

# **Строение белков**

**С полным основанием можно утверждать, что белки – самые важные из всех веществ, входящих в состав организмов животных и растений.**

**Л. Полинг**

**Жизнь –  
это способ  
существования  
белковых тел.**

**Ф.Энгельс**

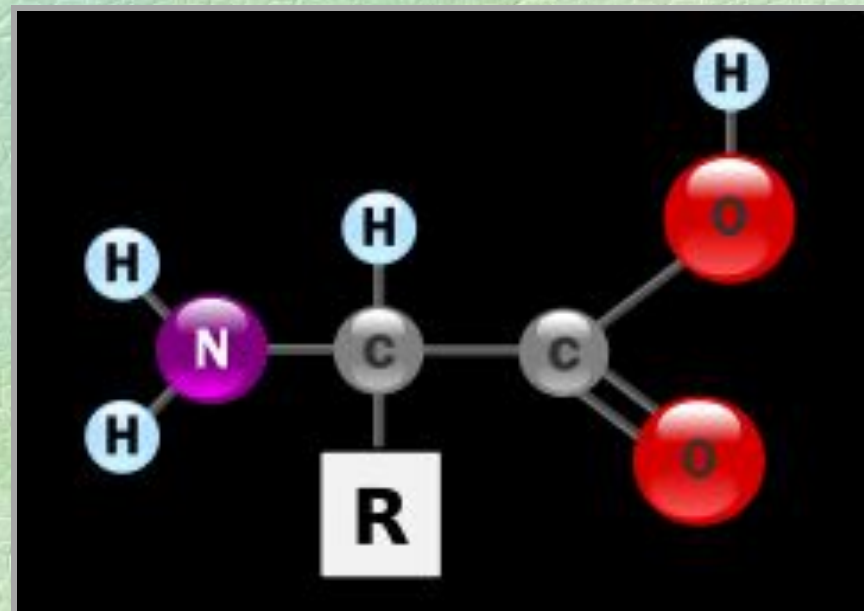


**Белки** – высокомолекулярные органические соединения (биополимеры), состоящие из мономеров, которыми являются аминокислоты, соединенные пептидной СВЯЗЬЮ.

**Белки**

↙ ↘

Протеины      Протеиды



# Химический состав белков

- В состав белковых веществ входят: углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор.
- Гемоглобин –  $C_{3032}H_{4816}O_{872}N_{780}S_8Fe_4$ .
- Молекулярная масса белков колеблется от нескольких тысяч до нескольких миллионов.
- $M_r$  белка яйца = 36 000,  $M_r$  белка мышц = 1 500 000

# Содержание белка в некоторых тканях

(после обезвоживания органа):

Мышцы – 80%;

Почки – 72%;

Кожа – 63%;

Печень – 57%;

Мозг – 45%;

Жировая ткань, кости, зубы – 14 – 28%;

Семена растений – 10 – 15 %;

Стебли, корни, листья – 3% - 5%

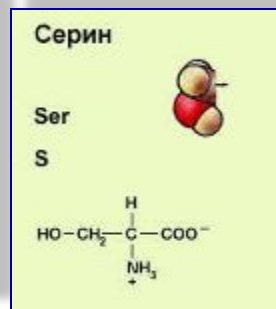
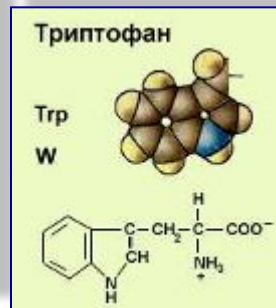
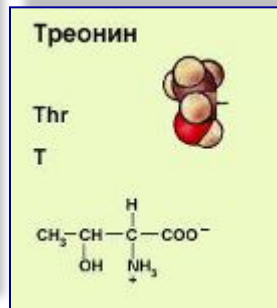
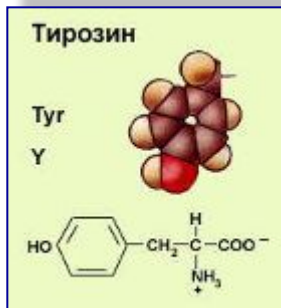
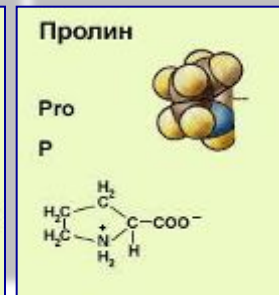
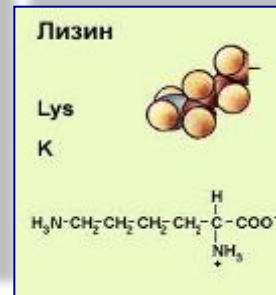
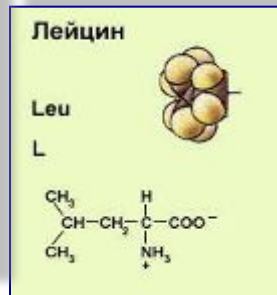
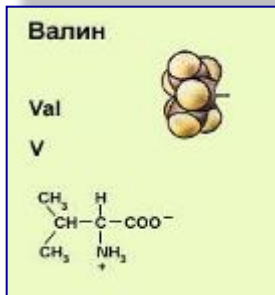
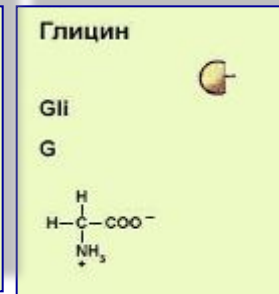
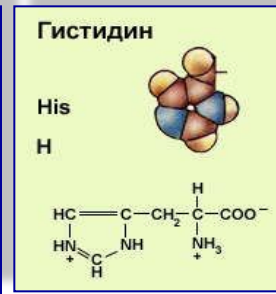
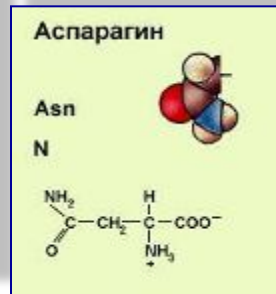
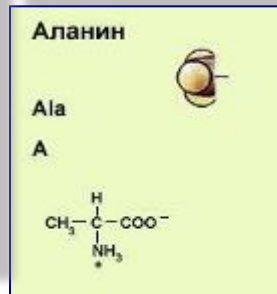
Плоды – 1-2%

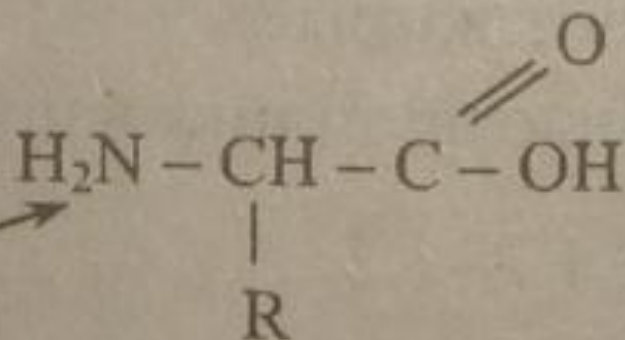
- **Белки** – это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты
- в природе существует около 100 α-аминокислот, в организме встречается 20, из них может быть образовано 2 432 902 008 176 640 000 комбинаций ( $\sim 2 * 10^{18}$ )
- **заменимые** аминокислоты - они могут синтезироваться в организме
- **незаменимые** - в организме не образуются, их получают с пищей (лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан, тирозин, метионин)

