

# Белки. Строение и функции

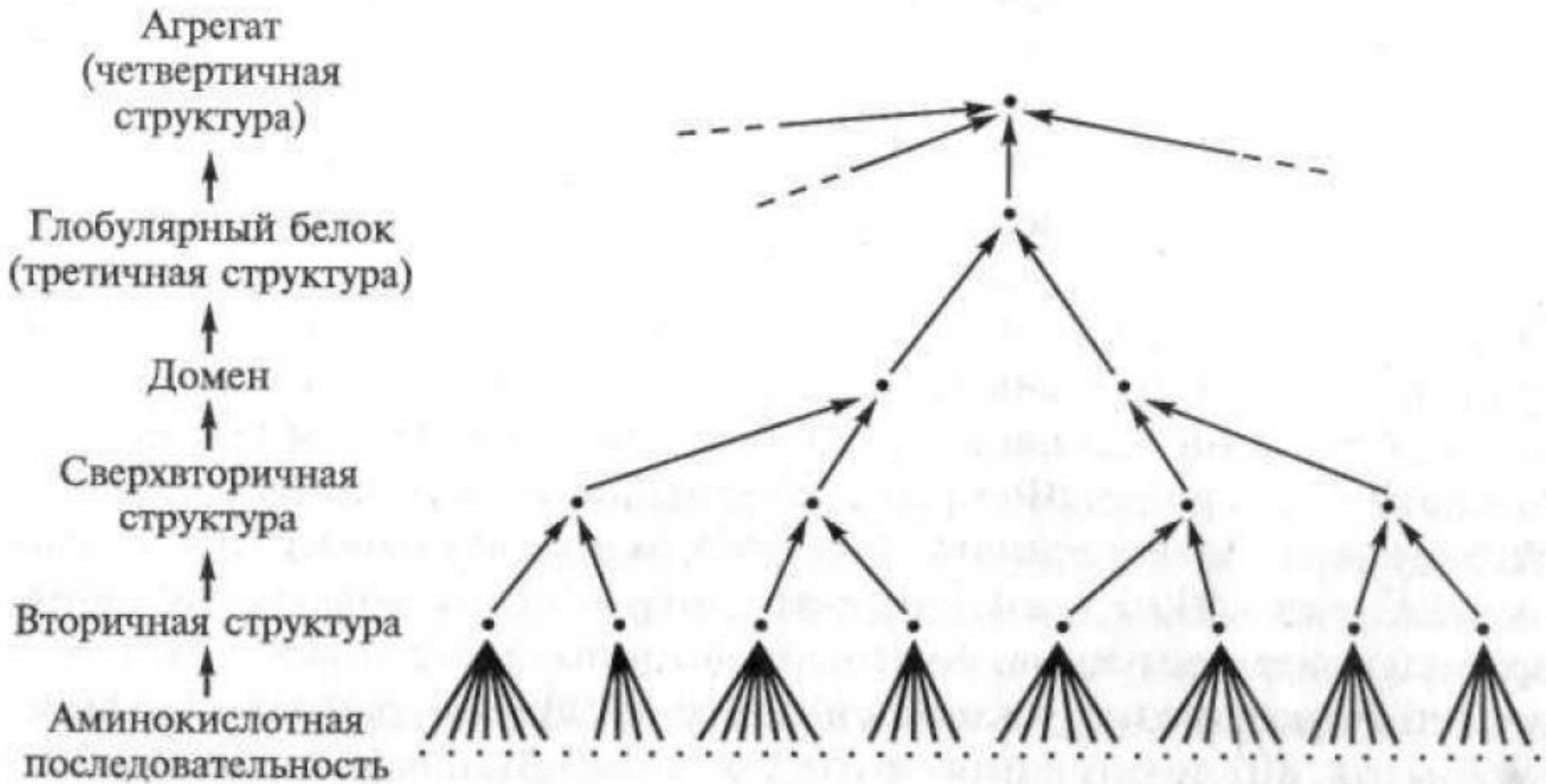
9 кл

# Белки – это

сложные органические вещества, выполняющие в клетке важные функции

Белки представляют собой гигантские биополимерные молекулы, мономерами которых являются **аминокислоты**. В природе известно более 150 различных аминокислот, но в построении белков живых организмов участвуют только 20, их называют – **протеиногенные аминокислоты**

Последовательность аминокислот в белке несет информацию о построении пространственной структуры и функциях белка!



