

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

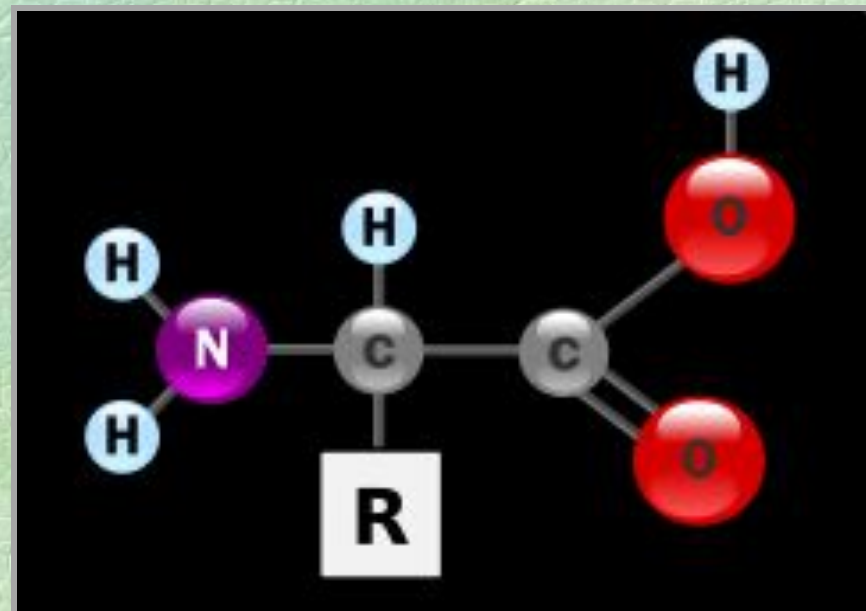


Белки — высокомолекулярные органические соединения (биополимеры), состоящие из мономеров, которыми являются аминокислоты, соединенные пептидной связью.

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 %;

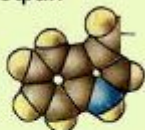
Стебли, корни, листья — 3% - 5%

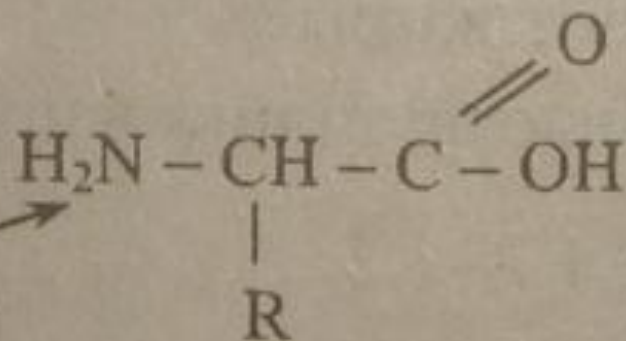
Плоды — 1-2%

- **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 ($\sim 2 \cdot 10^{18}$)
- **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

Аргинин Arg R  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Аланин Ala A  $\text{CH}_3-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Аспарагин Asn N  $\text{NH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Гистидин His H  $\text{HC}=\text{C}(\text{NH})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Глицин Gli G  $\text{H}-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$
Валин Val V  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Лейцин Leu L  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Изолейцин Ile I  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Лизин Lys K  $\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Пролин Pro P  $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$
Тирозин Tyr Y  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Треонин Thr T  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Триптофан Trp W  $\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Метионин Met M  $\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Фенилаланин Phe F  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$
Глутаминовая кислота Glu E  $-\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Глутамин Gln Q  $\text{NH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Серин Ser S  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Цистеин Cys C  $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$	Гистидин His H  $\text{HC}=\text{C}(\text{NH})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{H})(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$

