



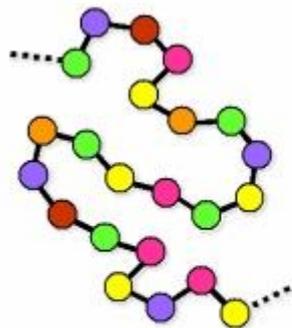
# $\alpha$ -АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

# ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

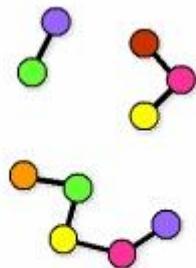
Белки – (от греч. proteios - первый)

В зависимости от молекулярной массы различают пептиды и белки

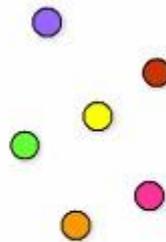
Полимерная цепь состоит из  $\alpha$ -аминокислот



белок



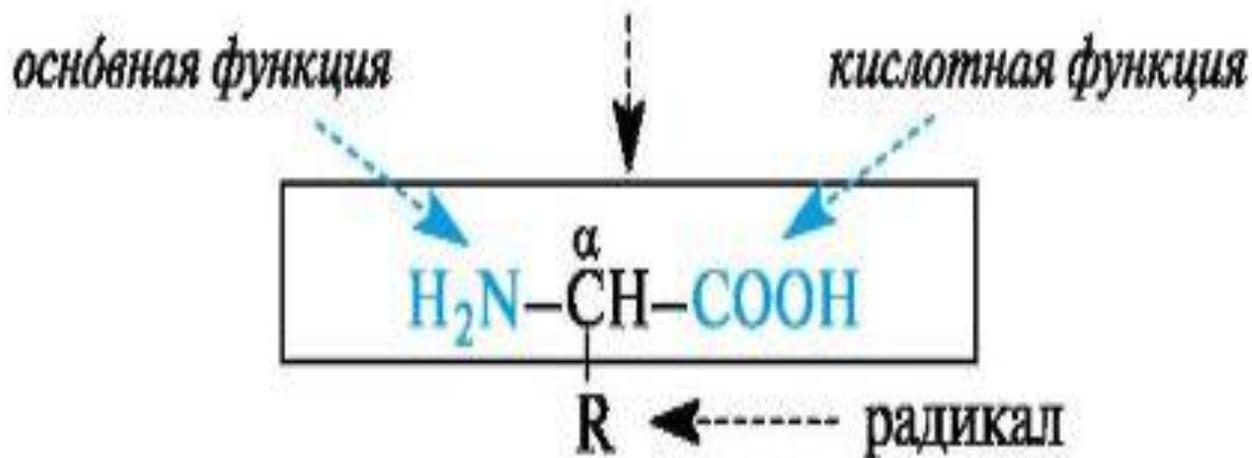
пептиды



аминокислоты

# АМИНОКИСЛОТЫ

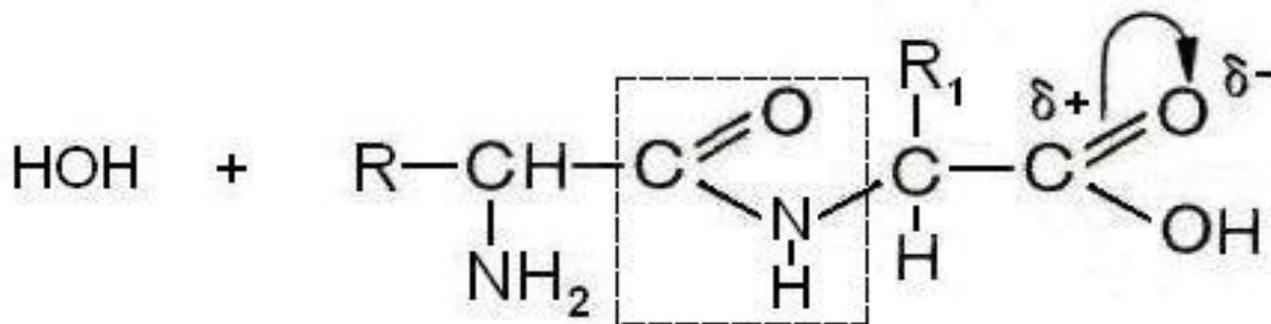
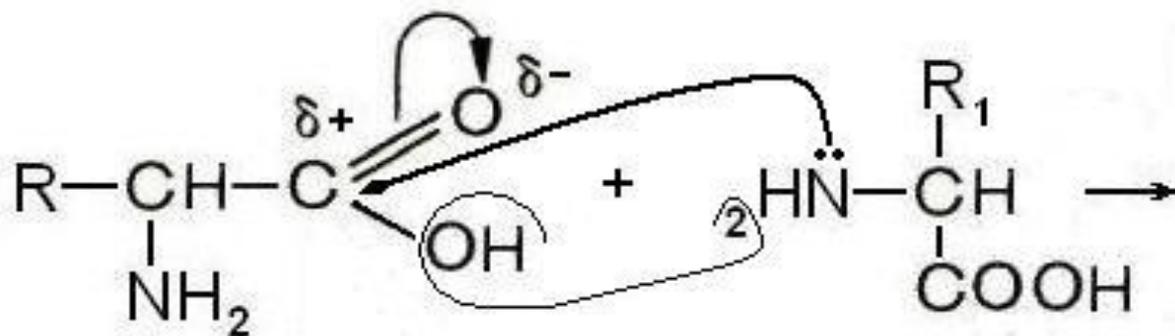
это карбоновые кислоты, у которых один или несколько атомов водорода заменены аминогруппой



# Реакция образования пептидной связи

- Благодаря своей амфотерности аминокислоты могут взаимодействовать друг с другом.
- Для одной аминокислоты это будет реакция по карбоксильной группе, для другой – реакция по аминогруппе.
- В результате такой реакции между ними возникает так называемая **пептидная связь**.

# Реакция образования пептидной связи

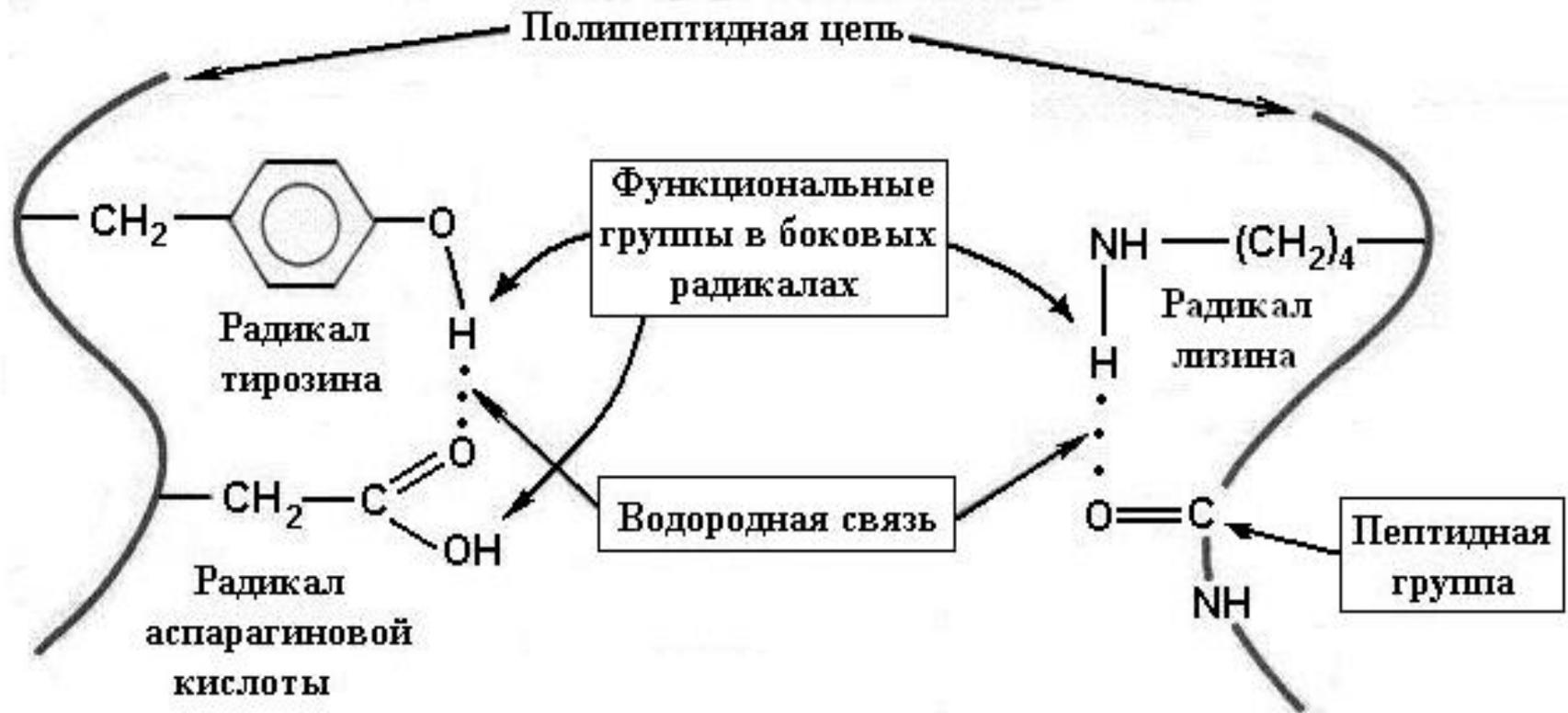


Пептидная связь

# Реакции по функциональным группам радикала АК

При сближении аминокислот между радикалами функциональных групп и пептидными группами могут возникать слабые взаимодействия — **водородные связи**

# Водородные связи

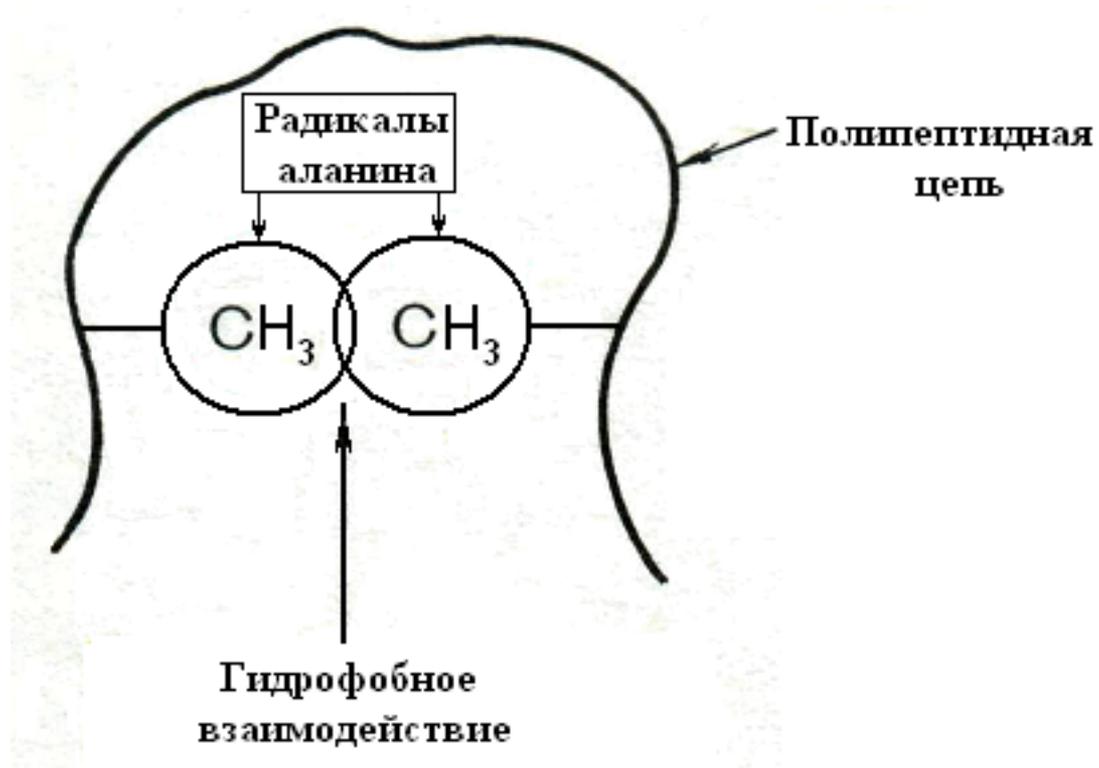


# Реакции по функциональным группам радикала АК

**Гидрофобные взаимодействия** возникают между неполярными гидрофобными радикалами аминокислот ( $\text{CH}_3$  аланина, бензольное кольцо фенилаланина, гетероциклический радикал триптофана).