# Состав и классификация белков

- По составу различают:
- **протеины**, состоящие только аминокислот,
- **протеиды** – содержащие небелковую часть,
- **простые белки** – состоят из аминокислот,
- **сложные** – могут включать углеводы (гликопротеиды), жиры (липопротеиды), нуклеиновые кислоты (нуклеопротеиды)
- **полноценные** – содержат весь набор аминокислот
- **неполноценные** – какие-то аминокислоты в них отсутствуют





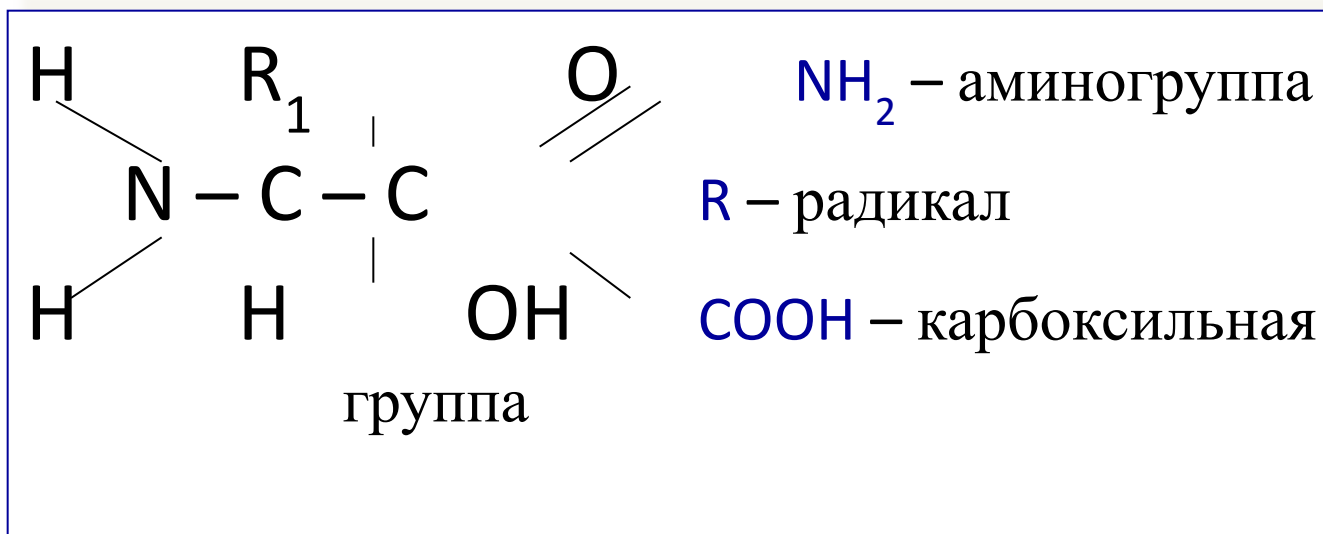


аминогруппа,  
обладает  
свойствами  
основания

радикал –  
разный  
у всех  
аминокислот

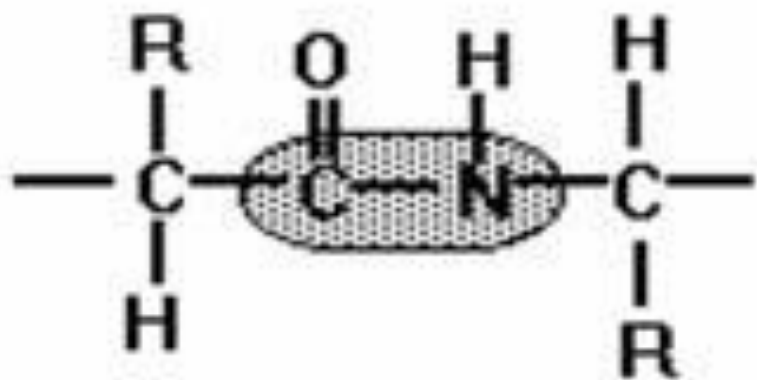
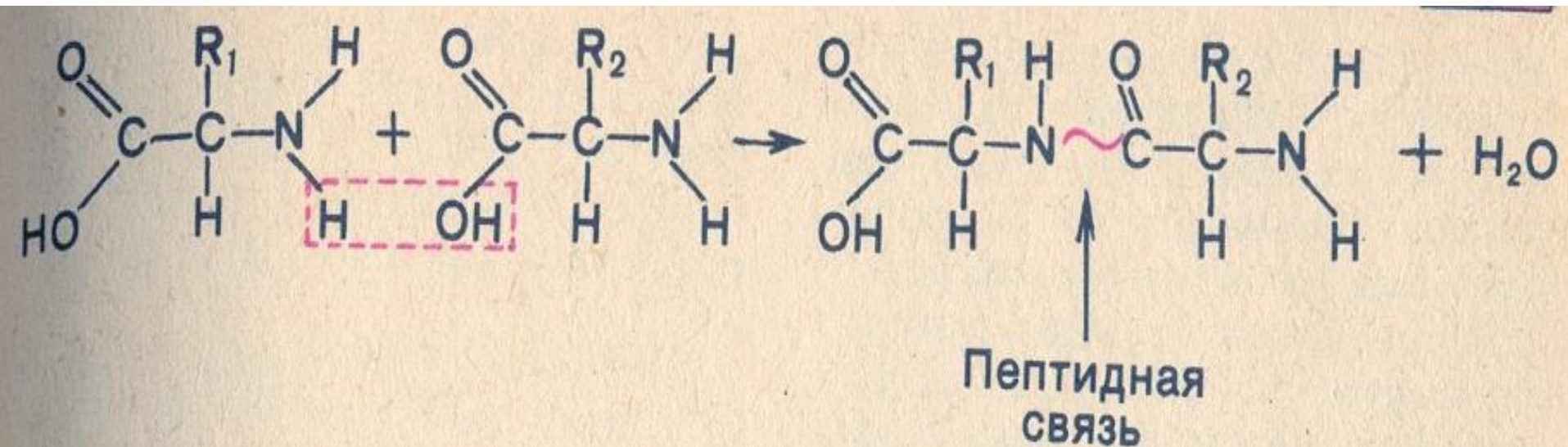
карбоксильная  
группа,  
обладает  
кислотными  
свойствами