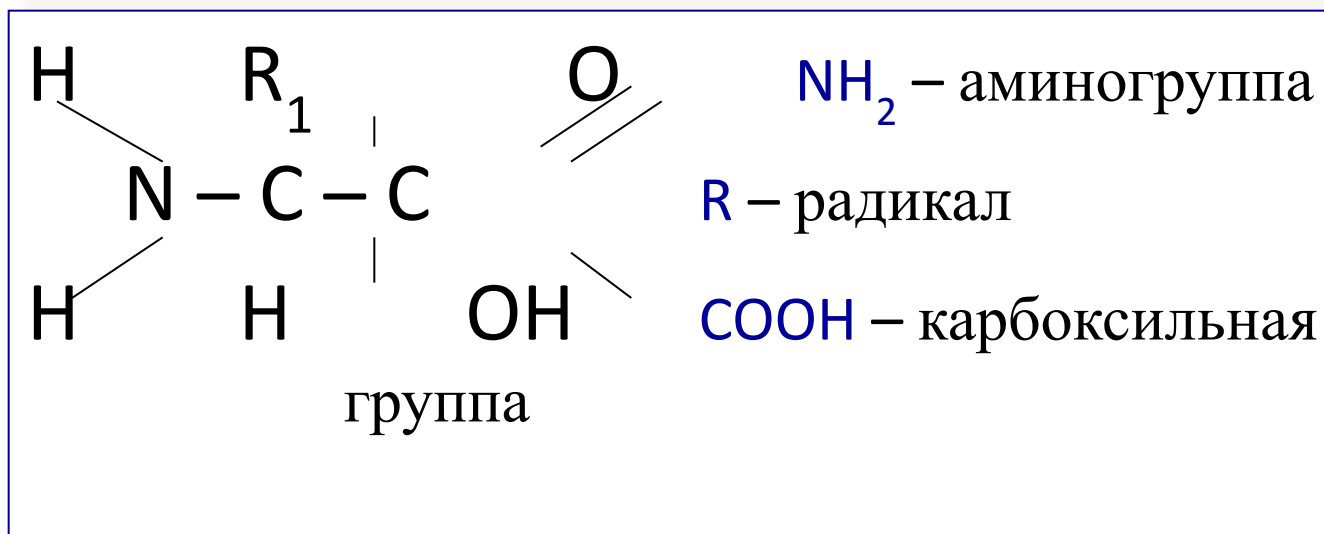


аминогруппа,
обладает
свойствами
основания

радикал –
разный
у всех
аминокислот

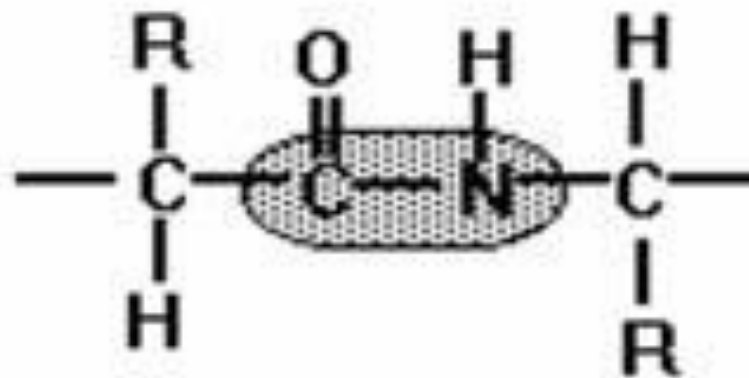
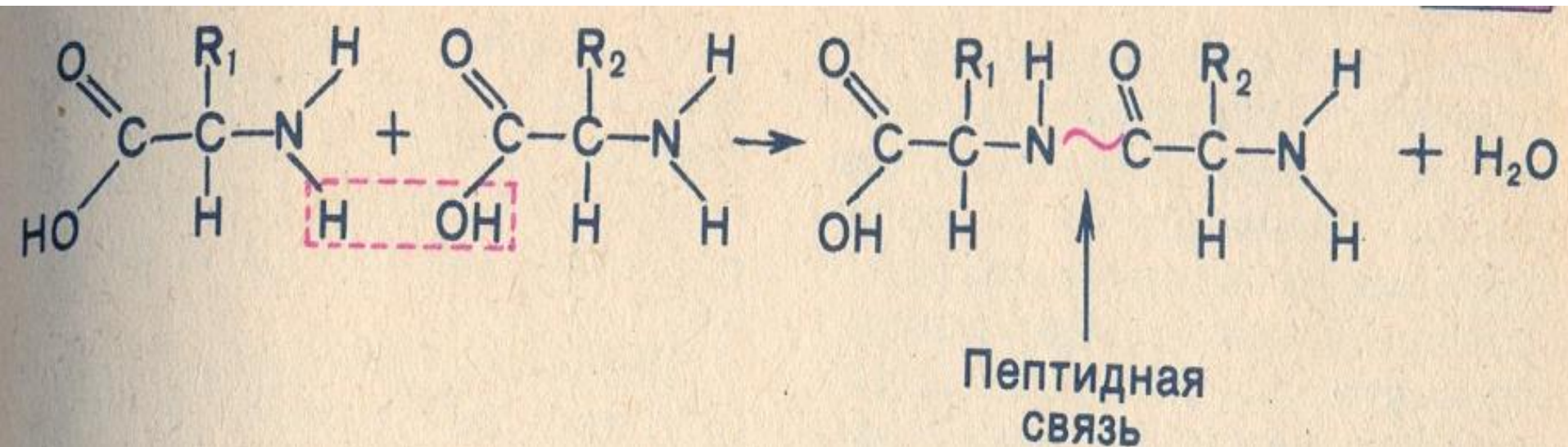
карбоксильная
группа,
обладает
кислотными
свойствами

Общая формула аминокислот



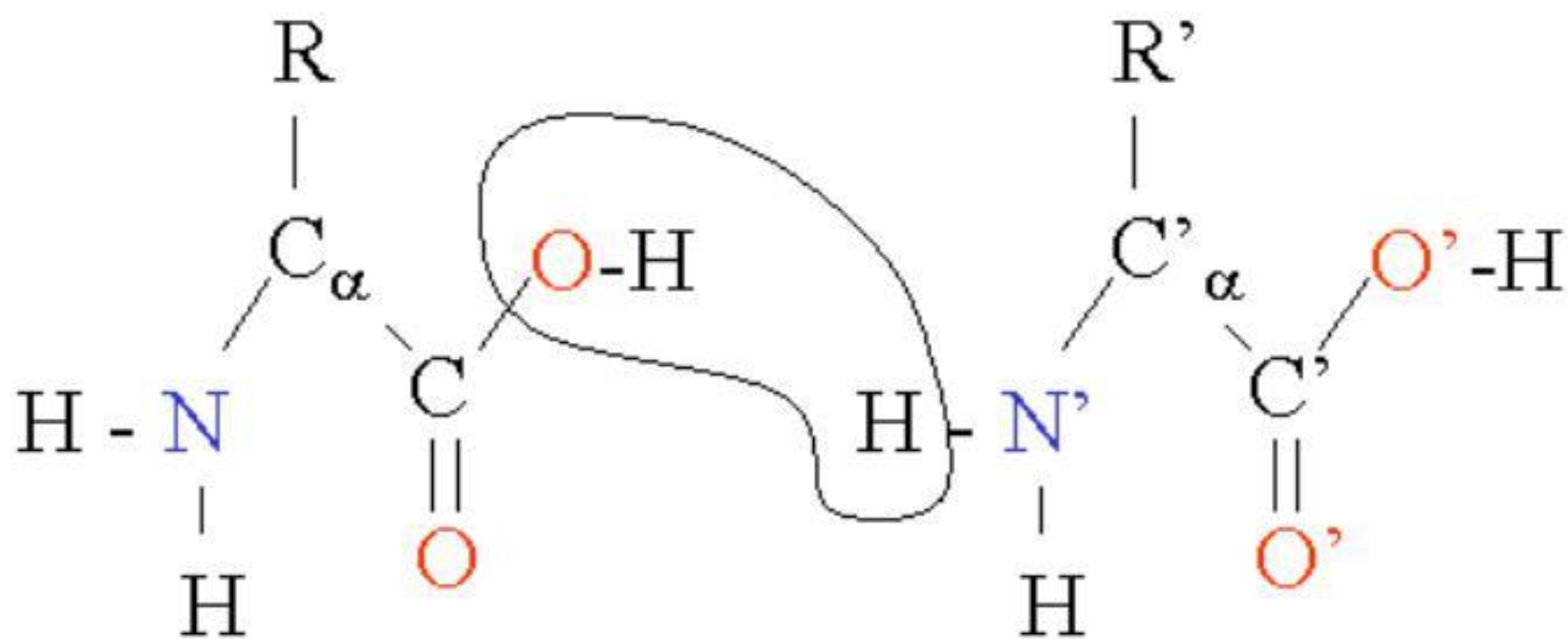
Аминокислоты являются амфотерными соединениями (в растворе они могут выступать как в роли кислот, так и оснований)