Движущей силой возникновения таких связей является **водное окружение** полипептидной цепи, которое заставляет эти радикалы «прятаться» от воды внутрь.

# Гидрофобные взаимодействия

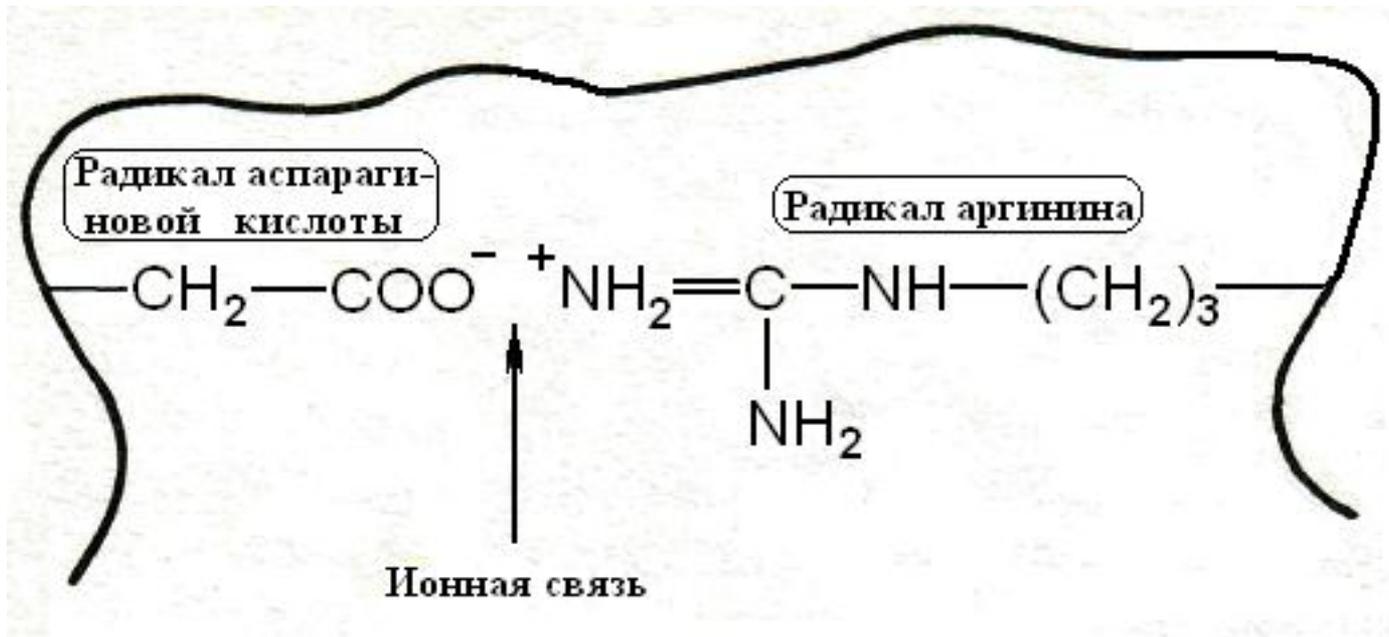


# Реакции по функциональным группам радикала АК

Между радикалами аминокислот, содержащими ионогенные группы, возникает **ионная (электростатическая) связь**.

К радикалам такого вида относятся радикалы аминокислот из двух групп – с радикалами, заряженными положительно, и с радикалами, заряженными отрицательно.

# Ионная (электростатическая) СВЯЗЬ



# Реакции по функциональным группам радикала АК

Между тиольными группами (SH-группы) аминокислоты цистеина может возникать ковалентная **дисульфидная связь** или мостик

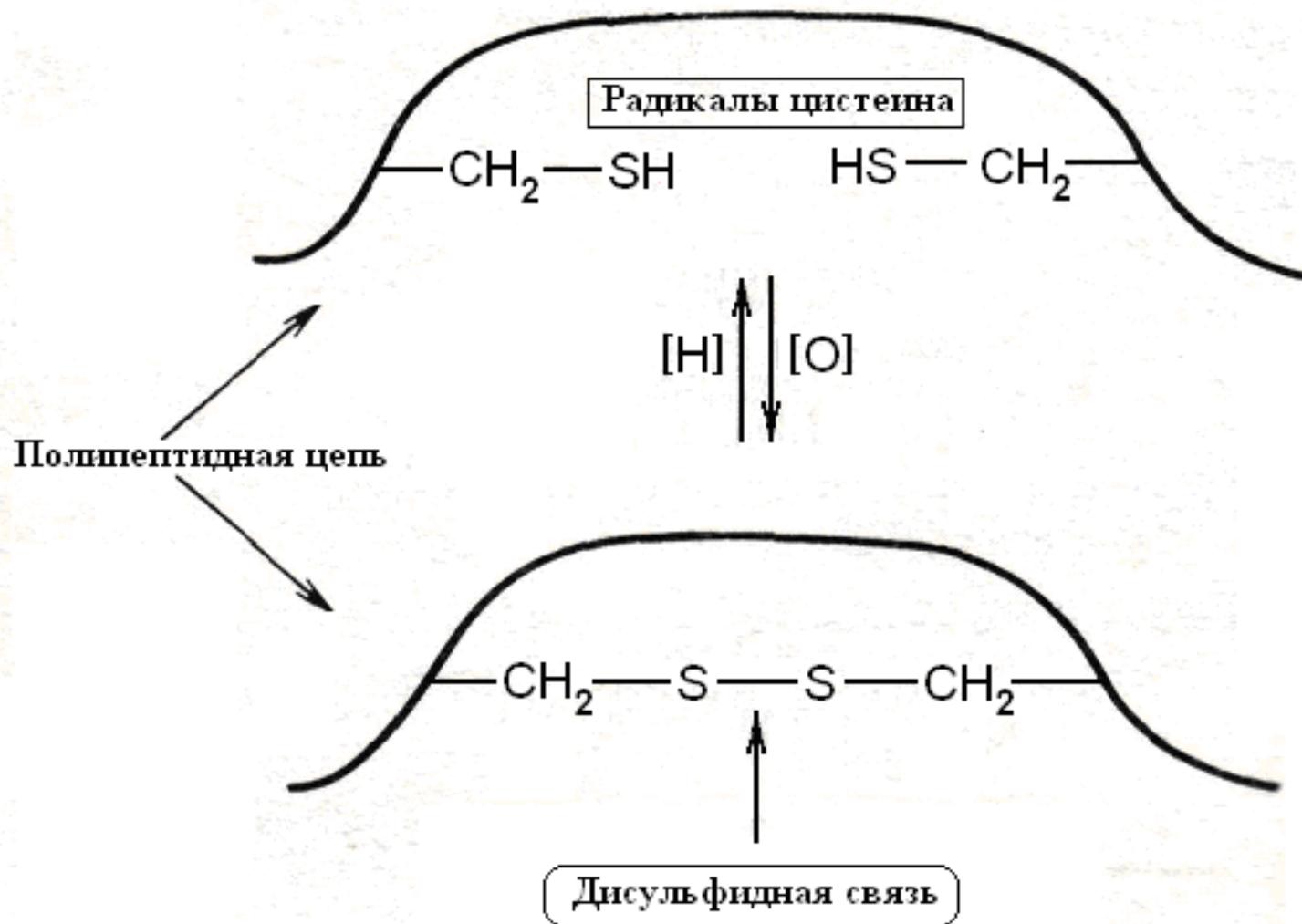
Особенностью этой связи является её способность разрываться под воздействием восстановителей и вновь возникать при окислении.

# Реакции по функциональным группам радикала АК

**Дисульфидная связь** – это единственная ковалентная связь между радикалами аминокислот в полипептидах.

Она может возникать как внутри одной пептидной цепи (**внутрицепочечная**), так и между остатками цистеина в разных пептидных цепях (**межцепочечная**).

# Дисульфидная связь

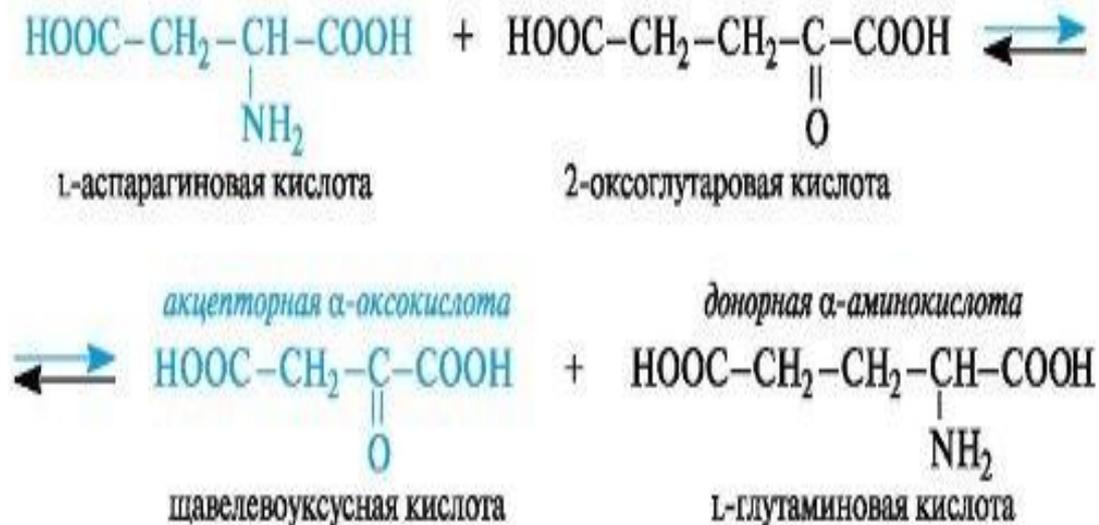


# Биологически важные химические реакции

- трансаминирование,
- декарбоксилирование,
- элиминирование,
- альдольное расщепление,
- окислительное дезаминирование,
- окисление тиольных групп.