# Общая формула аминокислот



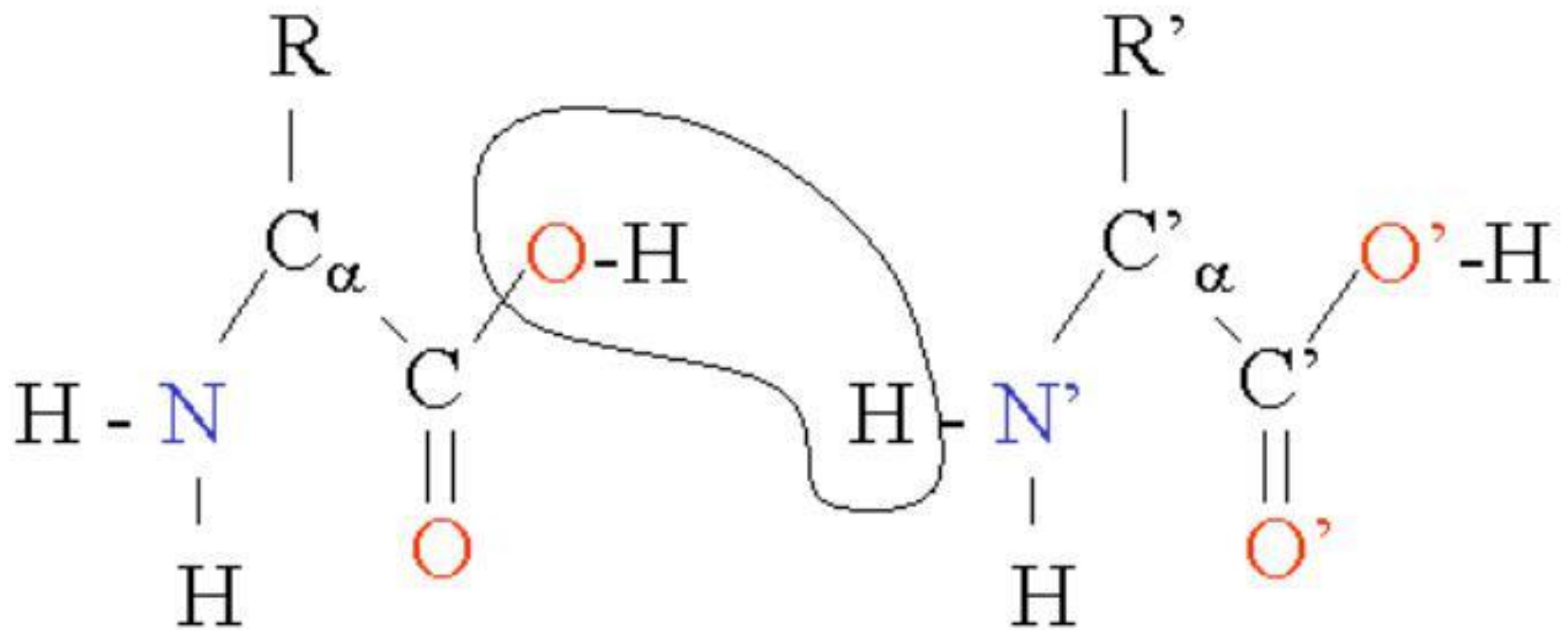
Аминокислоты являются амфотерными соединениями (в растворе они могут выступать как в роли кислот, так и оснований)

# Как связаны аминокислоты

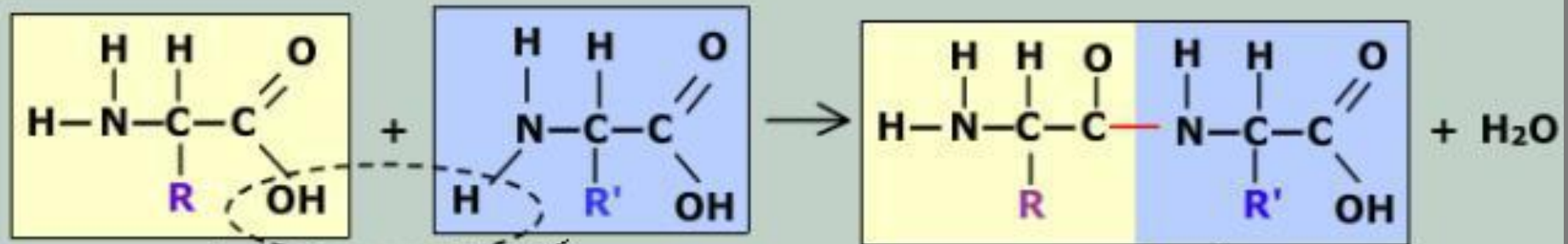


пептидная связь  
(заштрихована)

# Пептидная связь



# Первичная структура белка

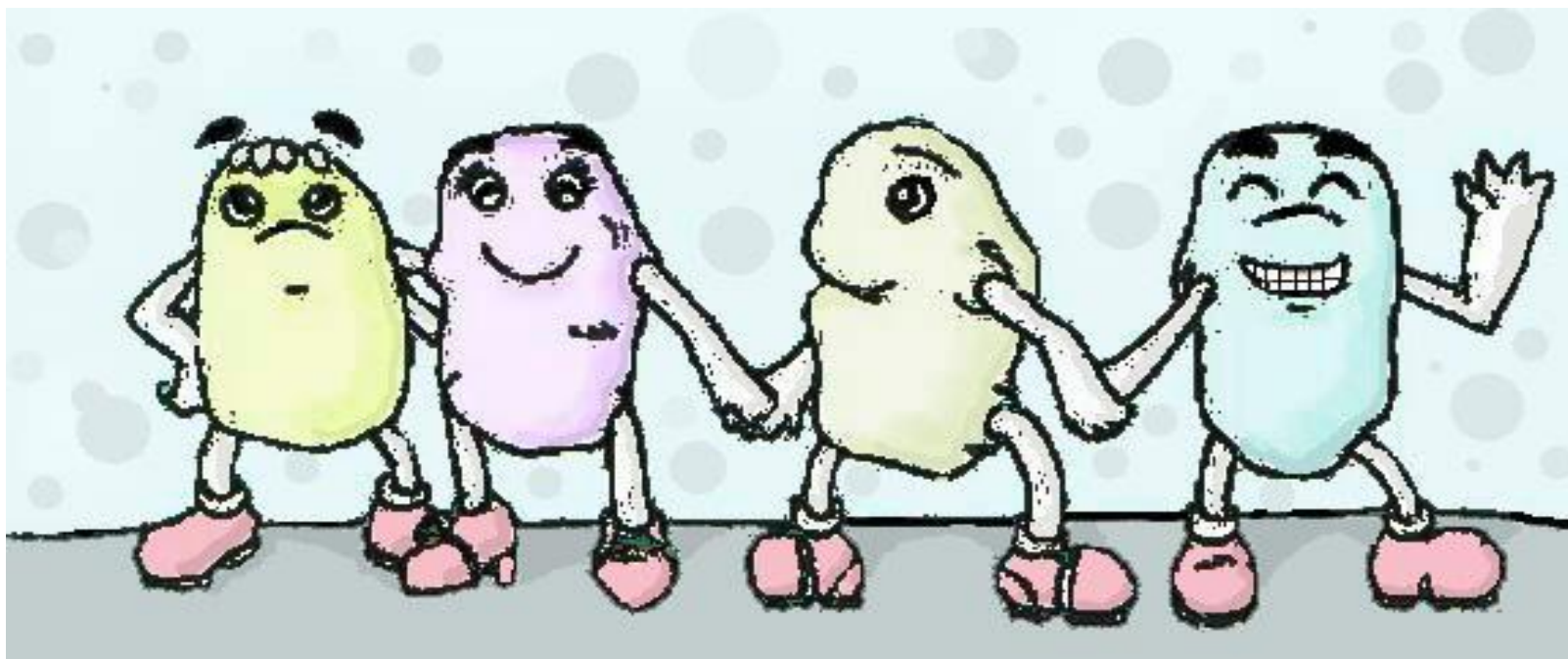


Здесь — пептидная связь

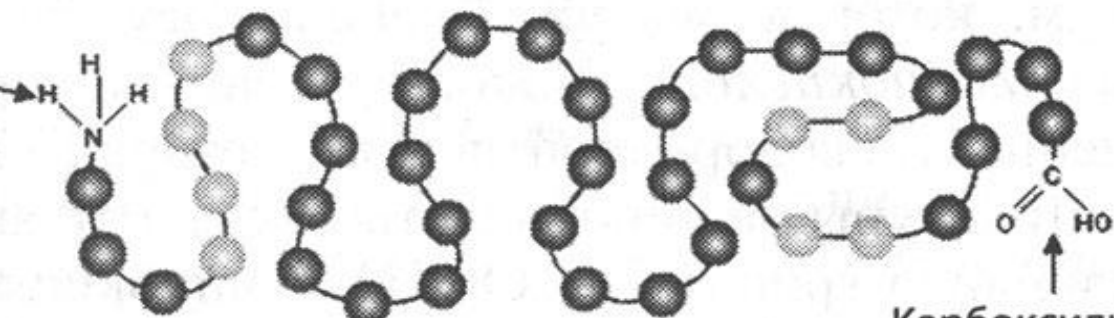
аминокислоты

белок (полипептид)

В состав белка могут входить несколько полипептидных цепей. Самые короткие белки содержат около 3-8 аминокислот, а самые длинные - до 1500 аминокислот.