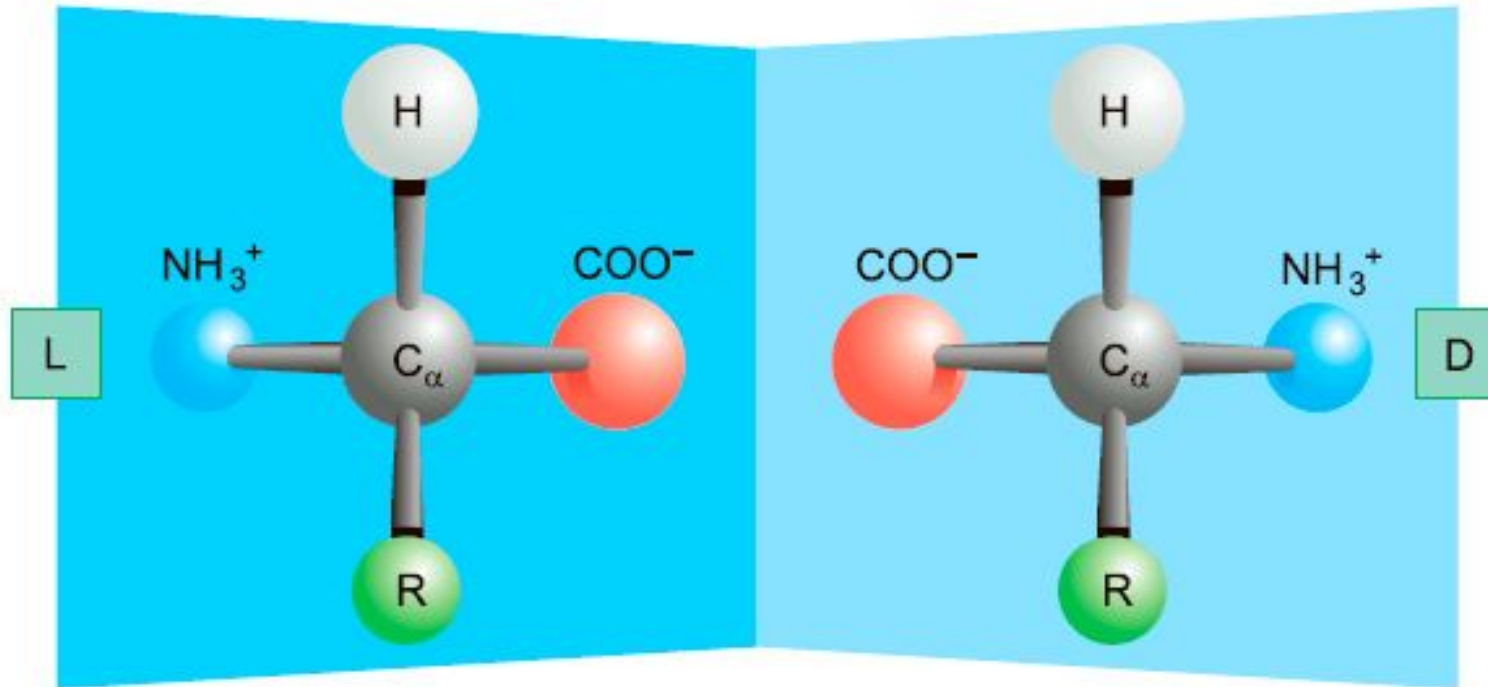
# Аминокислоты

Все аминокислоты — **амфотерные соединения**, они могут проявлять как кислотные свойства, обусловленные наличием в их молекулах **карбоксильной группы —COOH**, так и основные свойства, обусловленные **аминогруппой —NH<sub>2</sub>**

Особенности физических и химических свойств аминокислот обусловлены их строением — присутствием одновременно двух противоположных по свойствам функциональных групп: **кислотной и основной**

# Аминокислоты в природе могут находиться в двух разных изомерных формах — L и D

Атом  $\alpha$ -углерода асимметричен, в силу чего возможно существование двух зеркальных отображений, или стереоизомеров — L и D.