# Трансаминирование

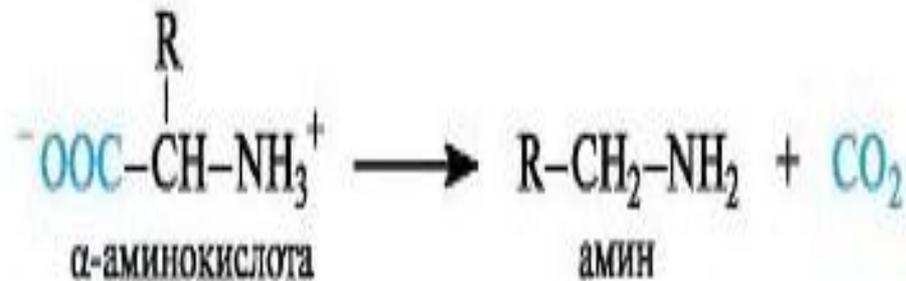
- является основным путем биосинтеза  $\alpha$ -аминокислот из  $\alpha$ -оксокислот
- обратимый процесс обмена амино- и оксо- групп между аминокислотой и оксокислотой



# Декарбоксилирование

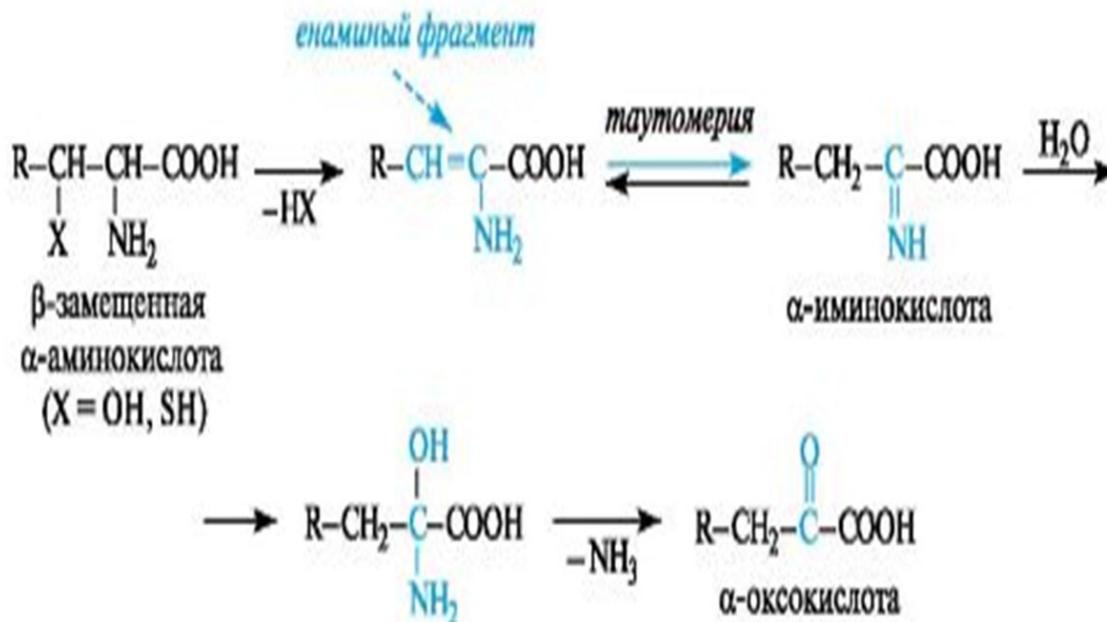
- является основным путем образования биогенных аминов

Декарбоксилирование  $\alpha$ -аминокислот ведет к образованию биогенных аминов,



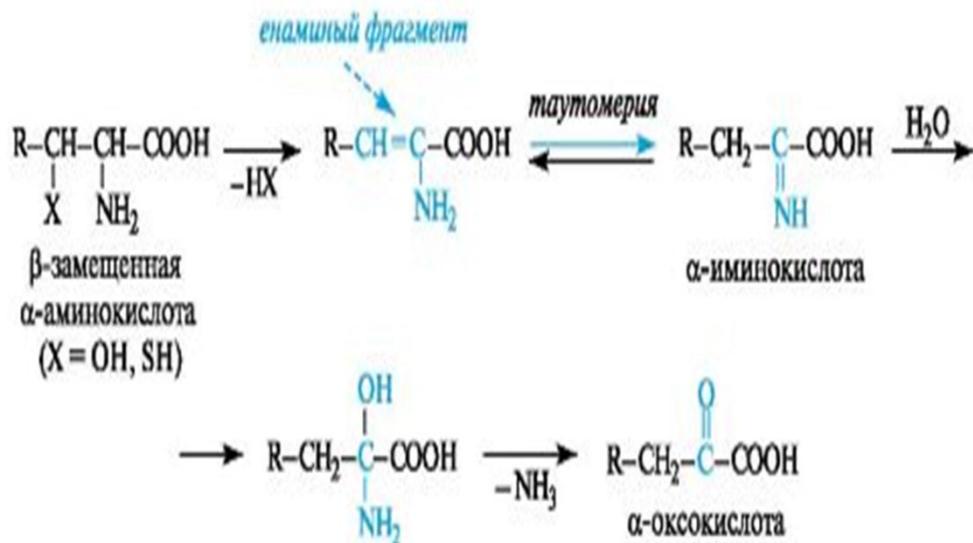
# Элиминирование

- свойственно аминокислотам, у которых в боковом радикале в  $\beta$ -положении к карбоксильной группе содержится электроноакцепторная функциональная группа, например гидроксильная или тиольная.

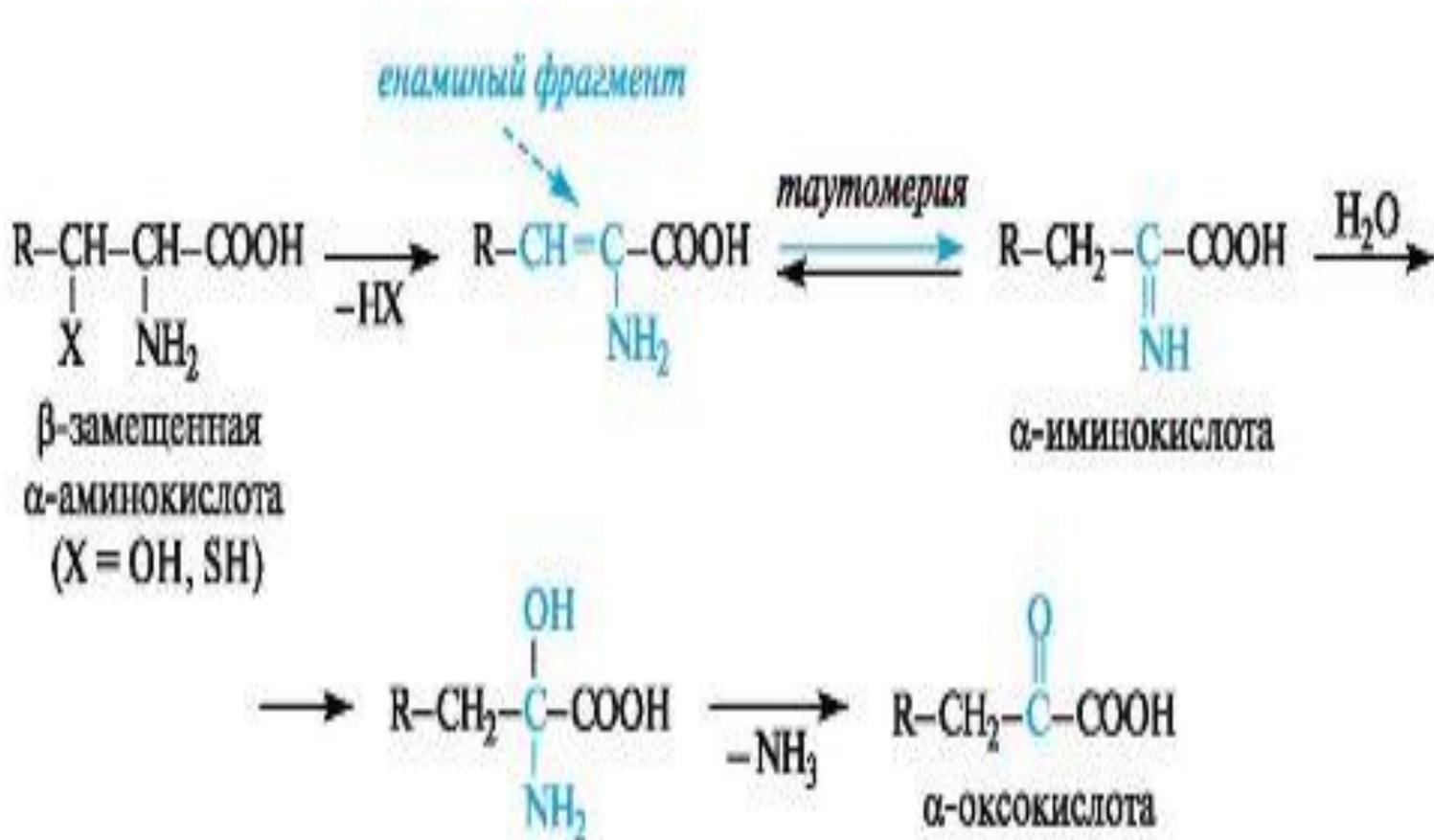


# Элиминирование

- Отщепление гидроксильной или тиольной группы приводит к промежуточным реакционноспособным  $\alpha$ -енаминокислотам, легко переходящим в таутомерные иминокислоты
- $\alpha$ -Иминокислоты в результате гидратации по связи  $C=N$  и последующего отщепления молекулы аммиака превращаются в  $\alpha$ -оксокислоты.