Аминогруппа

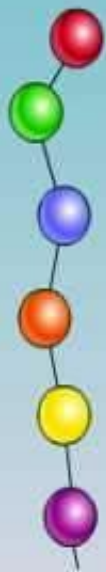


Полипептидная цепь

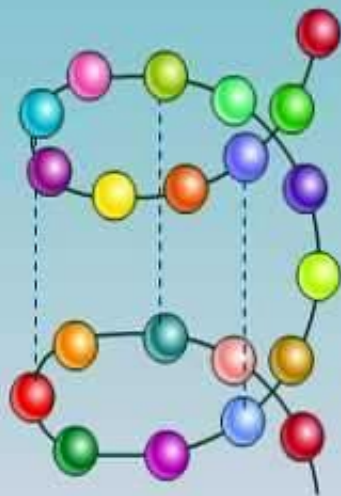
Карбоксильная группа

Рис. 8.2. Первичная структура белка

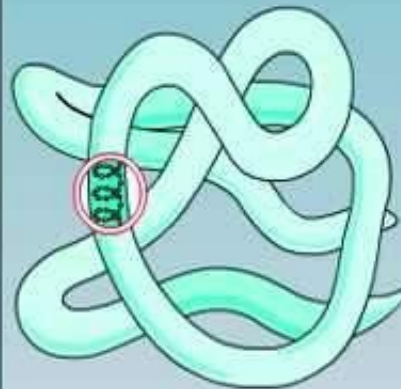
I структура



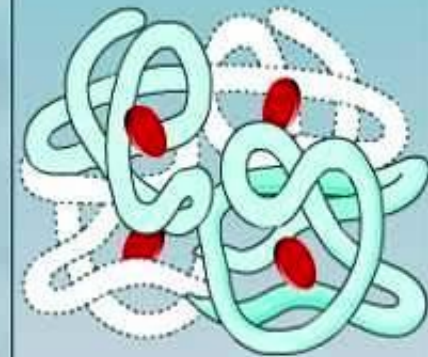
II структура



III структура

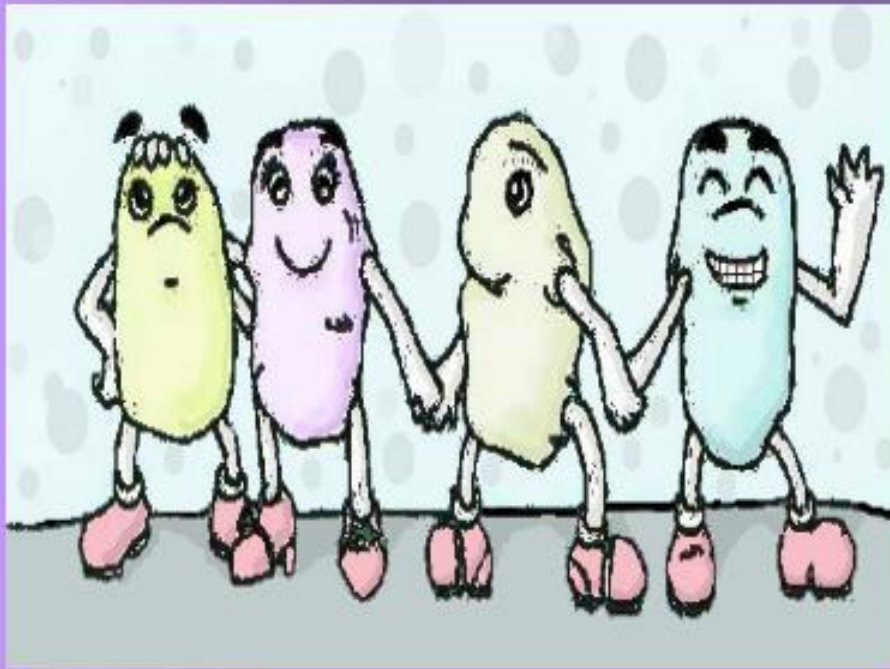


IV структура



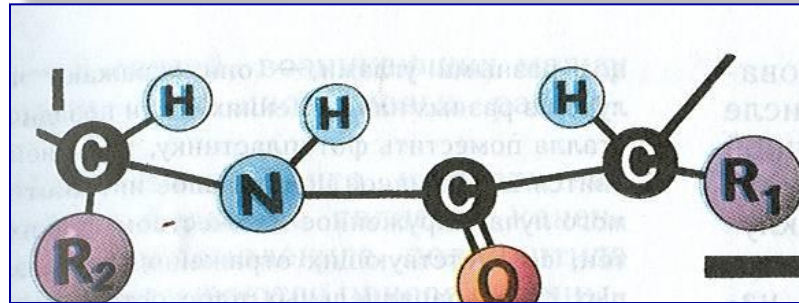


# Первичная структура белка.



- Последовательность аминокислот в составе полипептидной цепи представляет первичную структуру.
- Инсулин, пепсин