Как связаны аминокислоты

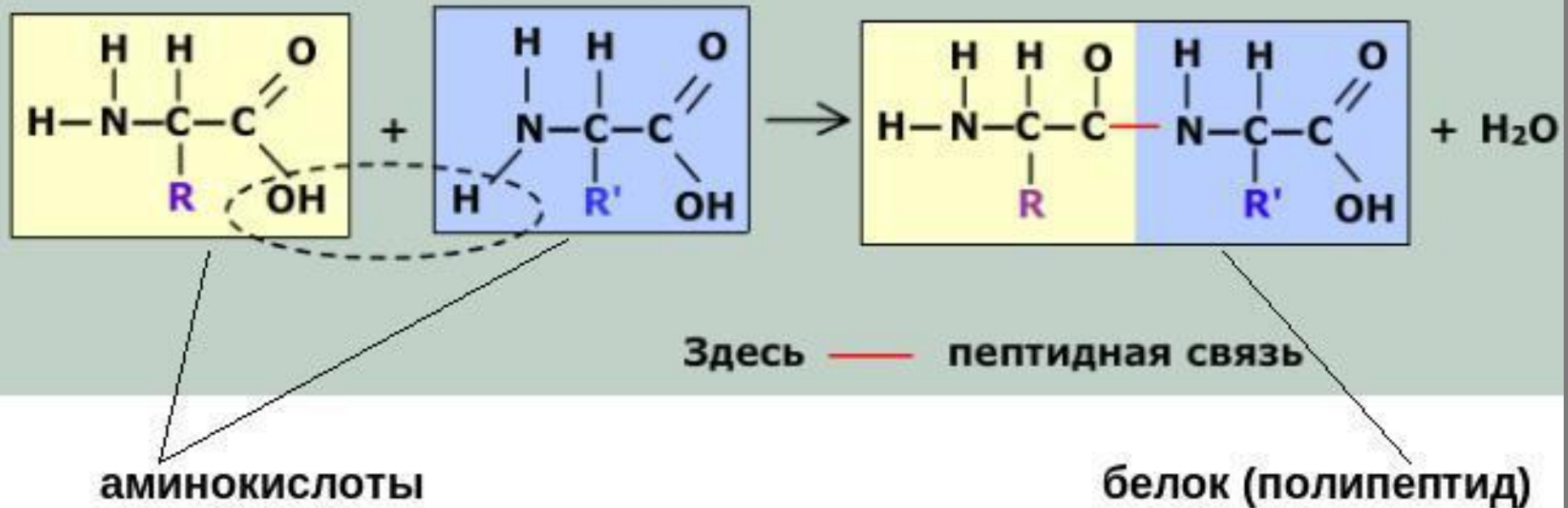


пептидная связь
(заштрихована)