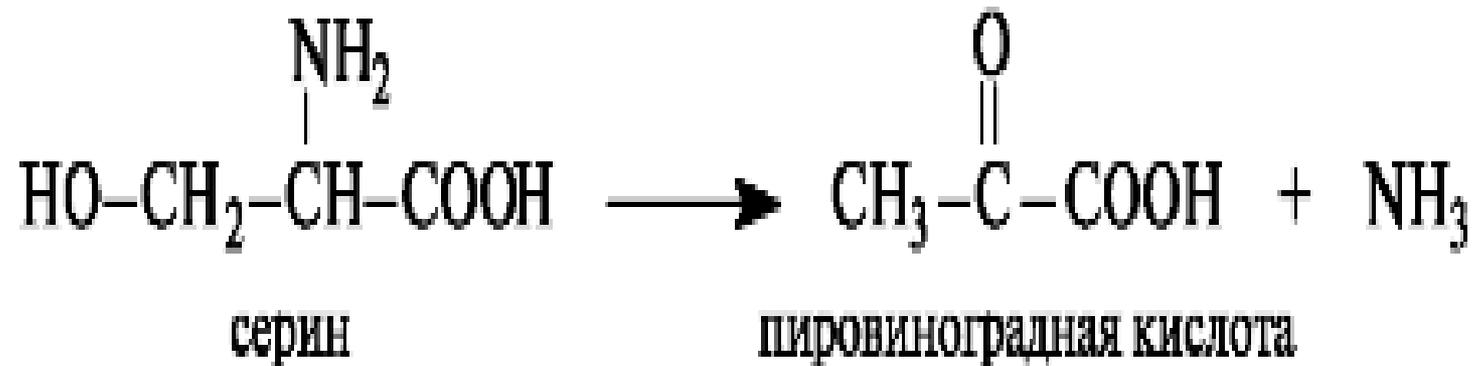


# Элиминирование



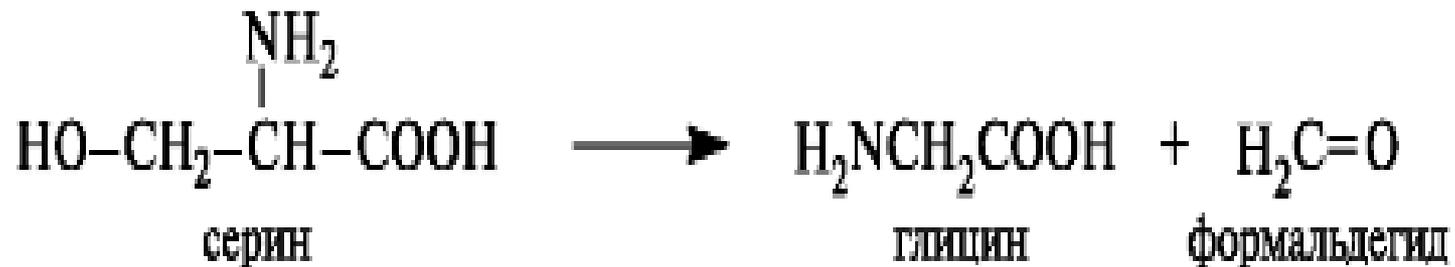
# Элиминирование

- получение пировиноградной кислоты из серина



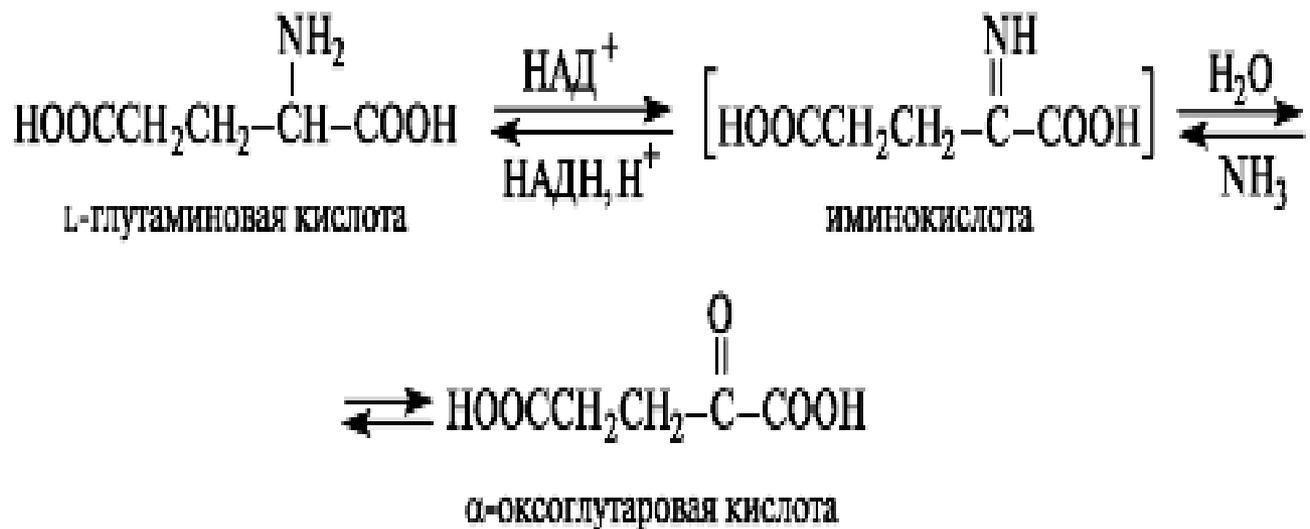
# Адольное расщепление

- происходит в случае  $\alpha$ -аминокислот, у которых в  $\beta$ -положении содержится гидроксильная группа



# Окислительное дезаминирование

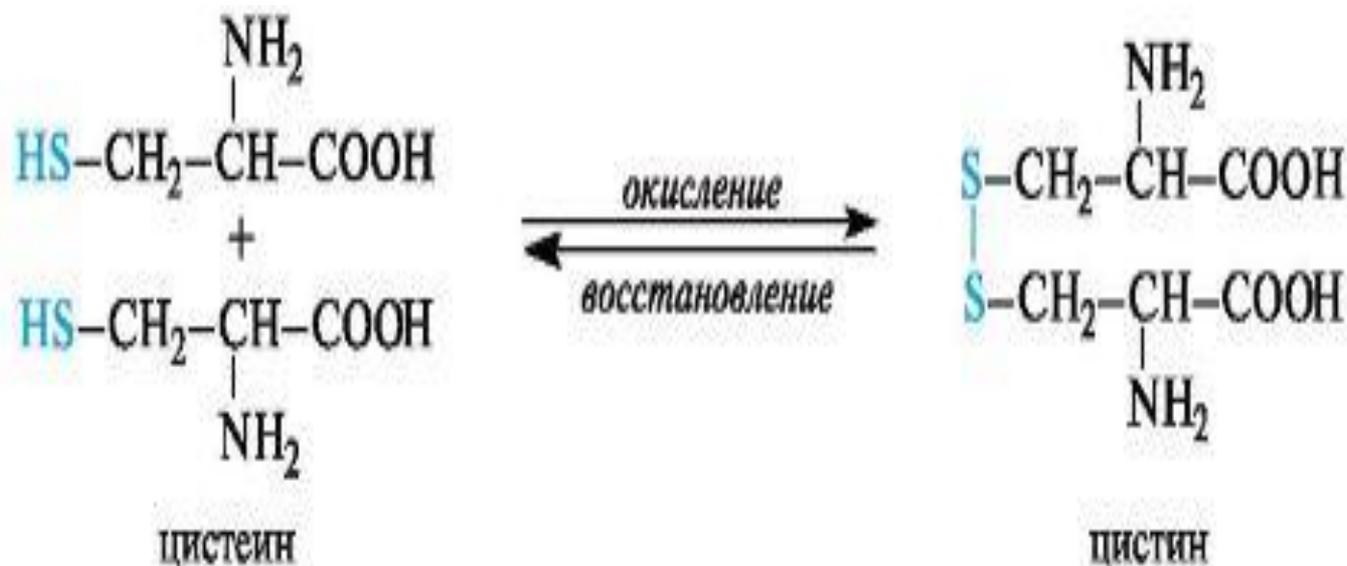
- На первой стадии реакции осуществляется дегидрирование (окисление) глутаминовой кислоты до  $\alpha$ -иминоглутаровой
- На второй стадии происходит гидролиз, в результате которого получают  $\alpha$ -оксоглутаровую кислоту и аммиак



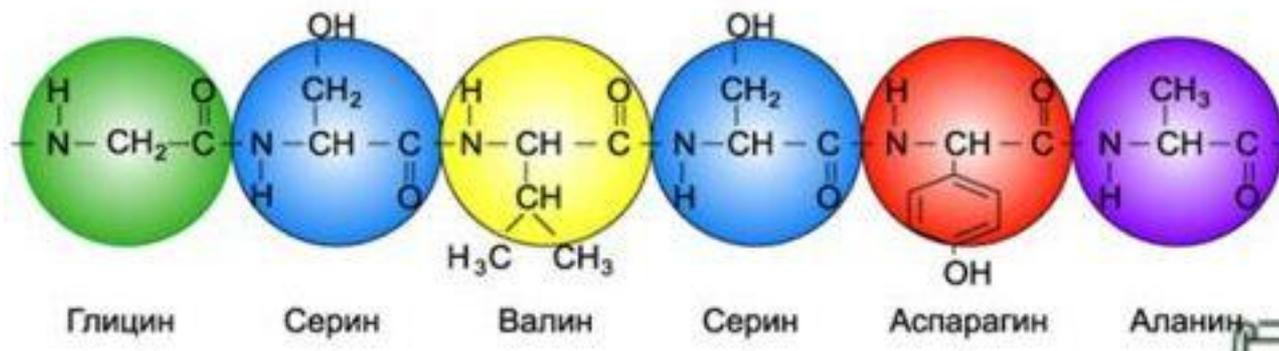


# Окисление тиольных групп

- В основе лежит взаимопревращений цистеиновых и цистиновых остатков, обеспечивающих ряд окислительно-восстановительных процессов в клетке



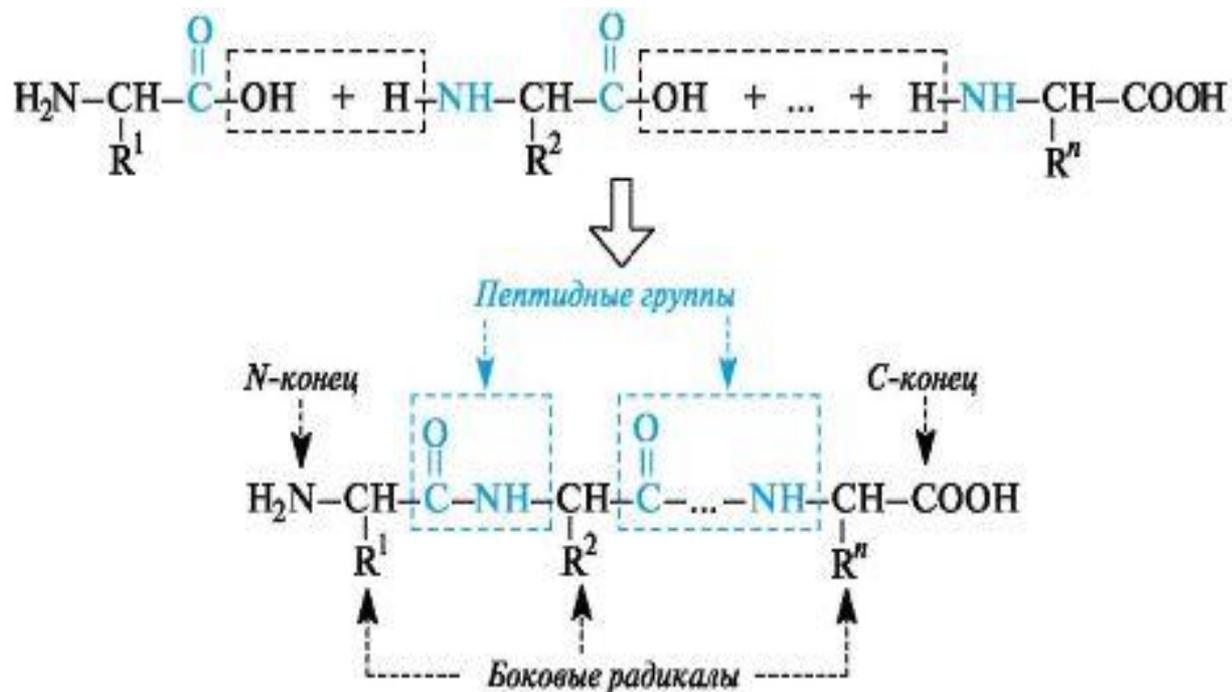
# Пептиды и белки



- **пептиды** - полимеры, состоящие из аминокислот, соединённых пептидными связями

# Пептиды и белки

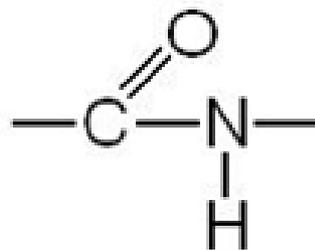
- Пептидная и белковая молекулы это продукт поликонденсации  $\alpha$ -аминокислот



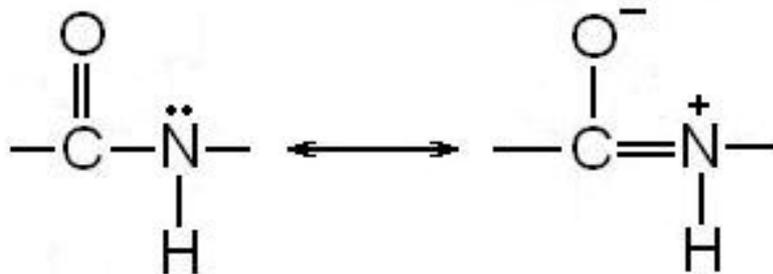
Пептидные и белковые цепи записывают с N-конца

# Свойства пептидной связи

- Основу пептидной связи составляет пептидная или амидная группа.