# Первичная структура



**Первичная структура** – полипептидная цепь, в которой пептидные связи между аминокислотными остатками.

# Вторичная структура

Вторичная структура – спираль,

поддерживается

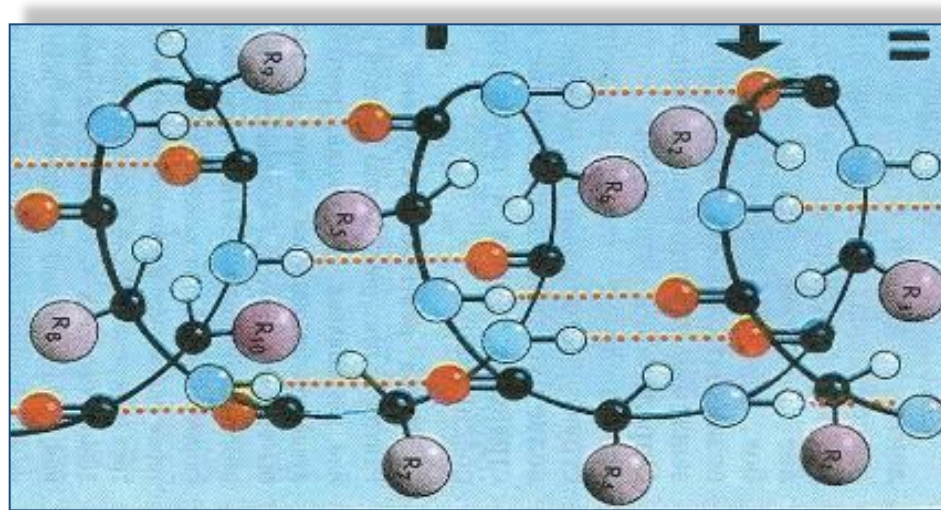
водородными

связями,

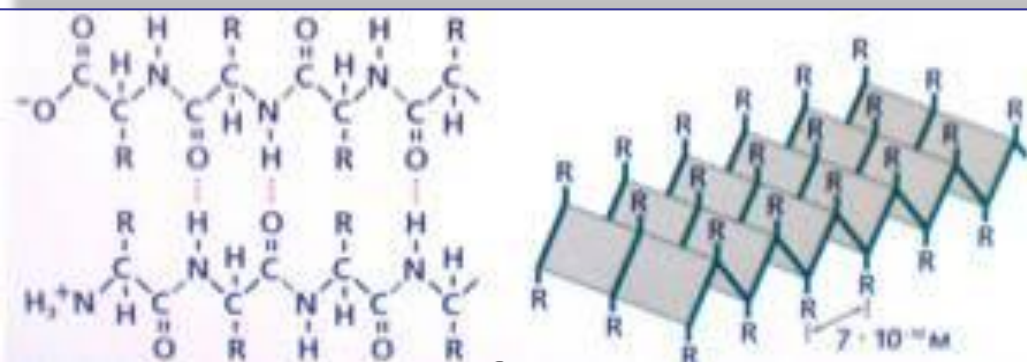
каждая из которых

в 15 – 20 раз слабее

ковалентной.



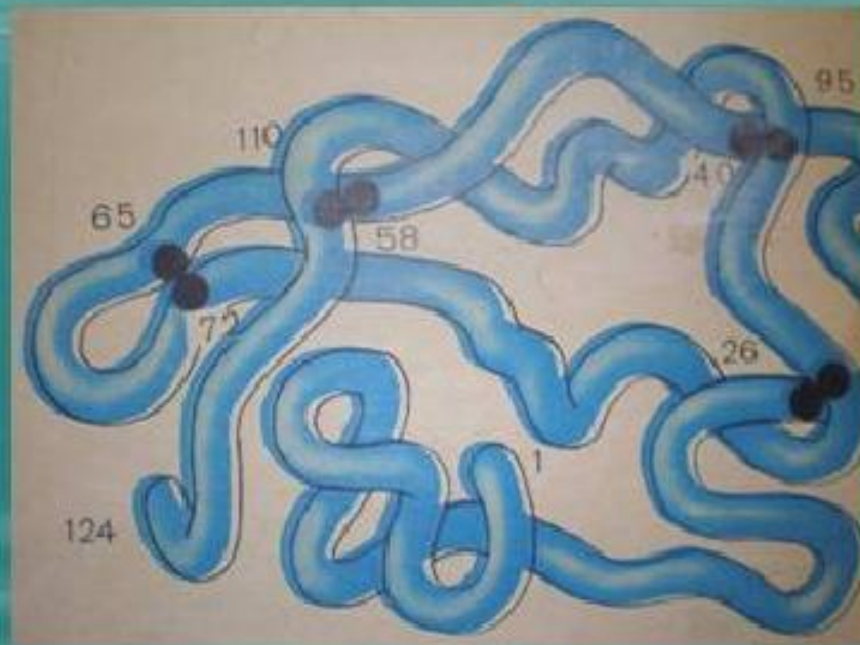
$\alpha$ -спираль



$\beta$ -спираль

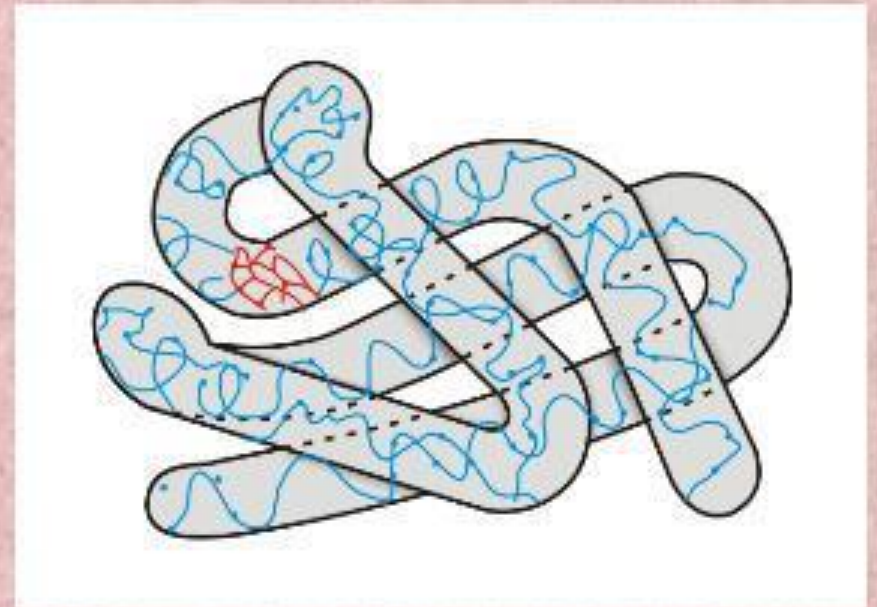
# Третичная структура белка

- Молекула белка скручена (уложена) в фибриллу или глобулу.
- Связи :
  - ковалентные
  - водородные
  - дисульфидные(-S...S-)
  - ионные