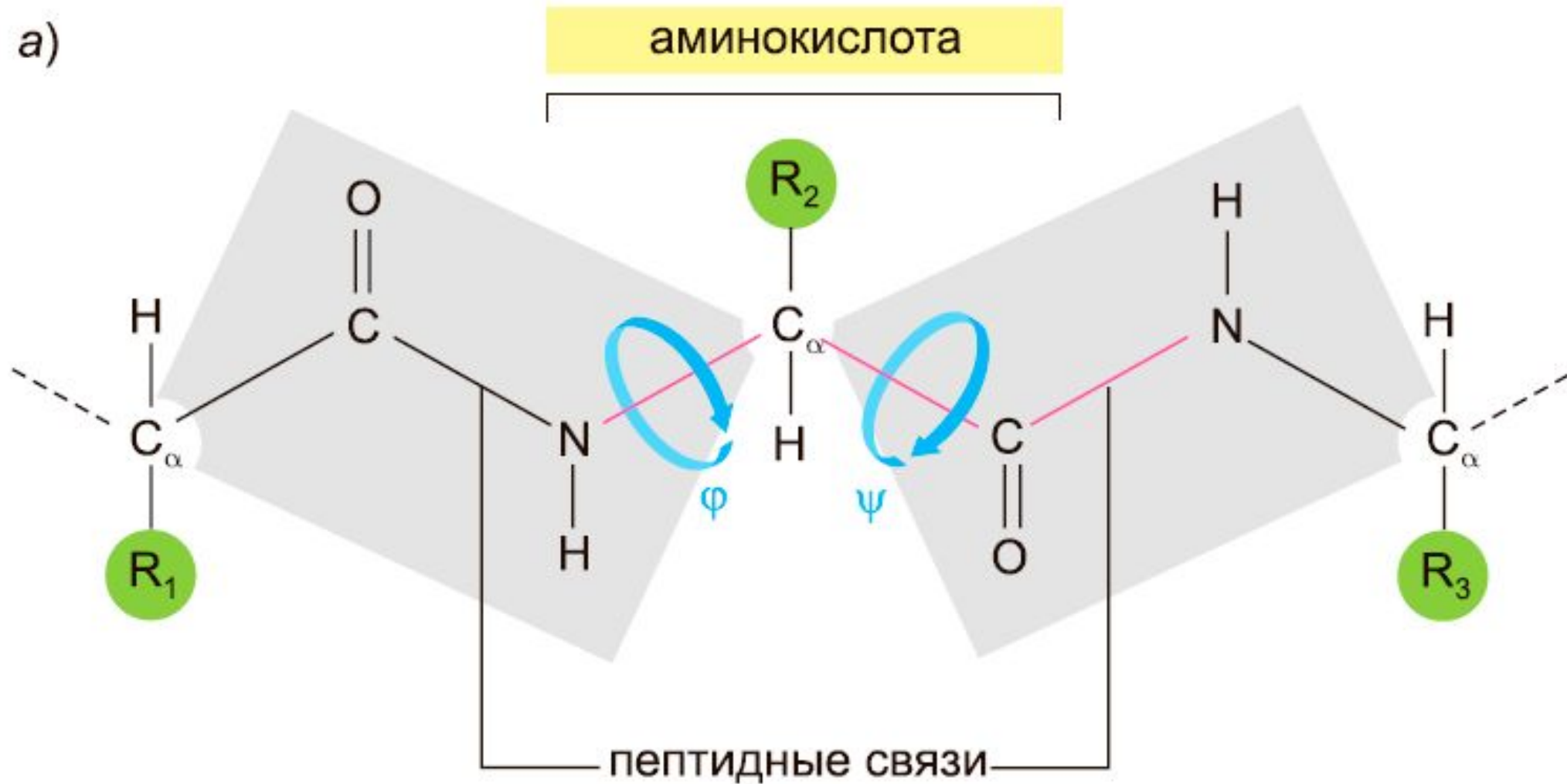
Белки состоят исключительно из L-аминокислот.