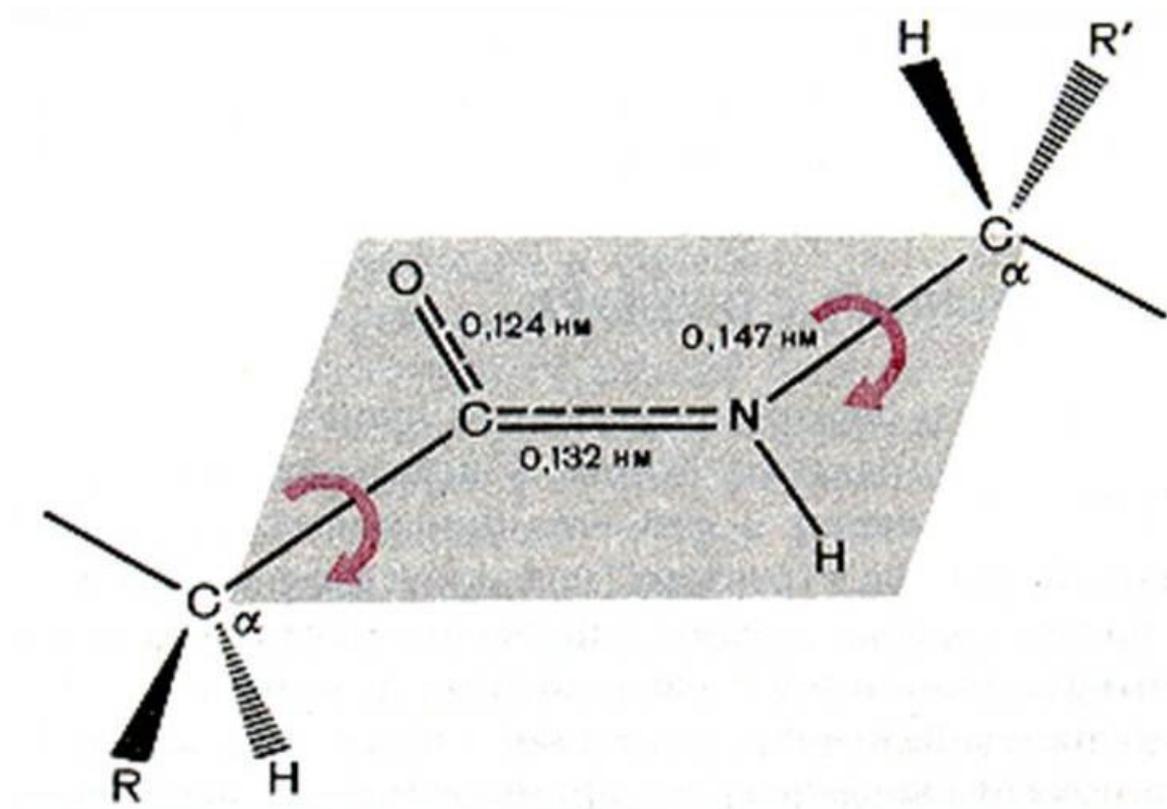


- Связь между атомом углерода карбонильной группы и атомом азота имеет частично характер двойной СВЯЗИ



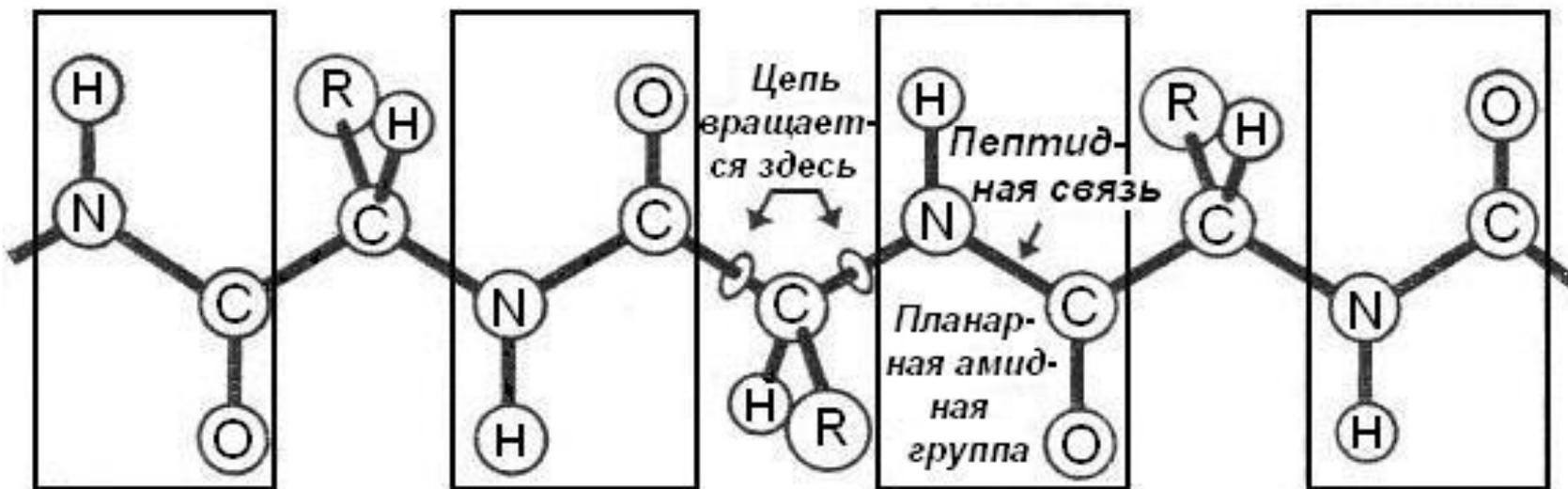
# Свойства пептидной связи

- В результате сопряжения связь C—N становится короче (0,132 нм сравнительно с 0,147 нм в обычном случае), а связь C=O удлиняется до 0,124 нм против обычной длины 0,121 нм



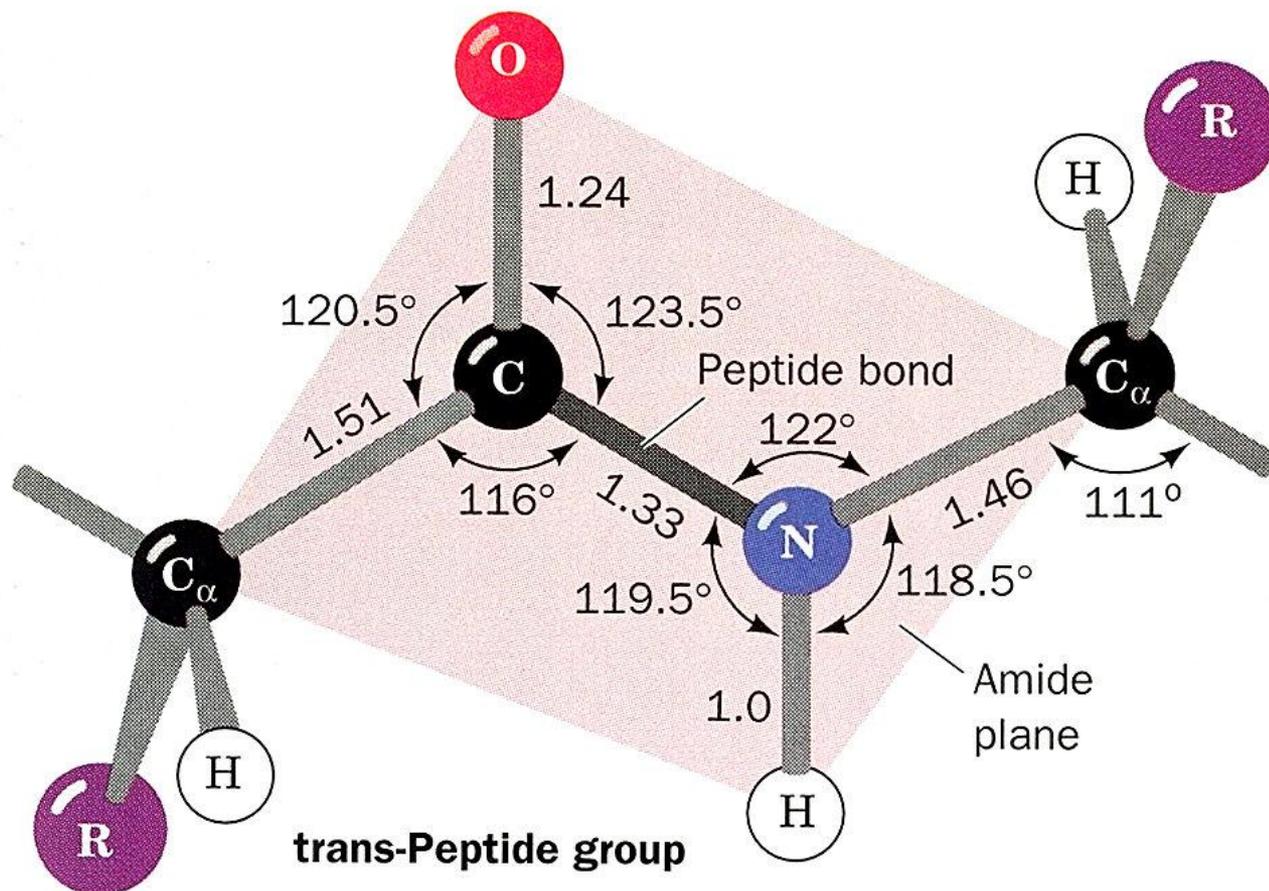
# Свойства пептидной связи

- Боковые радикалы  $\alpha$ -углеродных атомов аминокислотных остатков расположены в транс-конфигурации относительно плоской пептидной структуры.



# Свойства пептидной связи

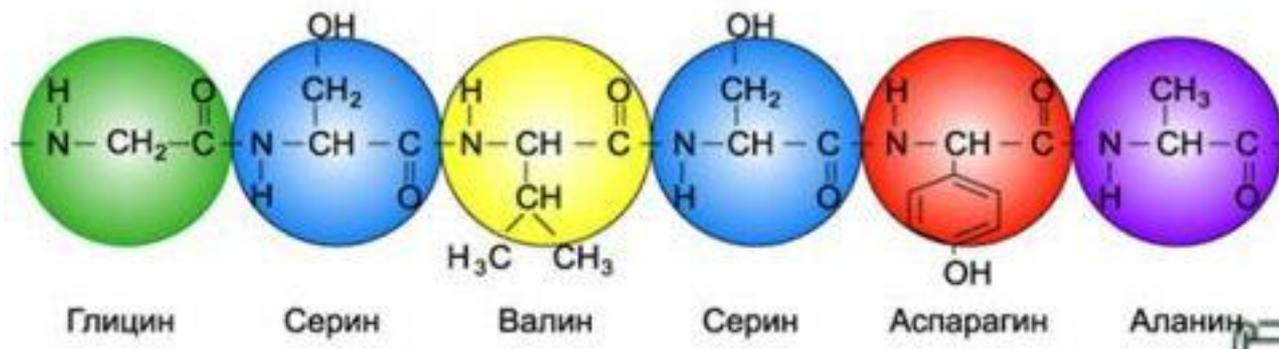
- В области между жесткими пептидными структурами имеется довольно высокая степень вращения



# Свойства пептидной связи

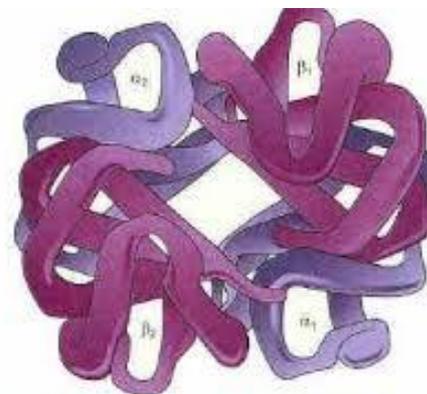
- Пептидные связи легко гидролизуются в кислой среде  
Кислотный гидролиз белка можно провести при кипячении пептидов или белков в течение 24 час с 20% HCl.
- Пептидные связи гидролизуются под действием специфических ферментов пептидаз.

# Структура пептидов и белков



- **пептиды** содержат в молекуле до 100 (что соответствует молекулярной массе до 10 тыс. ), а
- **белки** - более 100 аминокислотных остатков (молекулярная масса от 10 тыс. до нескольких миллионов).