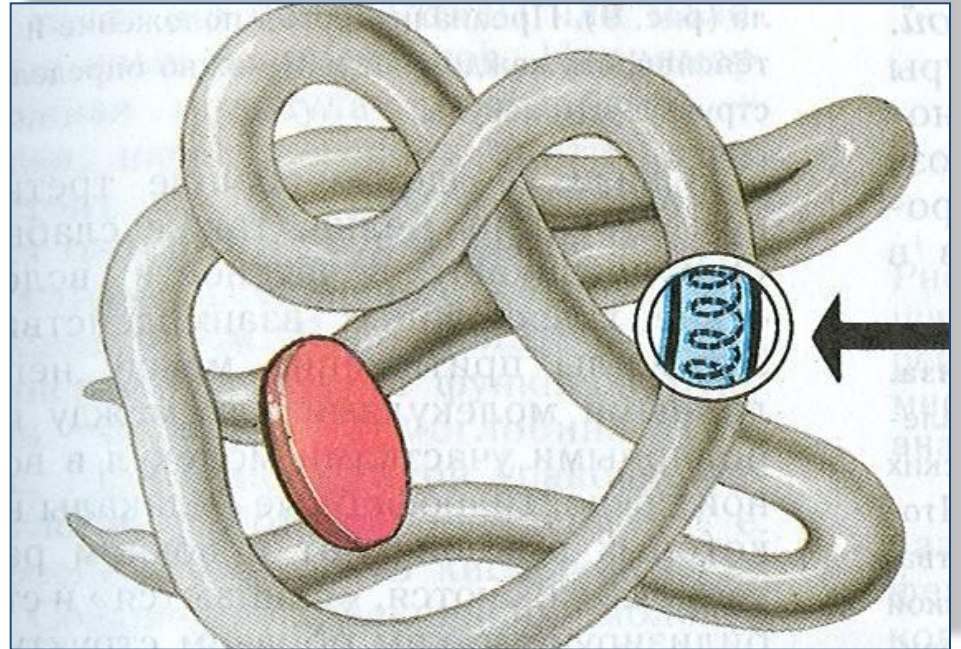


# Третичная структура белка:

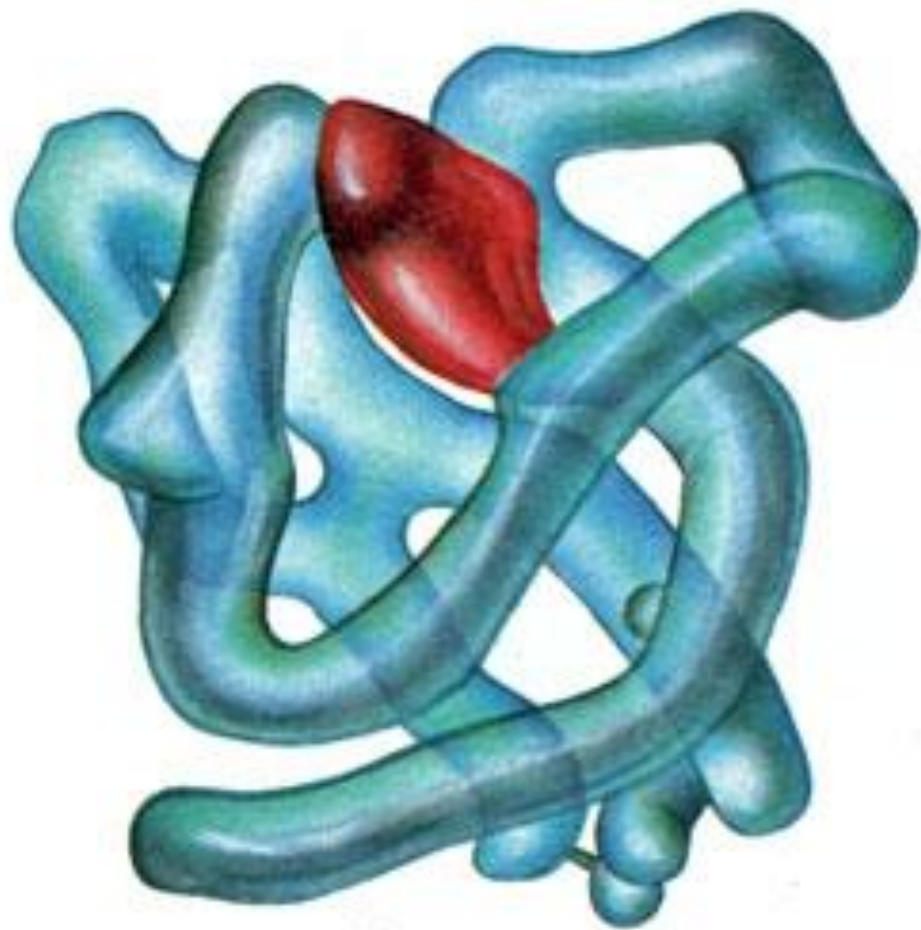
Атомы серы двух а/т, находящихся на расстоянии друг от друга в полипептидной цепи, соединяются, образуя так называемые дисульфидные, или S-S, связи



# Третичная структура



В образовании третичной структуры большая роль принадлежит радикалам. За счёт которых образуются дисульфидные мостики, сложноэфирные связи, водородные связи, амидные связи. Доказана третичная структура инсулина, рибонуклеазы

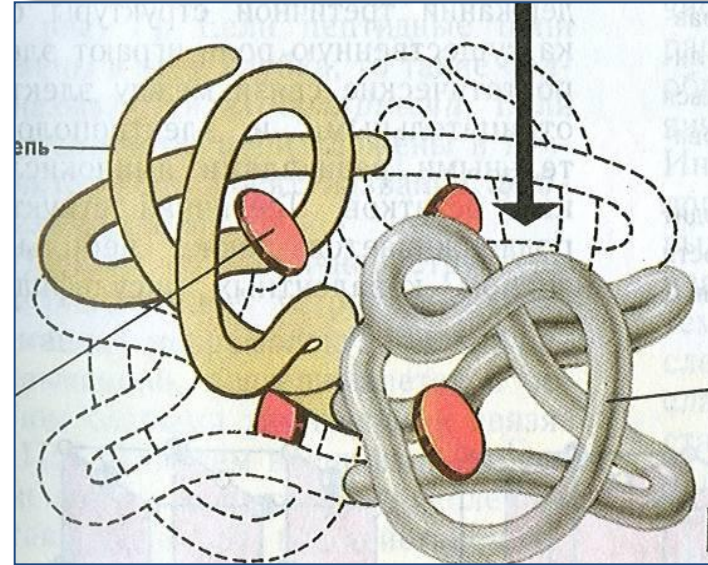


4



5

# Четвертичная структура



**Четвертичная структура** – это объединение нескольких трёхмерных структур в одно целое. Классический пример: гемоглобин, хлорофилл. В гемоглобине - гем небелковая часть, глобин белковая часть.



## Четвертичная структура белка

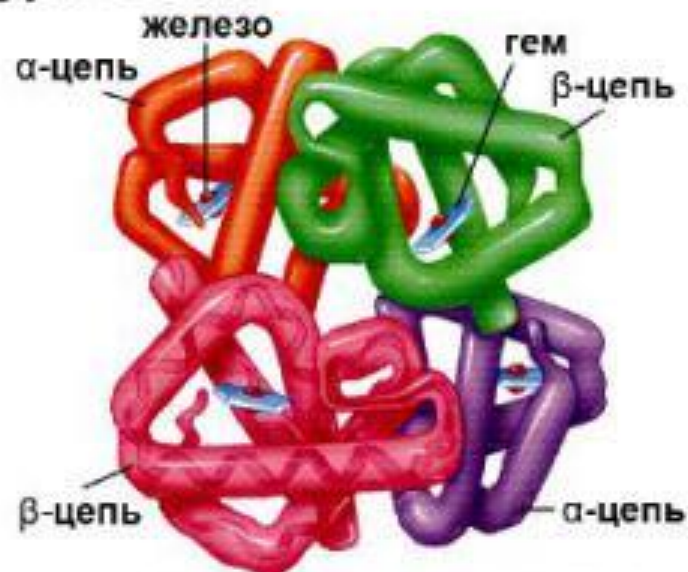
• Четвертичная структура белка – способ укладки в пространстве отдельных полипептидных цепей и формирование структурно и функционально единого макромолекулярного образования.

• Образовавшуюся молекулу называют олигомером, а отдельные полипептидные цепи, из которых он состоит – протомерами, мономерами или субъединицами (их обычно чётное количество: 2, 4, реже 6 или 8).

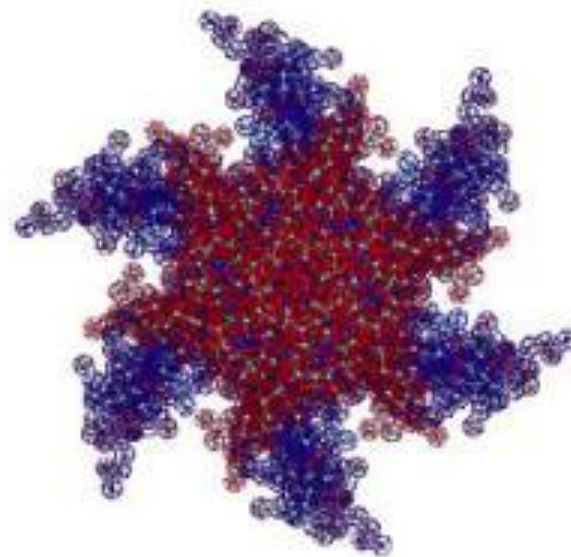
Например, молекула гемоглобина состоит из двух  $\alpha$ - и двух  $\beta$ - полипептидных цепей.