**Первичная структура белков — это последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи**

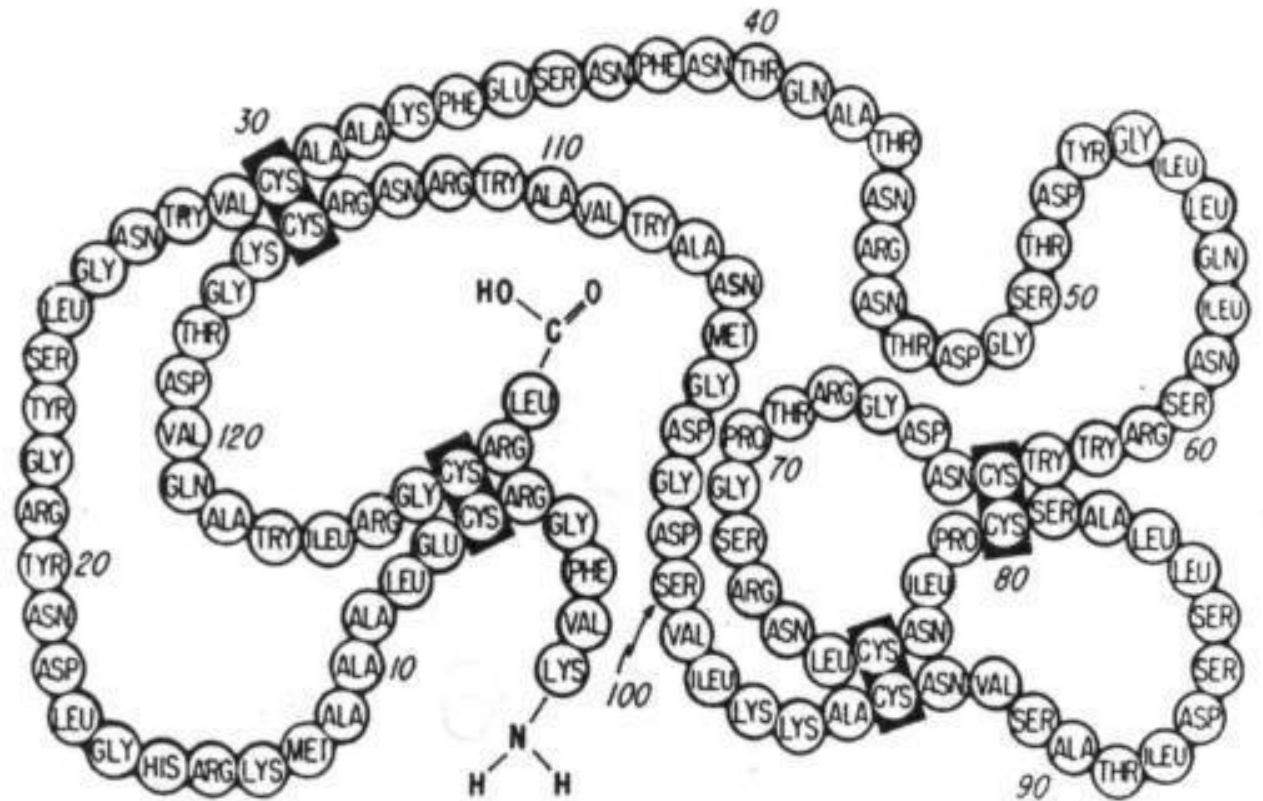
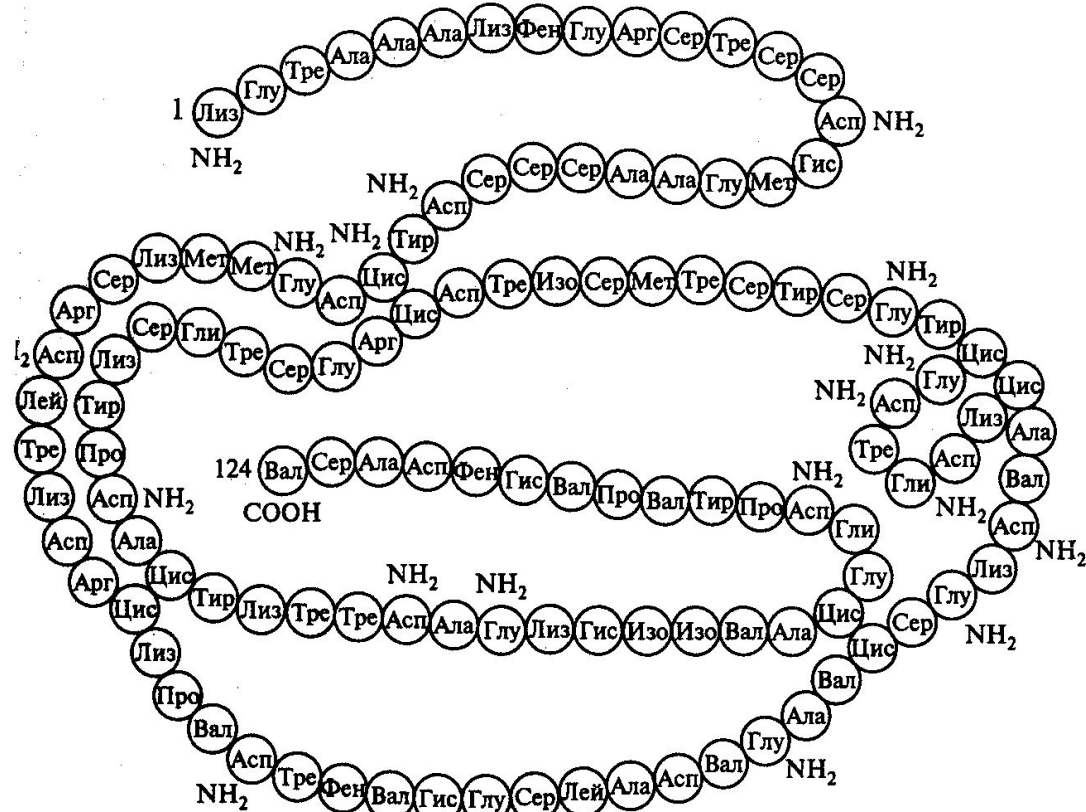