# Структура пептидов и белков



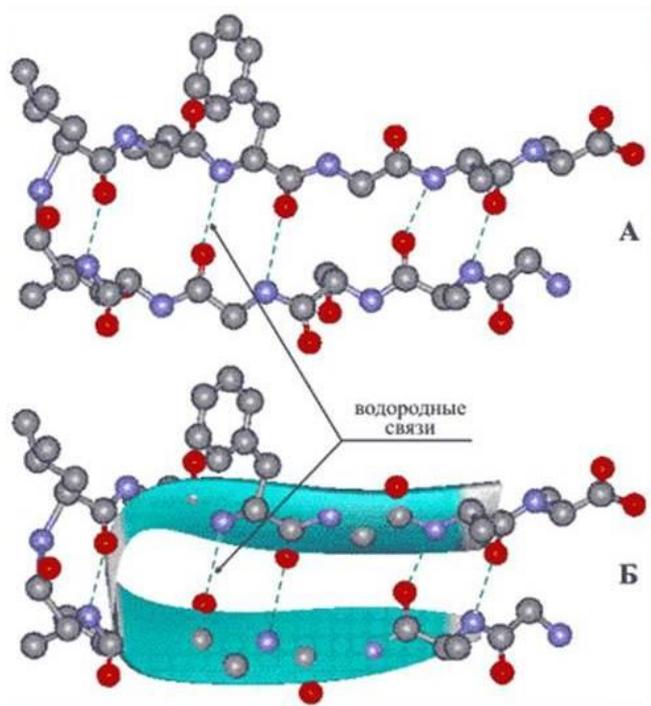
Гемоглобин — олимерный белок, образованный из двух идентичных  $\alpha$ - и двух идентичных  $\beta$ -цепей (группы гема, присоединенные к каждой глобиновой цепи, не показаны)

- **олигопептиды** (низкомолекулярные пептиды), содержащие в цепи не более 10 аминокислотных остатков, и
- **полипептиды**, в состав цепи которых входит до 100 аминокислотных остатков.



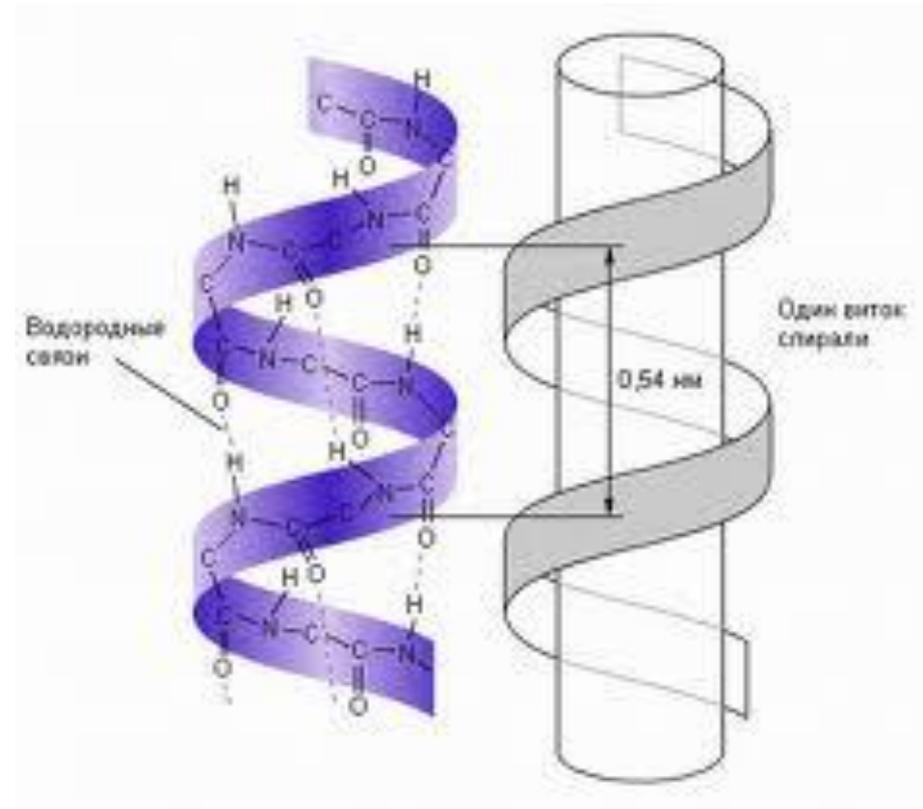
# Вторичная структура белков

- Это регулярная структура цепи, которая образована периодически повторяющимися участками.
- Водородные связи между между  $C=O$  и  $N-H$  группами в пептидных связях цепи



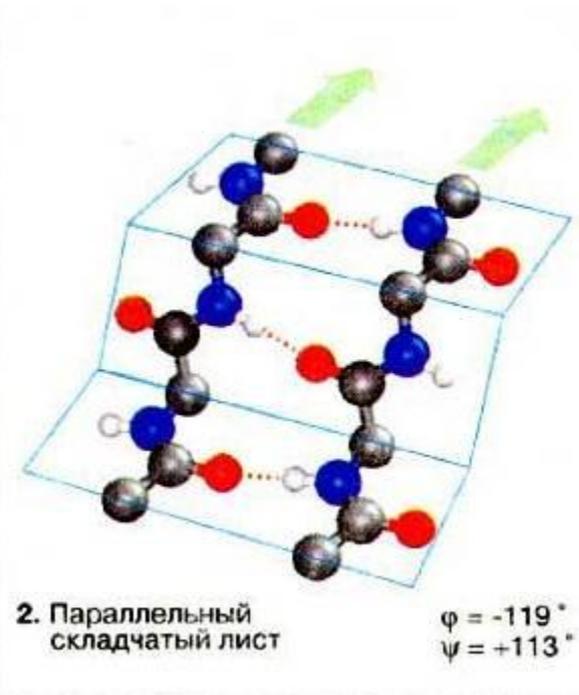
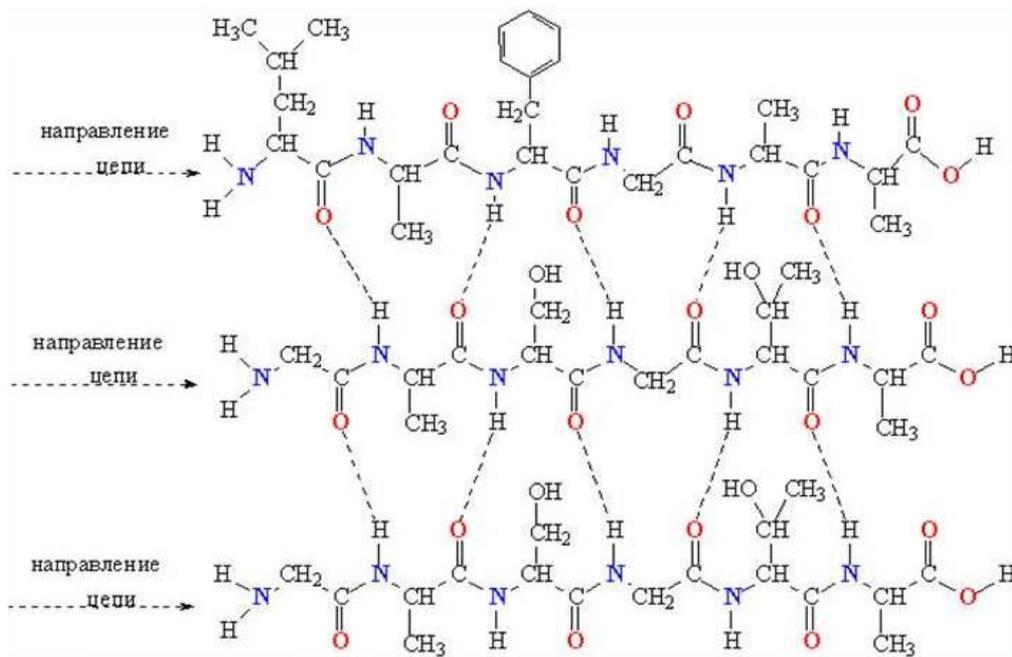
# Вторичная структура белков

- 1951г. Л.Полинг и Р. Кори предложили две периодические полипептидные структуры:
- **$\alpha$ -спираль** - при скручивании полипептидной цепи в  $\alpha$ -спираль на один её виток приходится 3,6 остатка аминокислот, шаг спирали равен  $\sim 0,54$  нм.



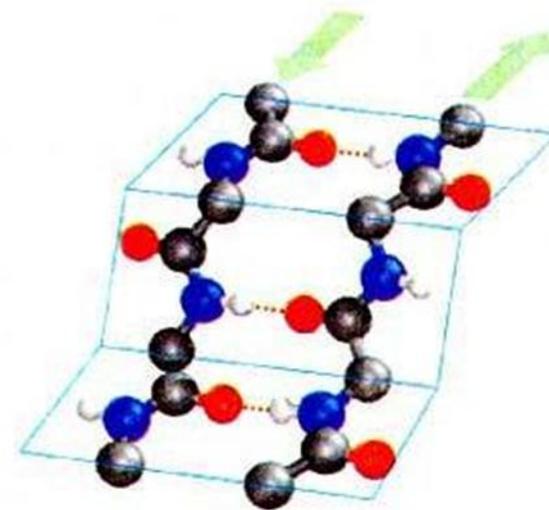
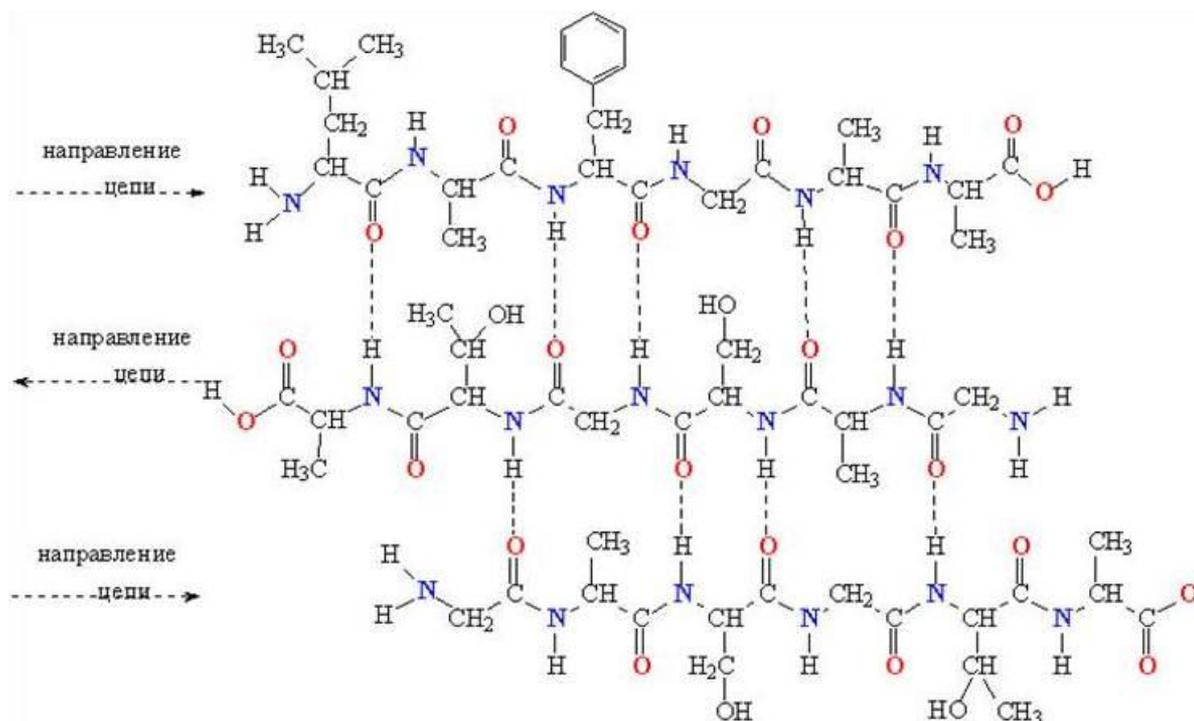
# Вторичная структура белков

- $\beta$ -складчатый лист.



# Вторичная структура белков

- $\beta$ -складчатый лист.