Каждая полипептидная цепь окружает группу гема – небелкового пигмента, придающего крови её красный цвет. Именно в составе гема находится катион железа, способный присоединять и транспортировать по организму необходимый для функционирования организма кислород.

Четвертичной структурой обладает около 5% белков, в том числе гемоглобин, иммуноглобулины, инсулин, ферритин, почти все ДНК- и РНК-полимеразы.



**Тетрамер гемоглобина**

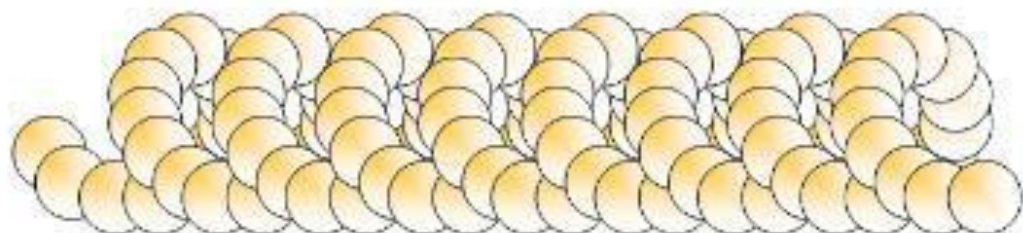


**Гексамер инсулина**

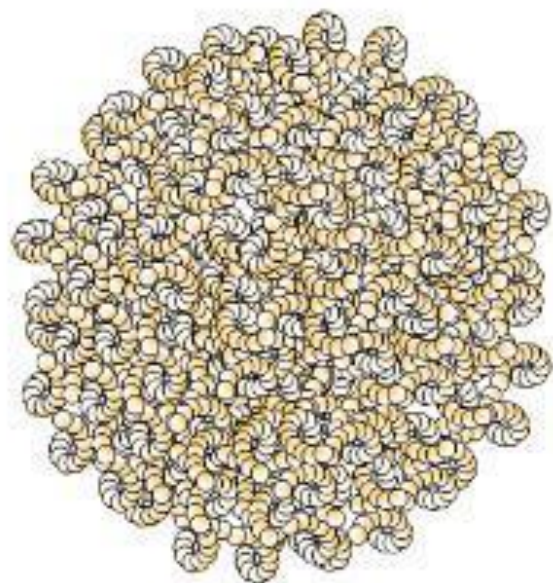
# Структуры белка



I – Вытянутая молекула



II – Спиралевидная молекула



III – Глобула



IV – Комплекс

## Пространственная структура белка

ПЕРВИЧНАЯ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АМИНОКИСЛОТНЫХ ЗВЕНЬЕВ В ПОЛИПЕПТИДНОЙ ЦЕПОЧКЕ. МЕЖДУ ЗВЕНЬЯМИ КОВАЛЕНТНАЯ СВЯЗЬ.

ВТОРИЧНАЯ

БЕЛКОВАЯ МАКРОМАЛЕКУЛА СВЕРНУТА В СПИРАЛЬ. КОВАЛЕНТНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ АМИНОКИСЛОТНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ. И СЛАБЫЕ ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ВИТКАМИ СПИРАЛИ.

ТРЕТИЧНАЯ

МОЛЕКУЛА БЕЛКА ЗАКРУЧЕНА (УЛОЖЕНА) В КЛУБОК (ГЛОБУЛУ) КОВАЛЕНТНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ АМИНОКИСЛОТНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ. И СЛАБЫЕ ВОДОРОДНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ВИТКАМИ СПИРАЛИ И ДИСУЛЬФИДНЫМИ МОТИКАМИ МЕЖДУ РАДИКАЛАМИ НЕКОТОРЫХ АМИНОКИСЛОТ.

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ

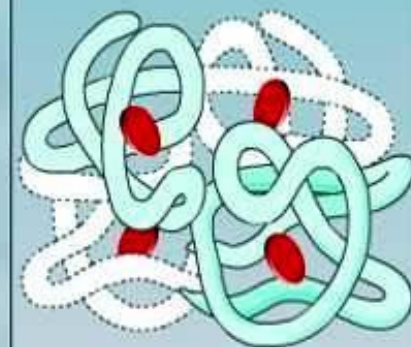
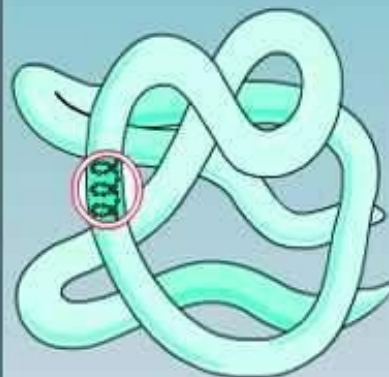
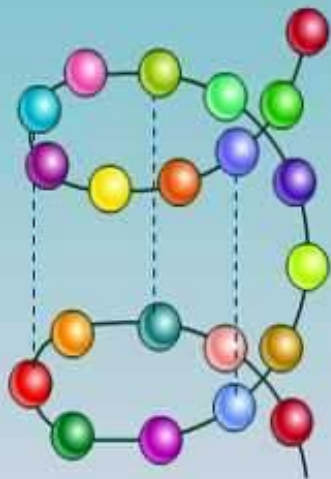
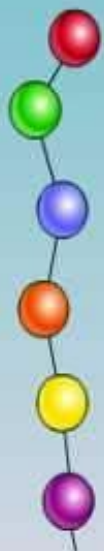
СЛОЖНЫЙ АГРЕГАТНЫЙ КОМПЛЕКС ИЗ ПОЛИПЕПТИДНЫХ ЦЕПЕЙ. ПРИСУТСТВУЮТ ВСЕ ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ ТИПЫ СВЯЗИ.

I структура

II структура

III структура

IV структура

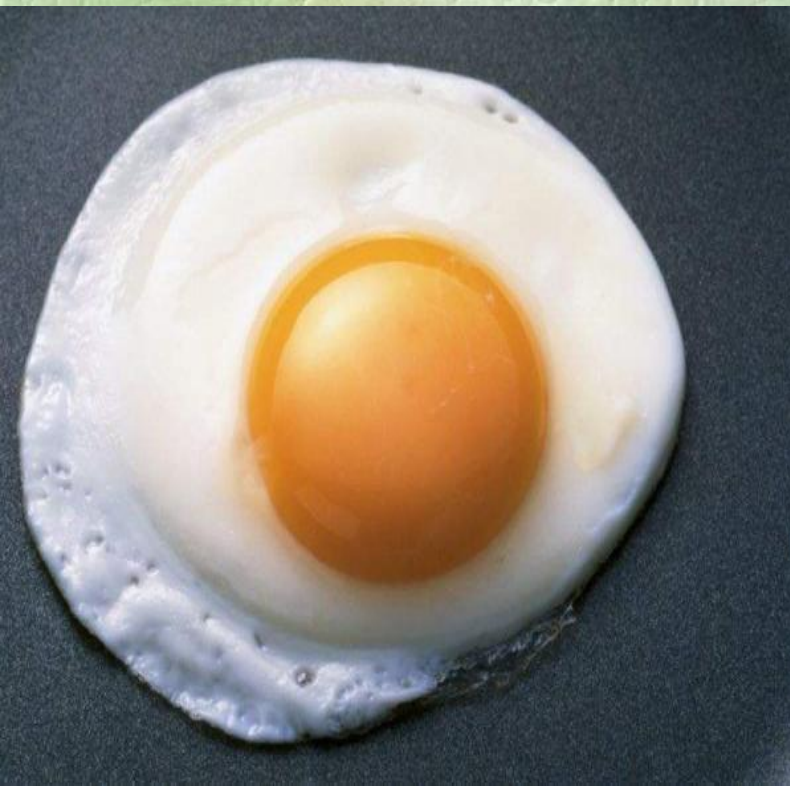


# Уровни организации белка

- Размер каждой аминокислоты около 0,3 нм,
- Белок, состоящий из многих аминокислотных остатков, должен представлять собой длинную нить
- Размеры молекул белков гораздо меньше
- Макромолекулы белков имеют форму компактных шариков (глобул) или вытянутых структур (фибрилл)
- Полипептидная цепь каким-то образом сплетена, образуя клубок или пучок нитей
- Она свёртывается упорядоченно, для каждого белка определённым образом