# Пептидная связь

a)



Первичная структура закреплена генетически и определяет вторичную, третичную и четвертичную структуры белковой молекулы и ее общую конформацию (пространственное



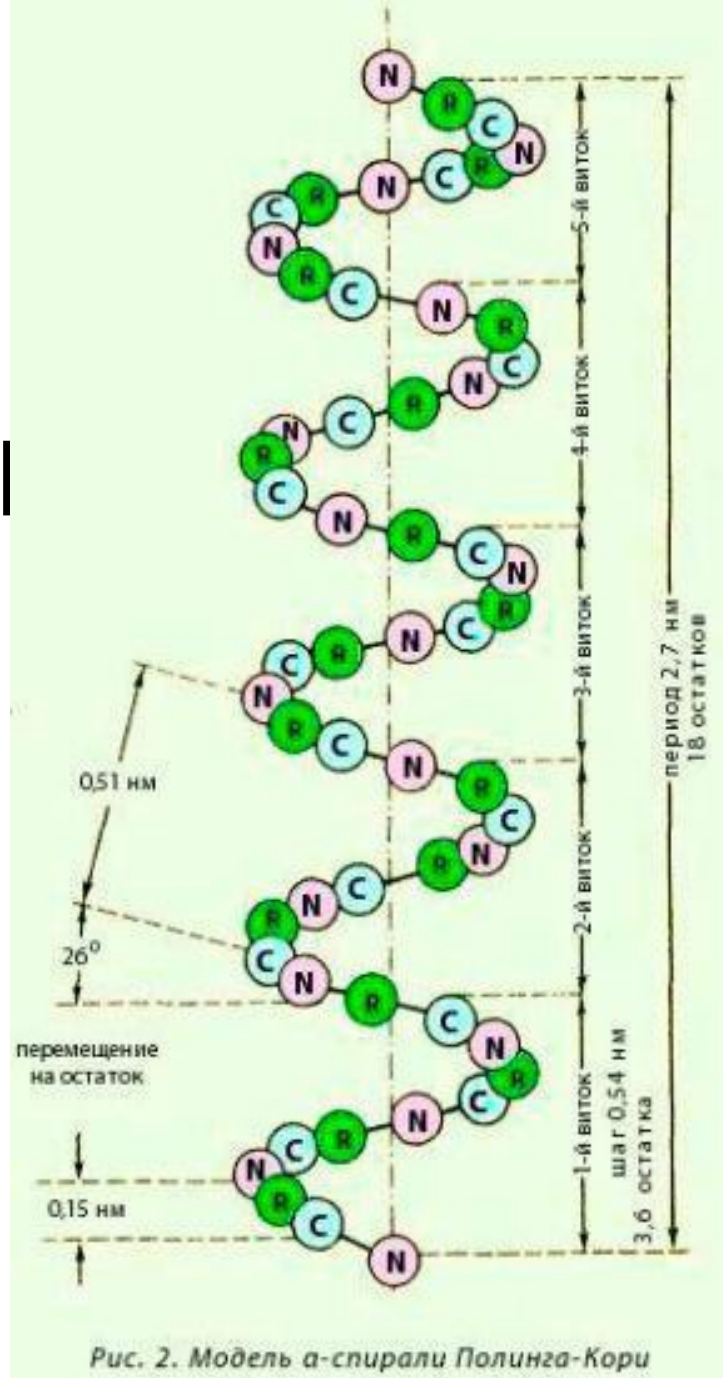


# Вторичная структура

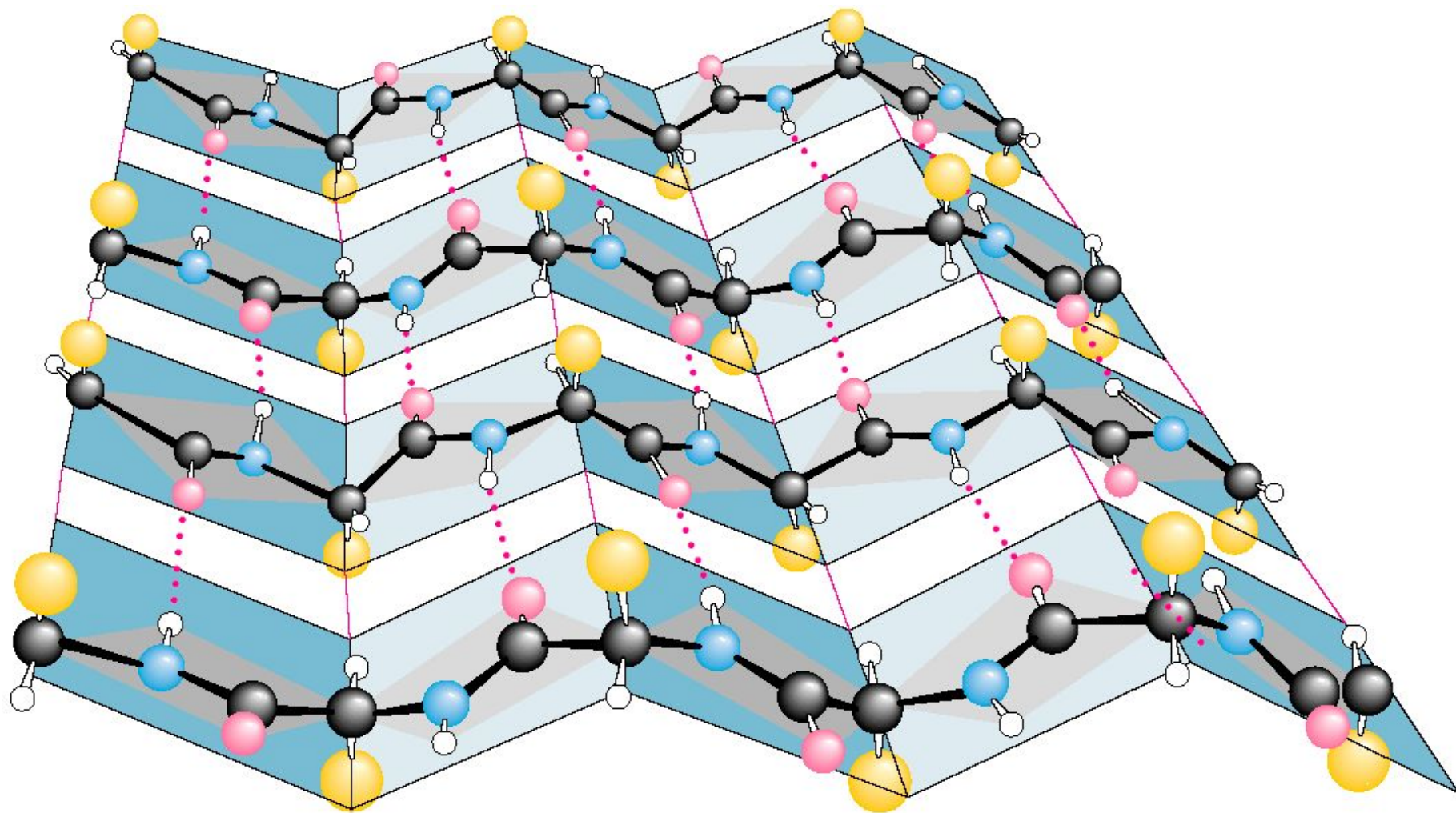
- представляет собой способ укладки полипептидной цепи в упорядоченную структуру благодаря образованию *водородных связей* между пептидными группами одной цепи или смежными полипептидными цепями

По конфигурации вторичные структуры делятся на спиральные ( **$\alpha$ -спираль**) и слоисто-складчатые ( **$\beta$ -структура**), а также нерегулярные структуры ( **$\beta$ -изгиб или беспорядочный клубок**)