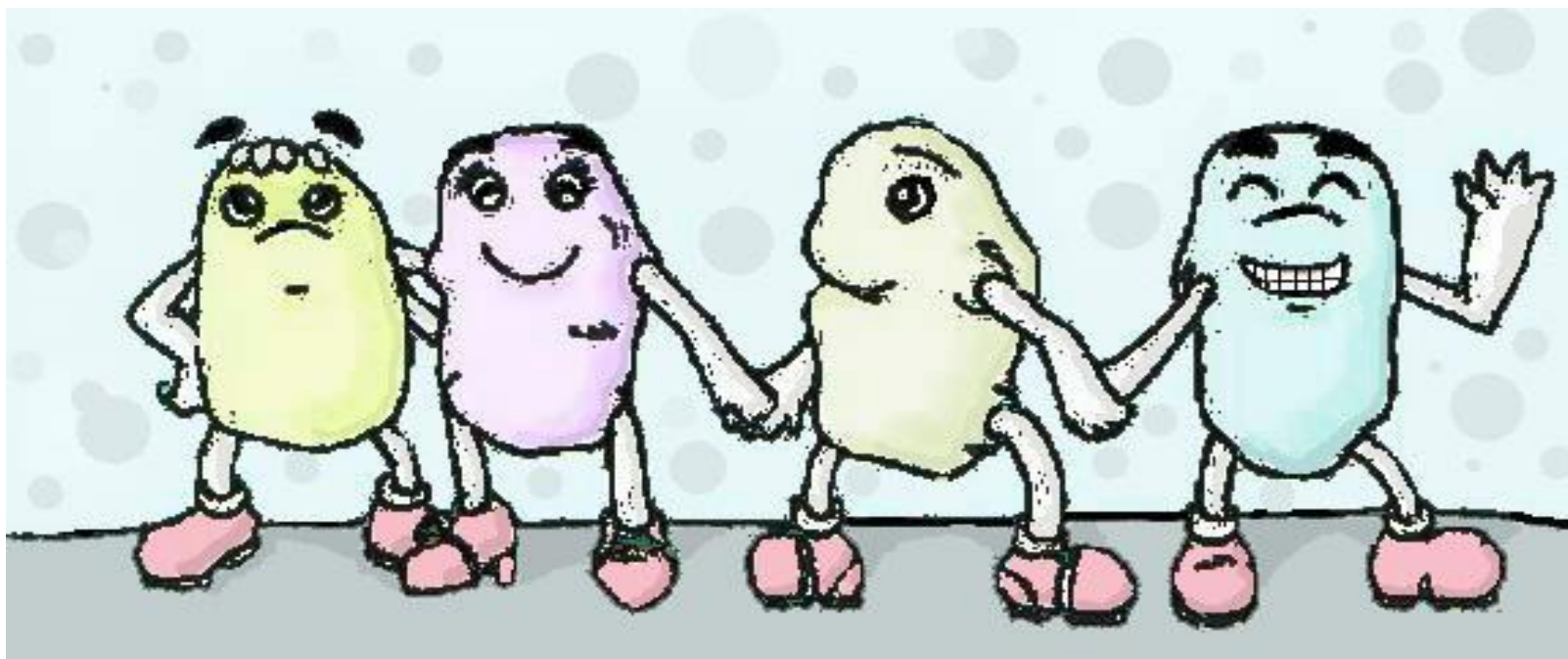
Пептидная связь



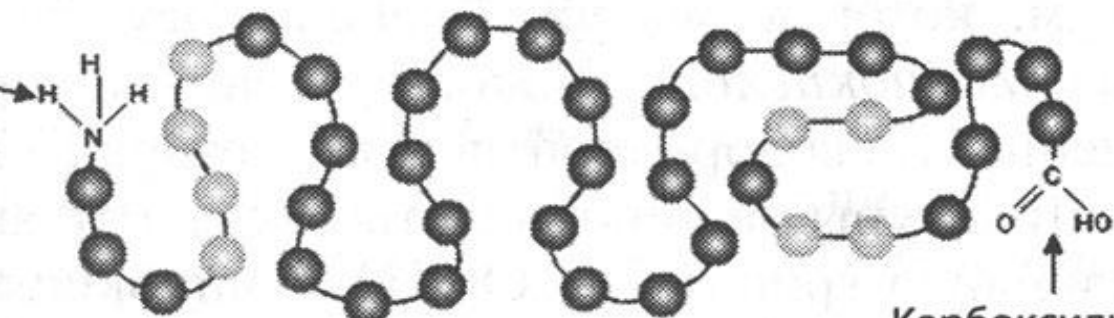
Первичная структура белка



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



Аминогруппа

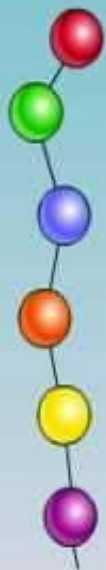


Карбоксильная группа

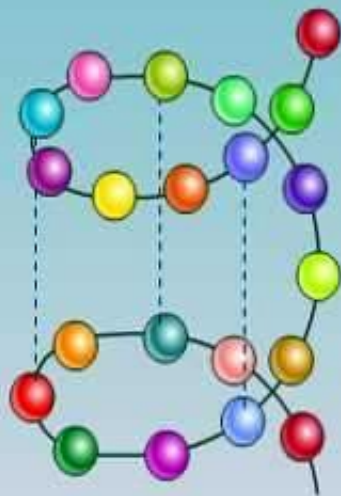
Полипептидная цепь

Рис. 8.2. Первичная структура белка

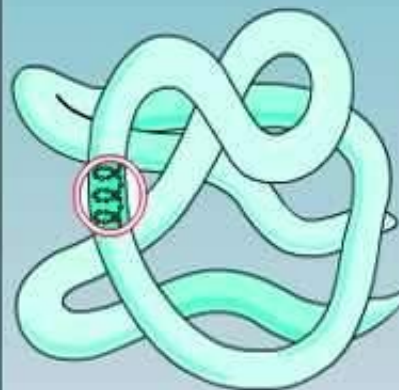
I структура



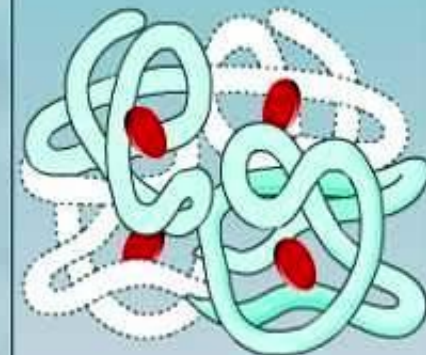
II структура



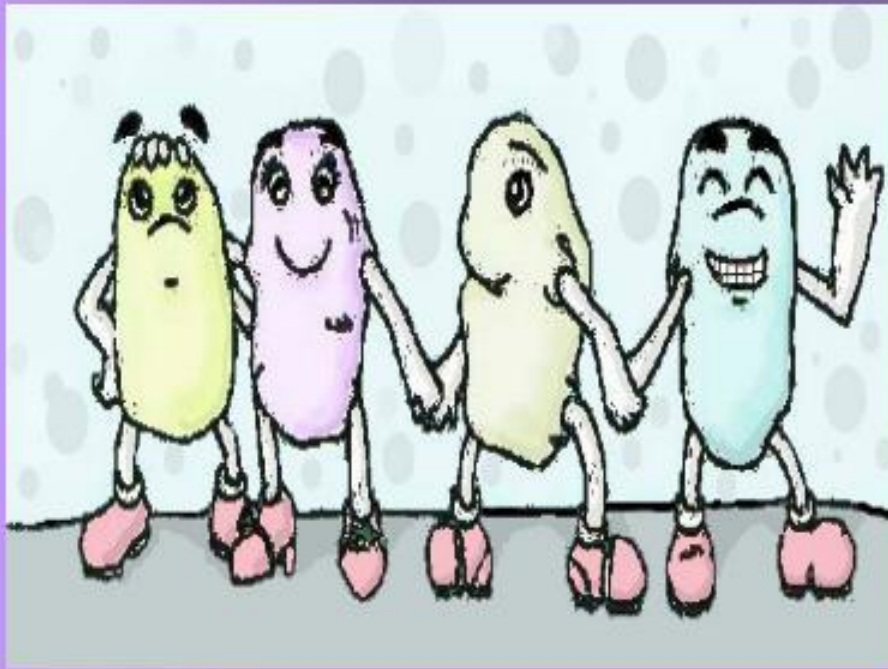
III структура



IV структура

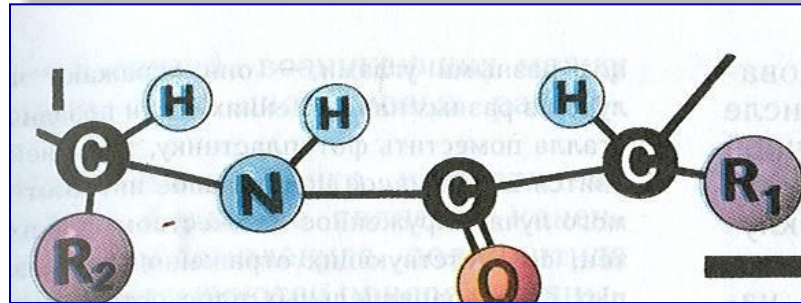


Первичная структура белка.



