жидкость, слизистые секреты
	Белки оболочки вирусов	«Обертка» нуклеиновой кислоты вируса
Ферменты	Трипсин	Катализирует гидролиз белков
	Рибулозобисфосфаткарбоксилаза	Катализирует карбоксилирование (присоединение $\text{CO}_2$ ) рибулозобисфосфата при фотосинтезе
	Глутаминсинтетаза	Катализирует образование аминокислоты глутамина из глутаминовой кислоты и аммиака
Гормоны	Инсулин	Регулируют обмен глюкозы
	Глюкагон	
	АКТГ	Стимулирует рост и активность коры надпочечников

Транспортные белки	Гемоглобин	Переносит $\text{O}_2$ в крови позвоночных
	Гемоцианин	Переносит $\text{O}_2$ в крови некоторых беспозвоночных
Защитные белки	Миоглобин	Переносит $\text{O}_2$ в мышцах
	Сывороточный альбумин	Служит для транспорта жирных кислот, липидов и т. п.
	Антитела	Образуют комплексы с инородными белками
Сократительные белки	Фибриноген	Предшественник фибрина при свертывании крови
	Тромбин	Участвует в процессе свертывания крови
Запасные белки	Миозин	Подвижные нити миофибрилл саркомера
	Актин	Неподвижные нити миофибрилл саркомера
Токсины	Яичный альбумин	Белок яйца
	Казеин	Белок молока
	Змеиный яд	Ферменты
	Дифтерийный токсин	Токсин, вырабатываемый дифтерийной палочкой

- **Функции белков:**
- 1. Ферментативная
- 2. Белки-гормоны
- 3. Регуляторная
- 4. Защитная
- 5. Транспортная
- 6. Структурные белки
- 7. Сократительные белки
- 8. Рецепторные белки
- 9. Белки-токсины
- 10. Белки - ингибиторы ферментов
- 11. Белки внутренних оболочек.