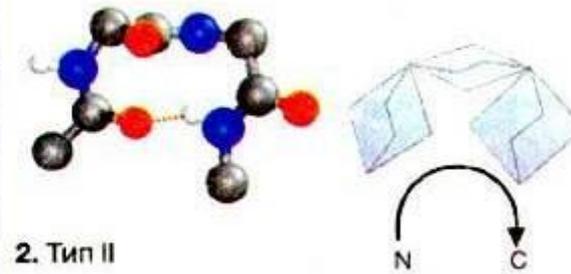
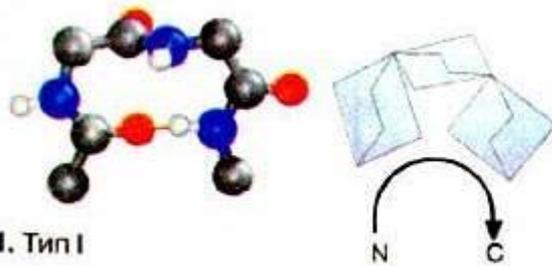
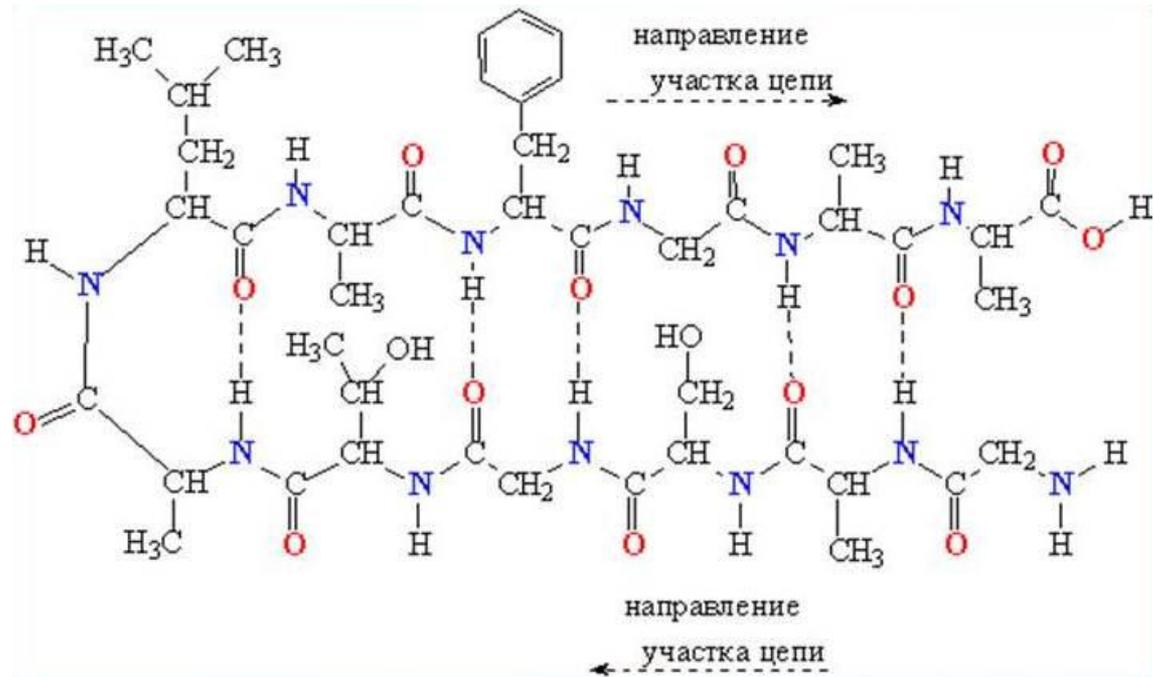
1. Антипараллельный складчатый лист

В. Складчатые структуры

$$\varphi = -139^\circ$$
$$\psi = +135^\circ$$



# Вторичная структура белков



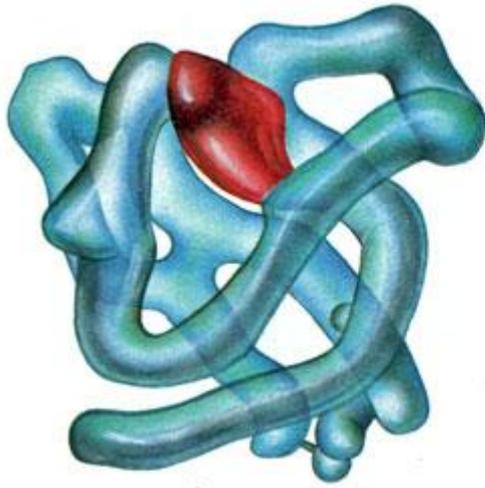
# Третичная структура белков

- Компактное расположение полипептидной цепи в пространстве специфичное для каждого конкретного белка.
- **Нековалентные** взаимодействиями между функциональными группами радикалов аминокислотных остатков в полипептидной цепи (**гидрофобные, водородные, диполь-дипольные и электростатические связи**).
- В местах изгибов цепи возникают **ковалентные дисульфидные мостики** между радикалами цистеина.



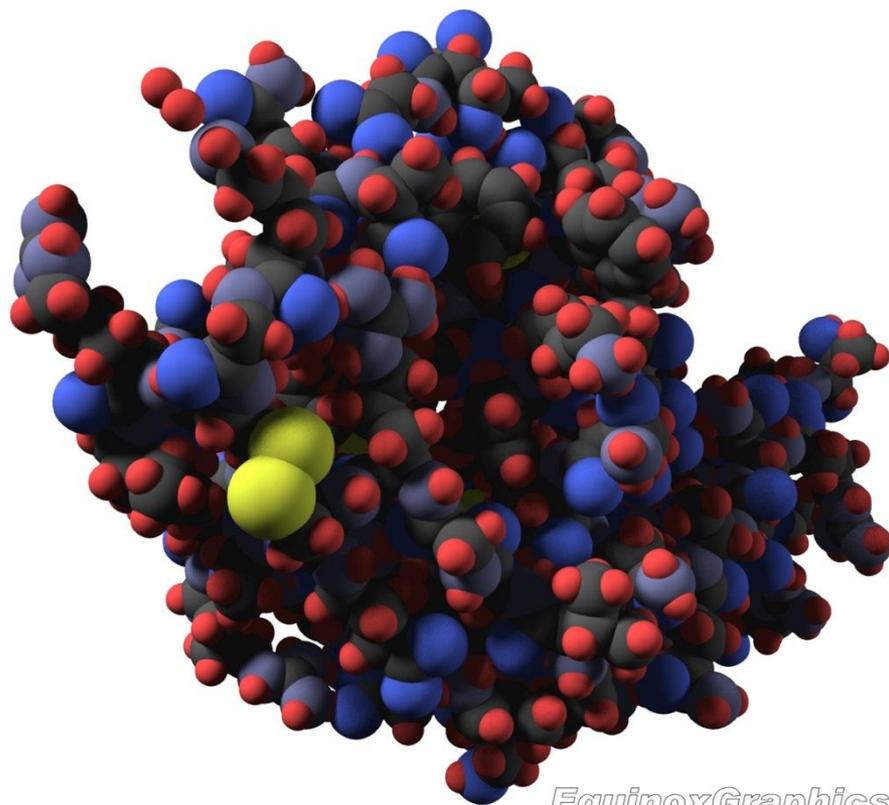
# Глобулярные белки

- Первый белок, для которого выяснили третичную структуру, – это **миоглобин мышц кашалота**. Это небольшой белок с молекулярной массой 16700. Он содержит 153 аминокислотных остатков в одинарной полипептидной цепи, и гем, как небелковый лиганд. Изучал этот белок Дж. Кендрию с помощью рентгеноструктурного анализа.