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

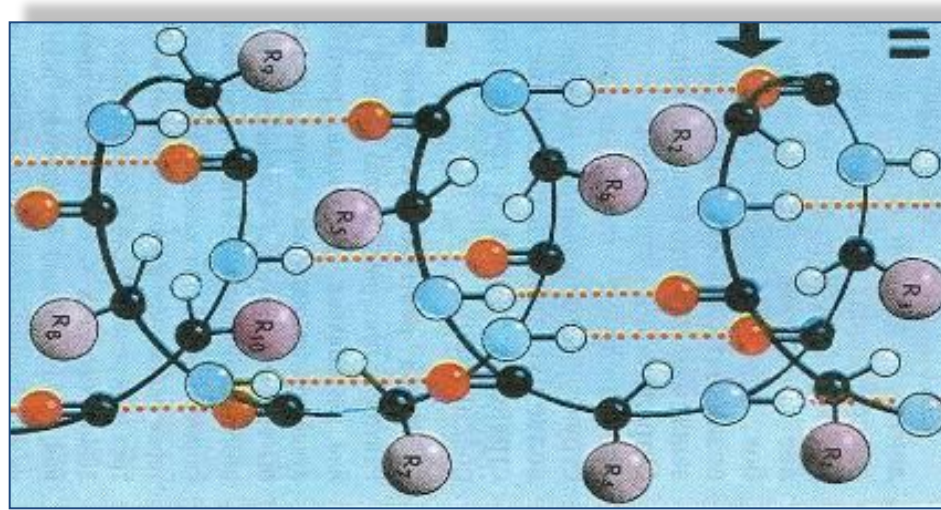
Первичная структура



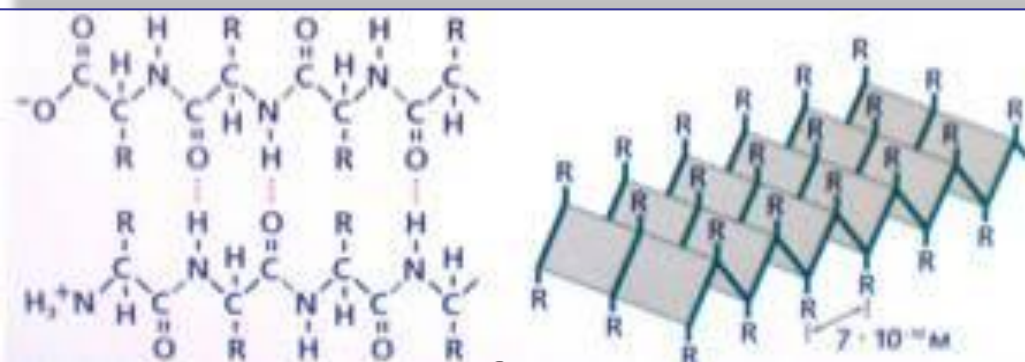
Первичная структура – полипептидная цепь, в которой пептидные связи между аминокислотными остатками.

Вторичная структура

Вторичная структура – спираль, поддерживается водородными связями, каждая из которых в 15 – 20 раз слабее ковалентной.