# Химические свойства белков

1. **Гидролиз** (кислотно-основный, ферментативный), в результате которого образуются аминокислоты.
2. **Денатурация** – нарушение природной структуры белка под действием нагревания или химических реагентов.



Денатурированный белок теряет свои биологические свойства.

3. **Ренатурация** - полное или частичное восстановление денатурированными биополимерами своих свойств, в т. ч. биологической активности...

# Цветные реакции на белки

**1. Ксантопротеиновая** – взаимодействие с концентрированной азотной кислотой, которое сопровождается появлением желтой окраски.

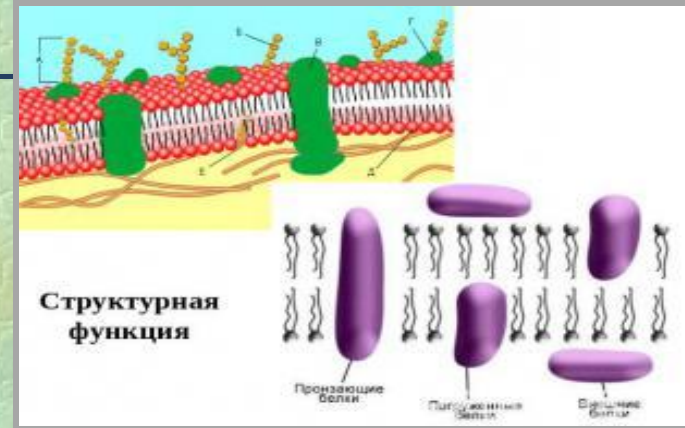


**2. Биуретовая** – взаимодействие слабощелочных растворов белков с раствором сульфата меди (II), в результате которой появляется фиолетово-синяя окраска.



# Функции белков

- **Строительная (пластическая)** – белки участвуют в образовании оболочки клетки, органоидов и мембран клетки.

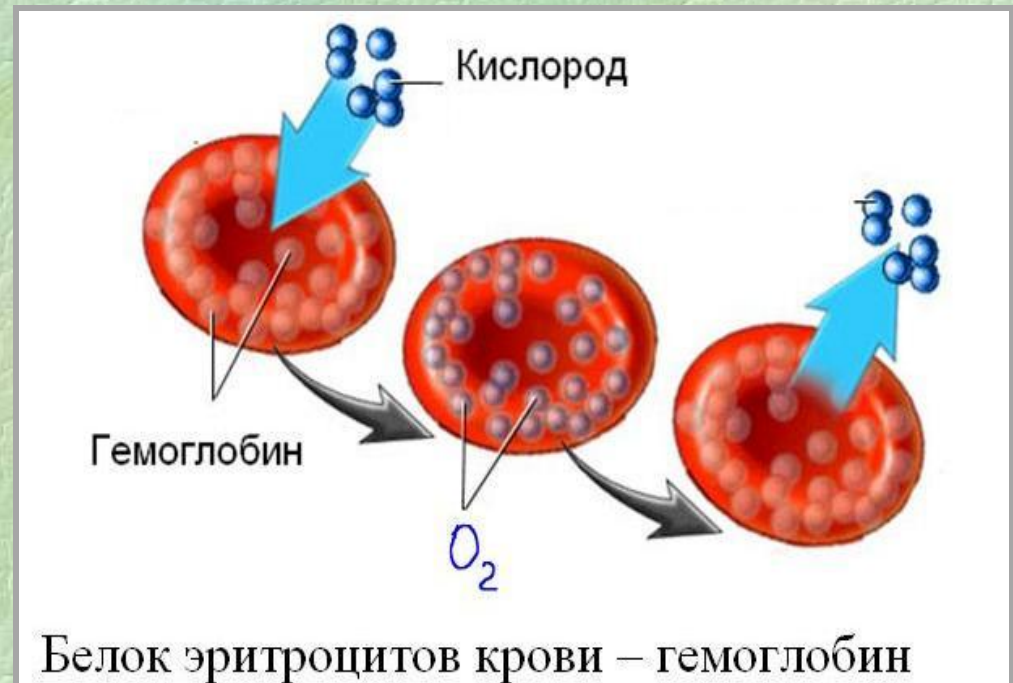
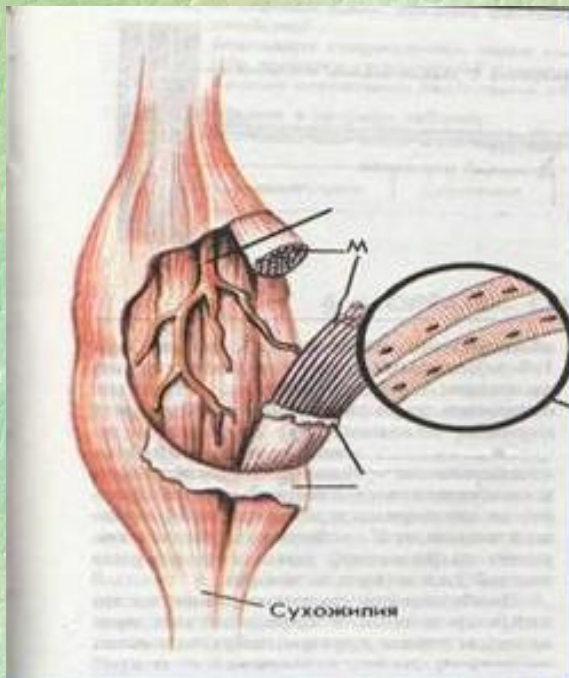


- **Каталитическая** – все клеточные катализаторы – белки (активные центры фермента).





- **Двигательная** – сократительные белки вызывают всякое движение.
- **Транспортная** – белок крови гемоглобин присоединяет кислород и разносит его по всем тканям.



Белок эритроцитов крови – гемоглобин

● **Защитная** – выработка белковых тел и антител для обезвреживания чужеродных веществ.



● **Энергетическая** – 1 г белка эквивалентен 17,6 кДж.



● **Рецепторная** – реакция на внешний раздражитель

# Белки – источник незаменимых аминокислот.

## Полноценные Белки



## Неполноценные Белки



# Продукты, богатые белком:



Творог, мясо, рыба, сыры, соя, горох, фасоль,  
орехи

# Суточная норма белка

- Суточная норма потребления белка составляет 0.75-0.80 грамм на килограмм веса для взрослого (около 56 грамм в сутки для среднего мужчины и 45 грамм для женщины)
- Детям требуется больше белка - до 1.9 грамм на килограмм веса в сутки.