# Глобулярные белки

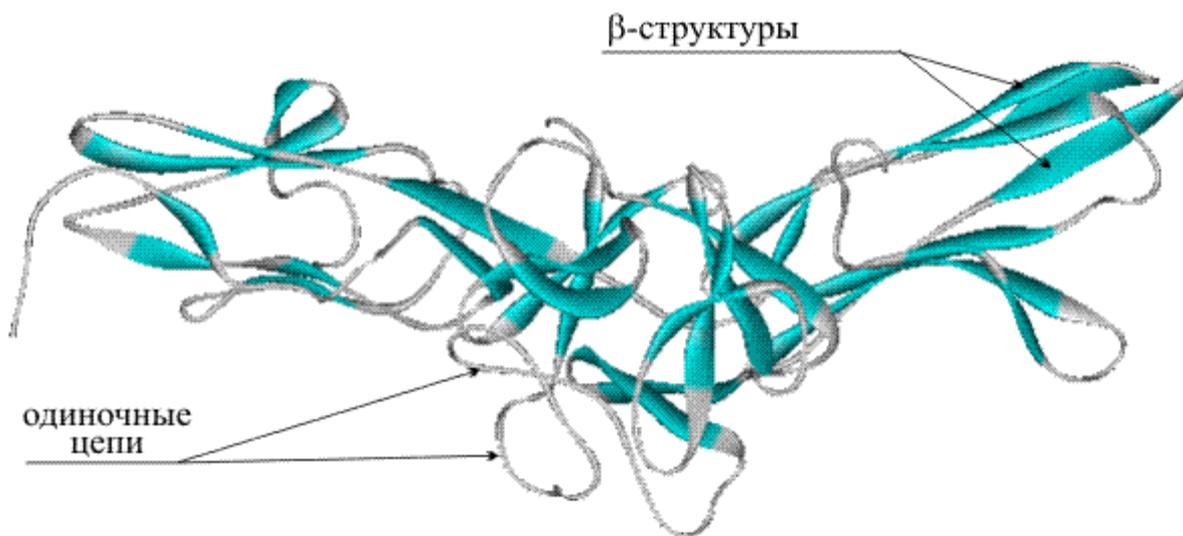
- Белок лизоцим 15 000 Да



*EquinoxGraphics.net*

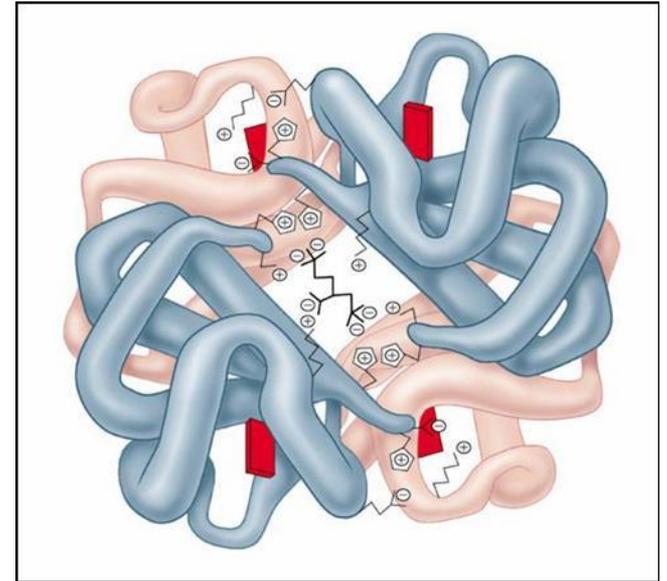
# Фибриллярные белки

- Фиброин – белок шелка и паутины 200-300 кДа



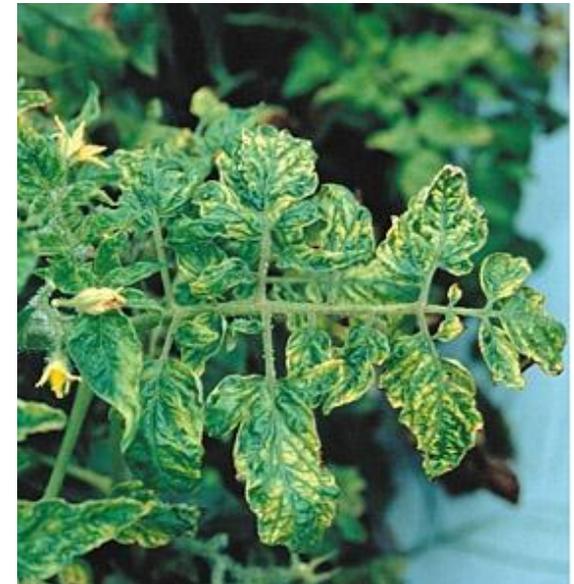
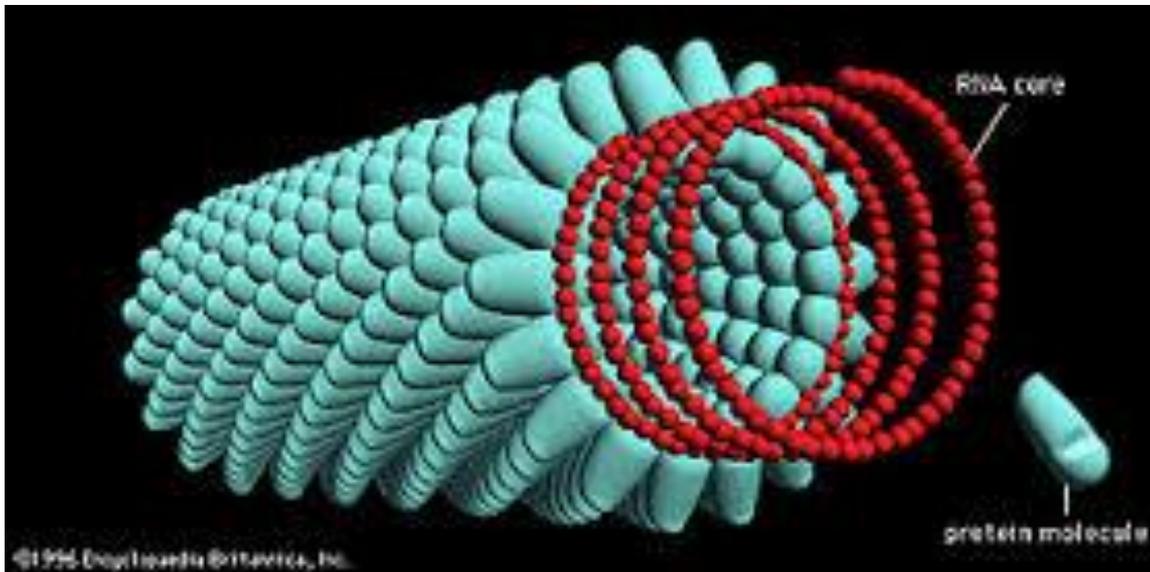
# Четвертичная структура белков

- Отдельные полипептидные цепи могут обладать одинаковой или разной первичной, вторичной и третичной структурами и называются **протомерами** или **мономерами** белковой молекулы.
- Сформированное ими образование называется **мультимером** или **олигомером**.
- Протомеры соединяются друг с другом только **нековалентными связями**.



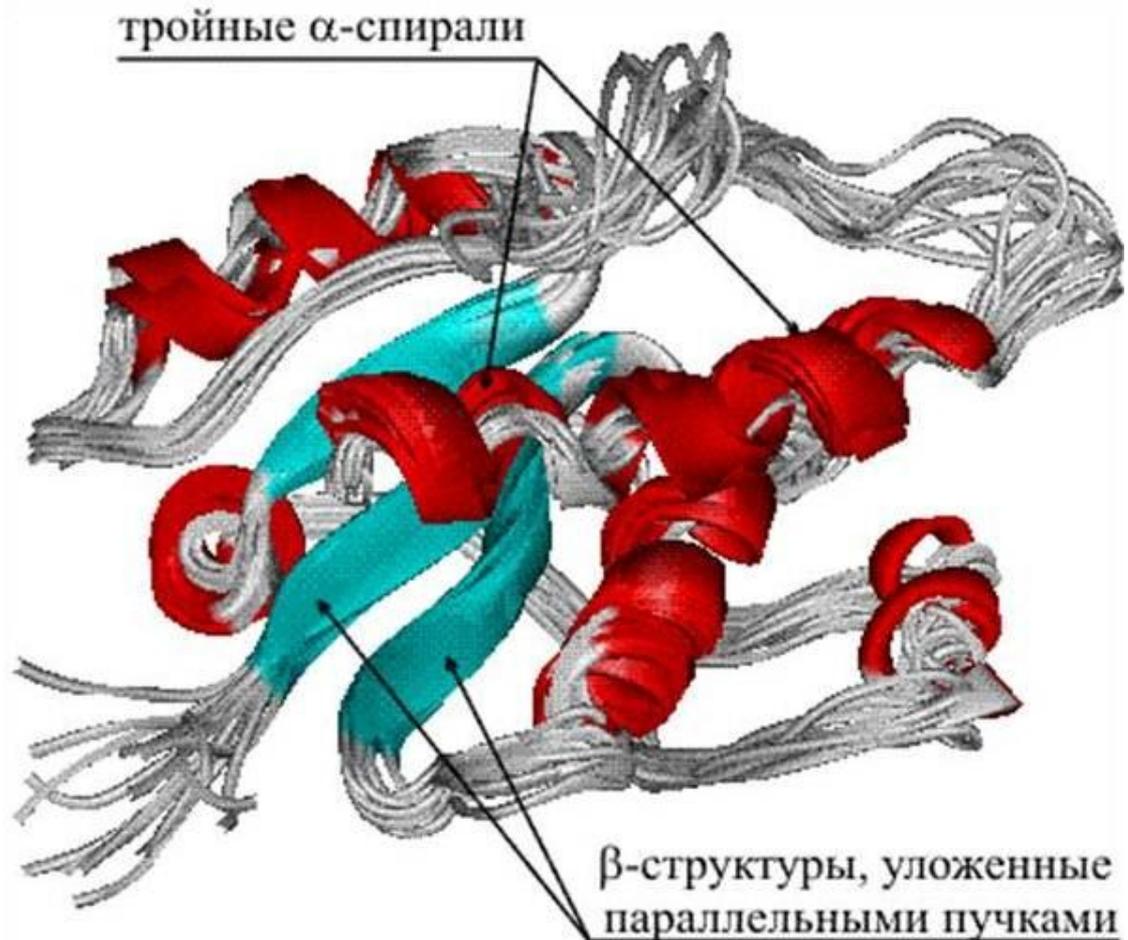
# Четвертичная структура белков

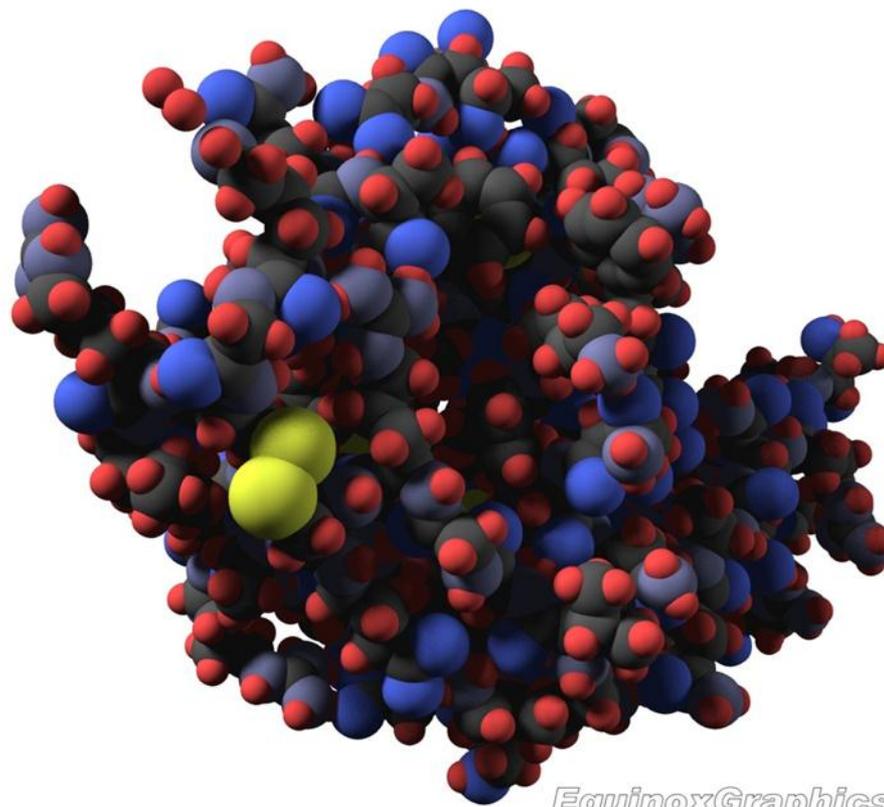
- нуклеопротеиновый комплекс вируса табачной мозаики. Его молекулярная масса – 40 млн Да, количество белковых протомеров нанизанных на цепь РНК – 2130. Весь гигантский нуклеопротеиновый комплекс образуется спонтанно методом самосборки.



# Четвертичная структура белков

- Фибриллярный белок коллаген





*EquinoxGraphics.net*

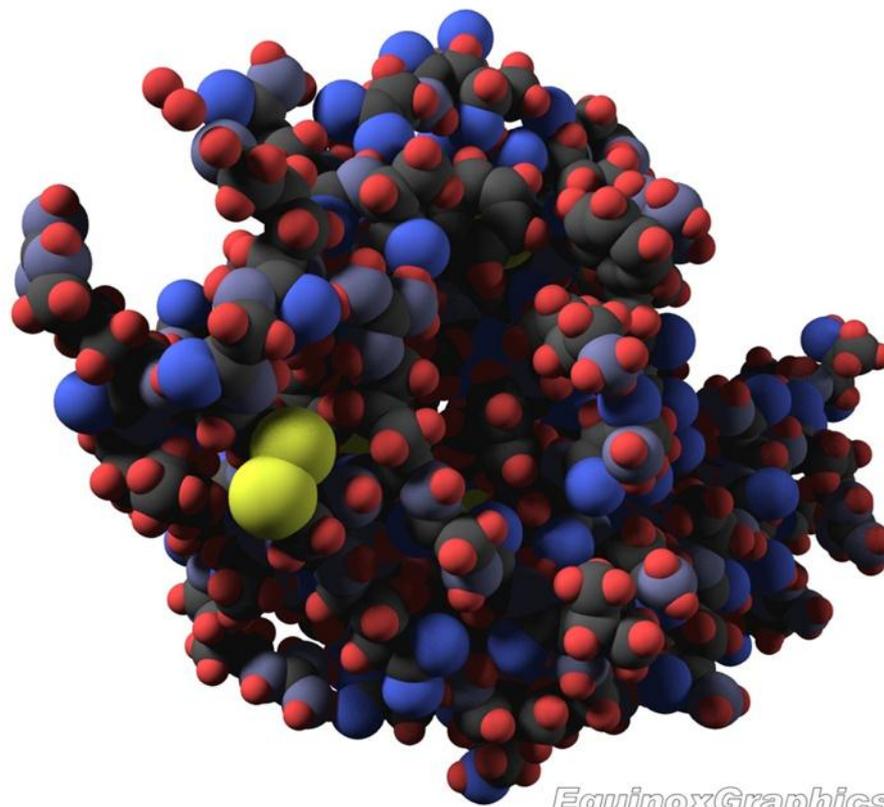
**Благодарю за внимание!**

# Свойства белков

- Способность отдавать и присоединять  $H^+$  определяют буферные свойства белков
- Процесс утраты трехмерной конформации, присущей данной молекуле белка без разрушения первичной структуры, называют денатурацией.
- Процесс восстановления структуры белка после денатурации называется ренатурацией

# Функции белков

- Строительная
- Транспортная
- Регуляторная
- Защитная
- Двигательная
- Сигнальная
- Запасающая
- Энергетическая
- Каталитическая



*EquinoxGraphics.net*

**Благодарю за внимание!**