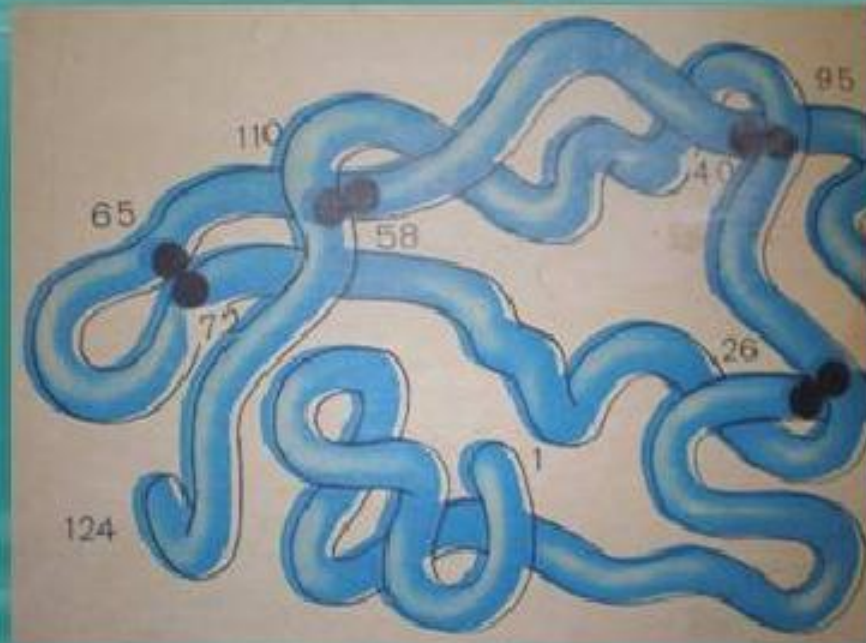
α -спираль



β - спираль

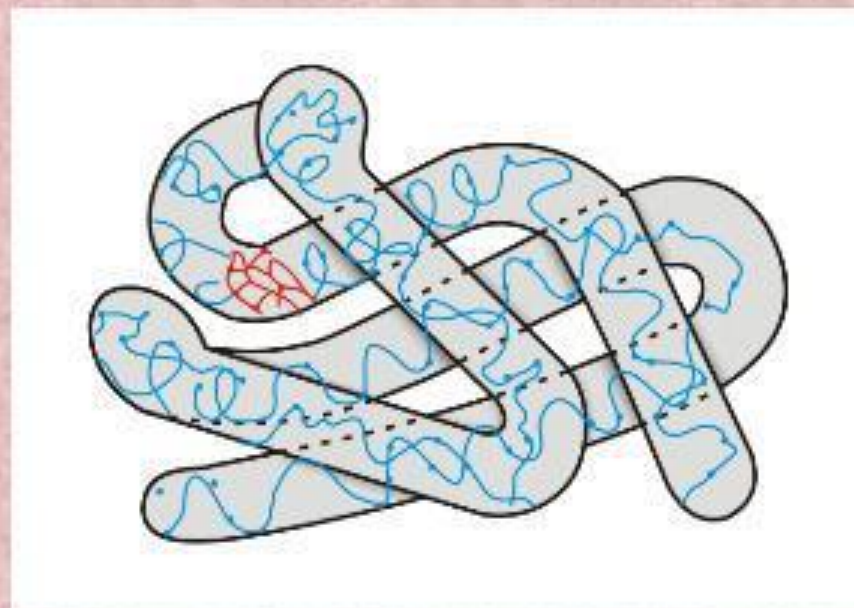
Третичная структура белка

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

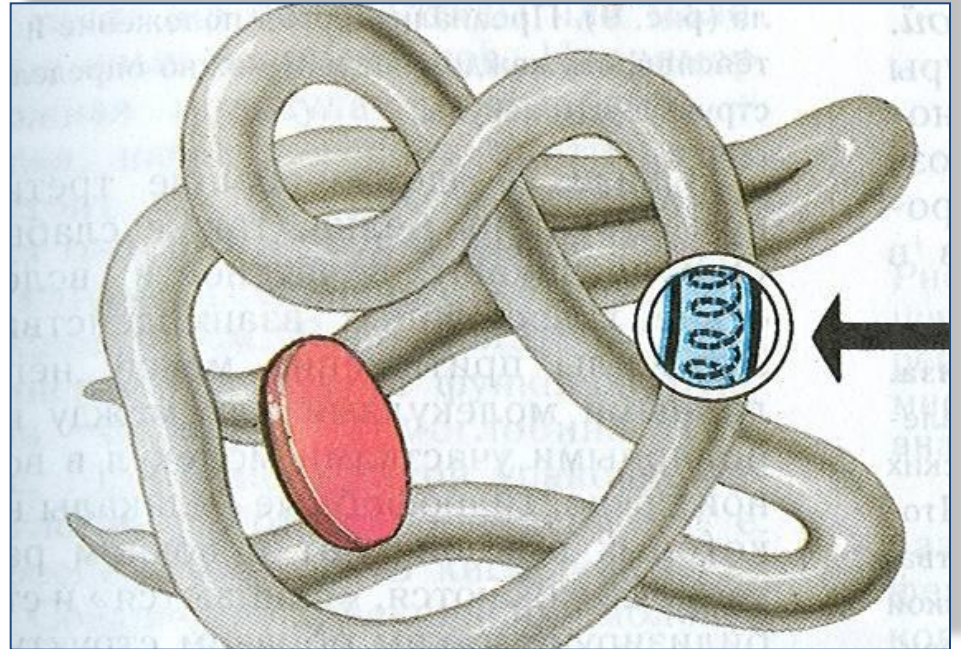


Третичная структура белка:

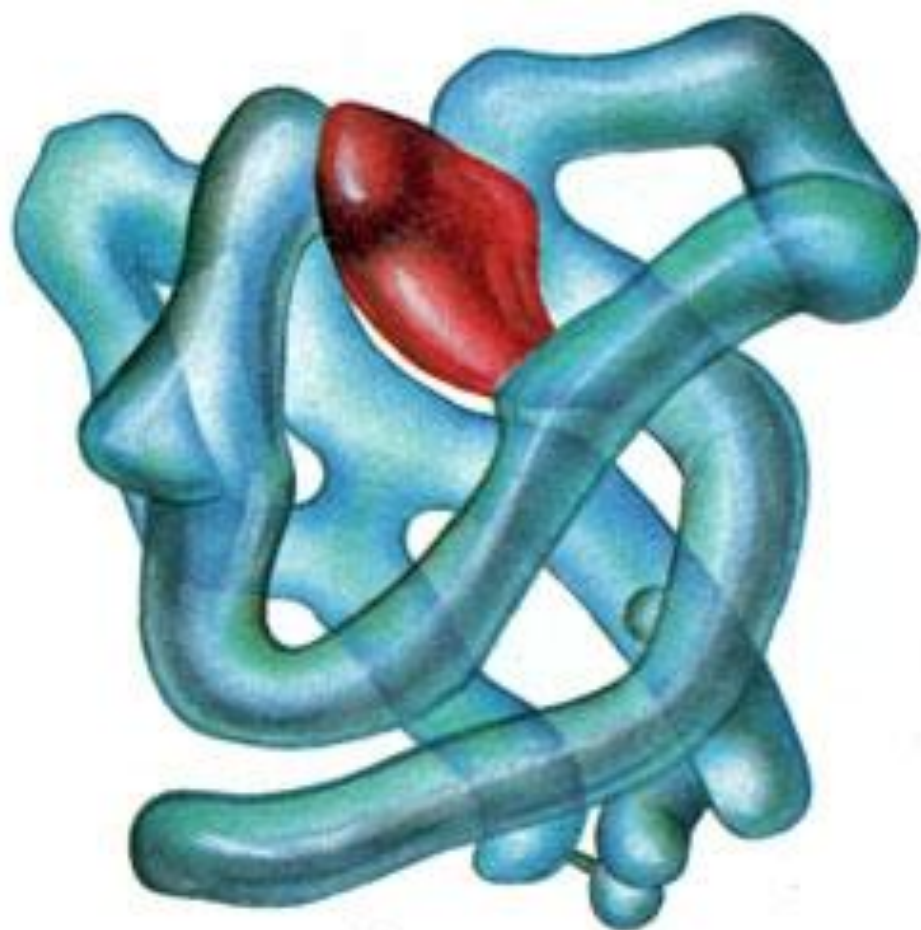
Атомы серы двух а/т, находящихся на расстоянии друг от друга в полипептидной цепи, соединяются, образуя так называемые дисульфидные, или S-S, связи



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

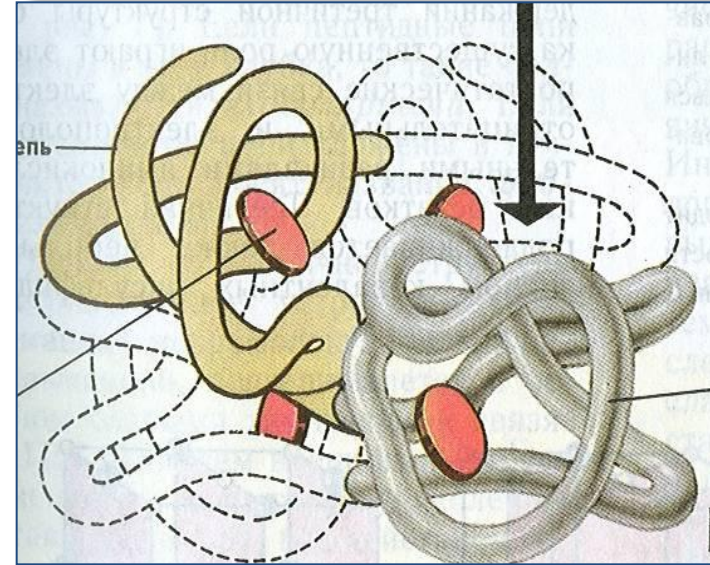


a



b

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

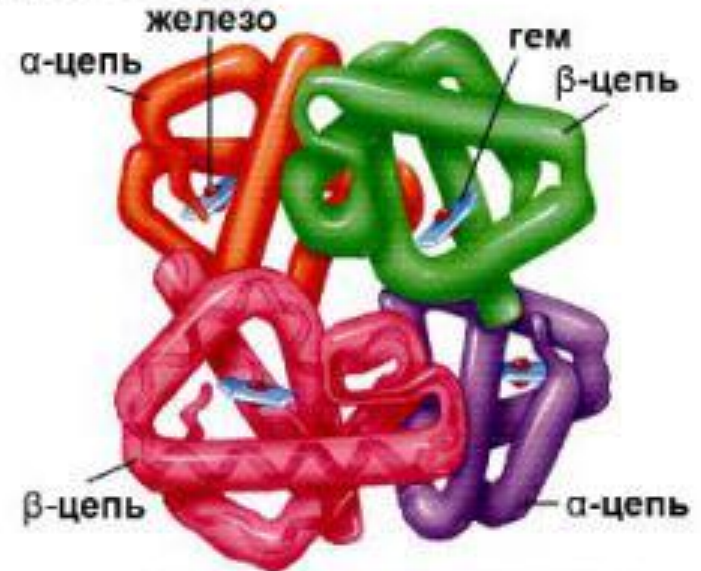
• Четвертичная структура белка – способ укладки в пространстве отдельных полипептидных цепей и формирование структурно и функционально единого макромолекулярного образования.

• 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).

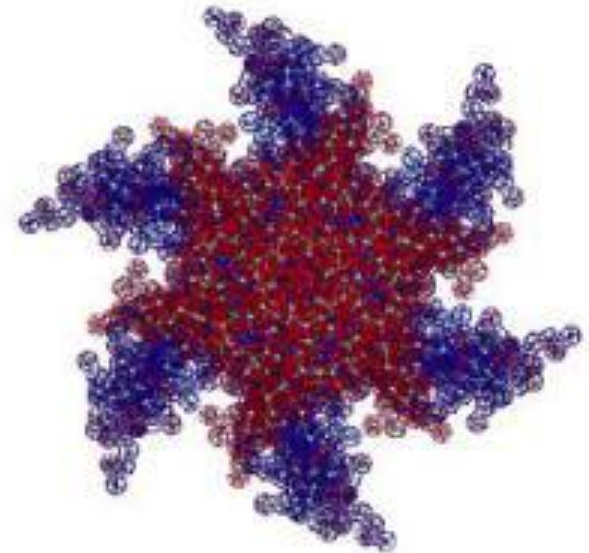
Например, молекула гемоглобина состоит из двух α - и двух β - полипептидных цепей.

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

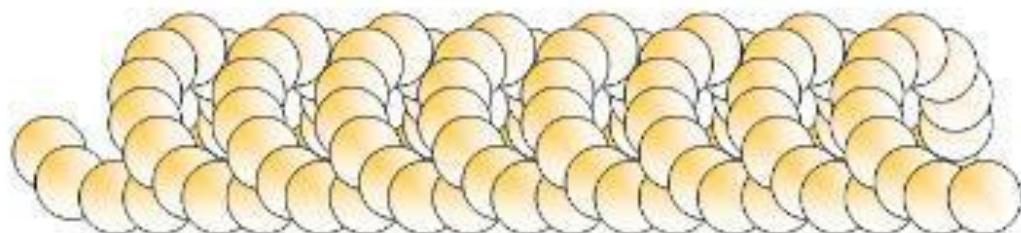


Гексамер инсулина

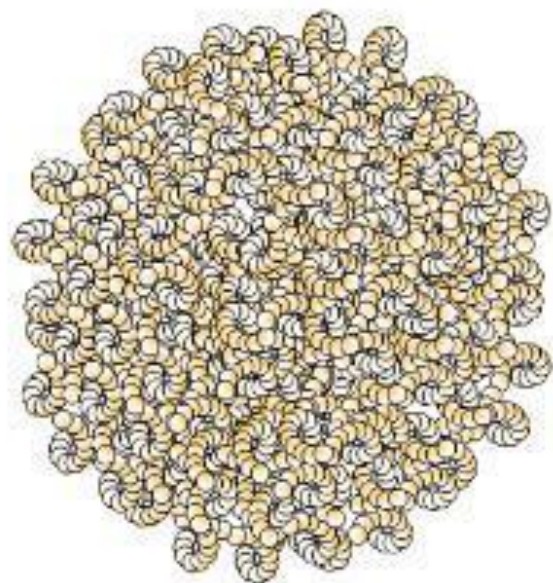
Структуры белка



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.

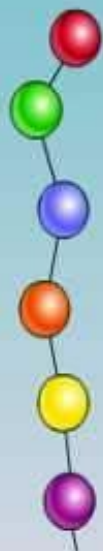
ТРЕТИЧНАЯ

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

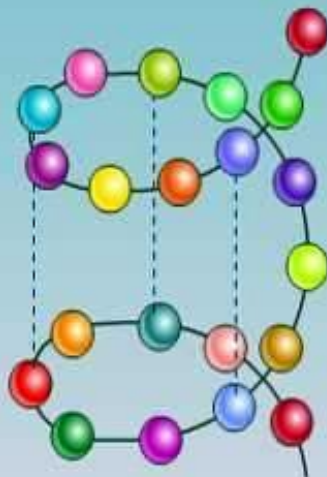
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ

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

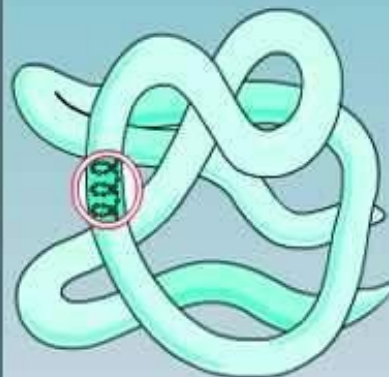
I структура



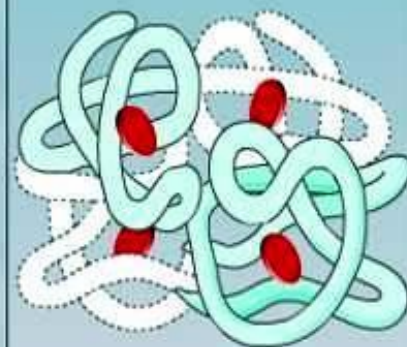
II структура



III структура



IV структура

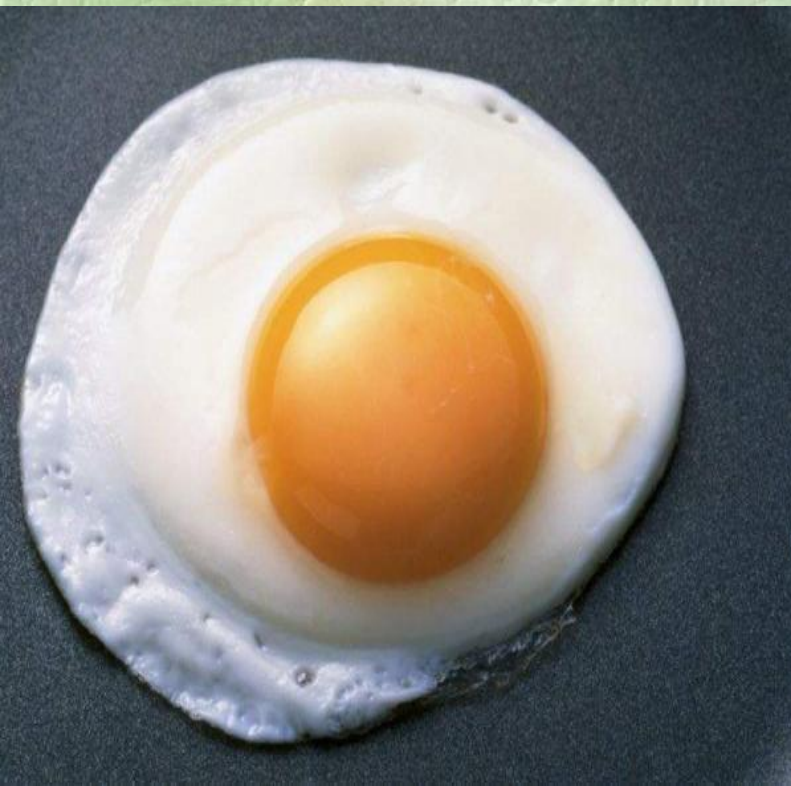


Уровни организации белка

- 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.

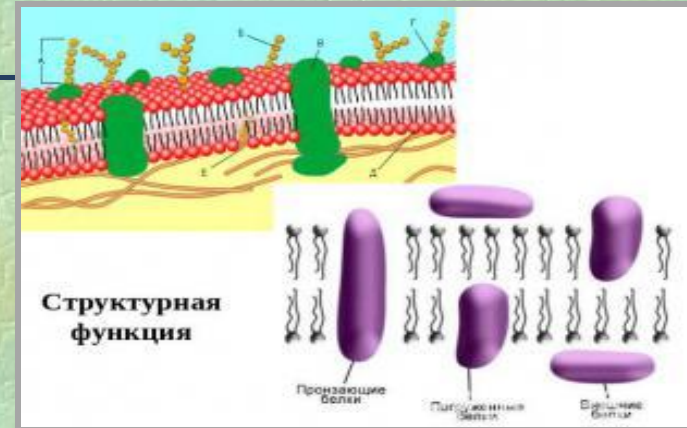


2. Биуретовая – взаимодействие слабощелочных растворов белков с раствором сульфата меди (II), в результате которой появляется фиолетово-синяя окраска.



Функции белков

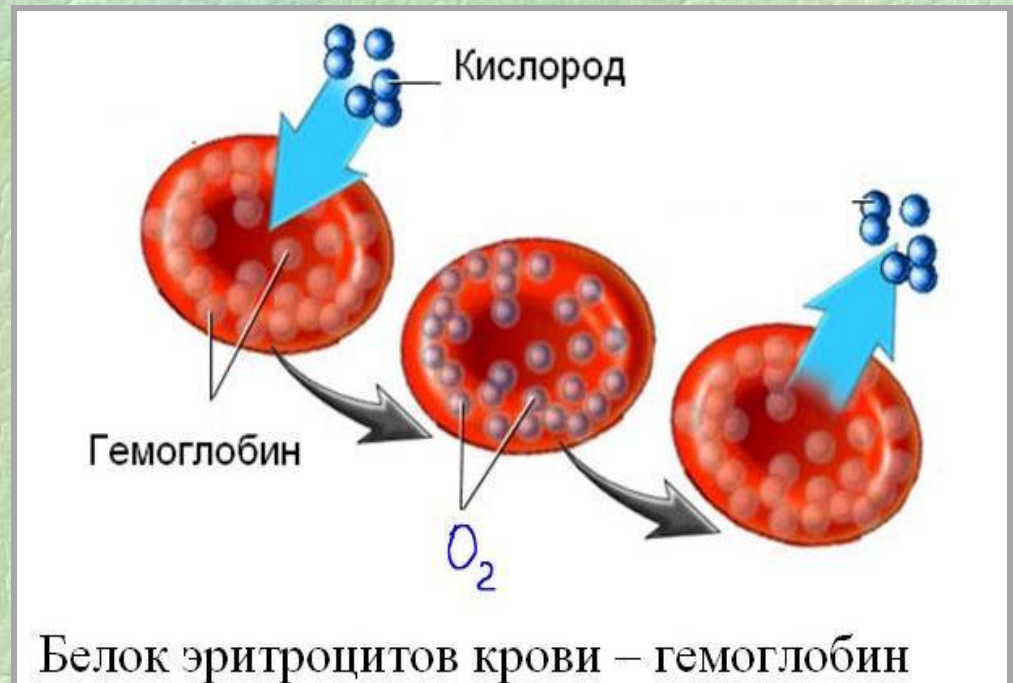
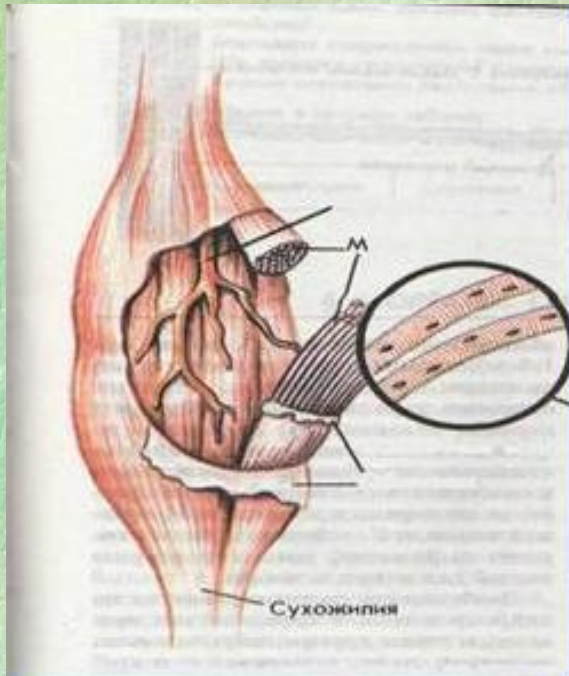
- **Строительная (пластическая)** – белки участвуют в образовании оболочки клетки, органоидов и мембран клетки.



- **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.



● **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.