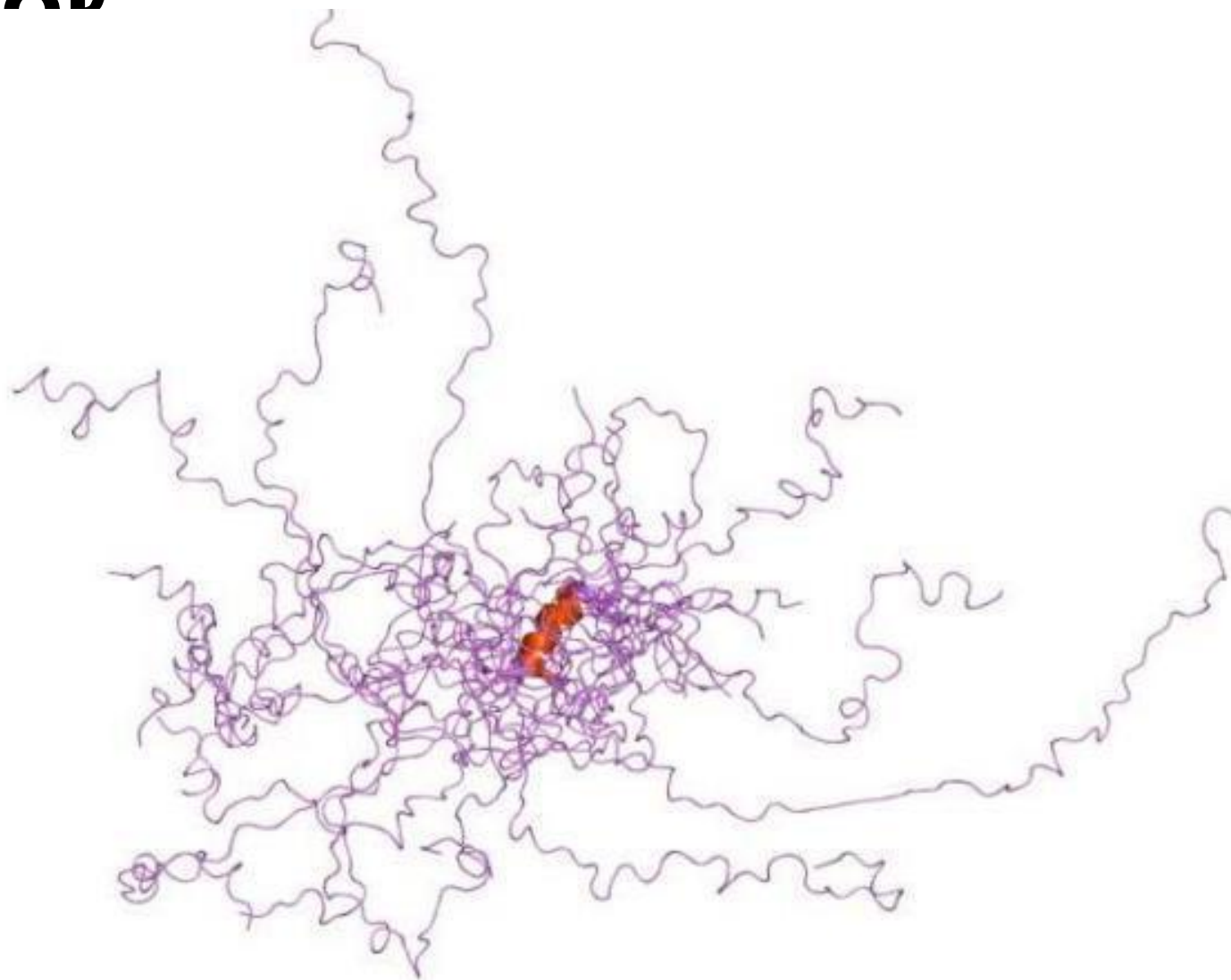
# α-Спираль



# β-Структура



# $\beta$ -изгиб или Беспорядочный клубок





В одном и том же белке могут присутствовать все три способа укладки полипептидной цепи (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Способы укладки пептидной цепи

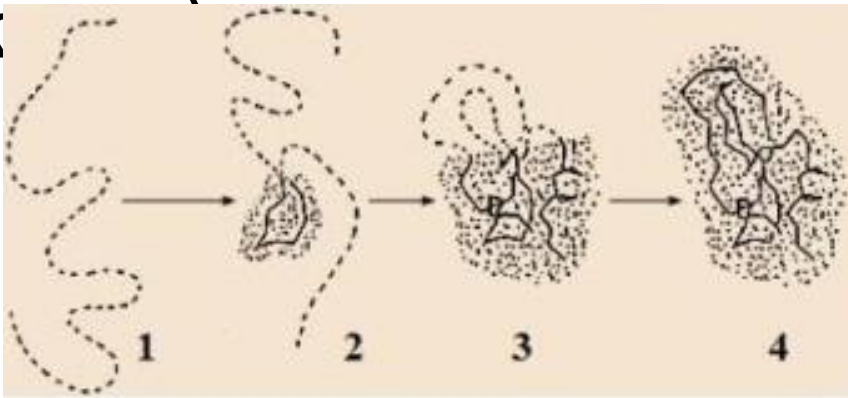
# Домен белка

— элемент третичной структуры белка, представляющий собой достаточно стабильную и независимую подструктуру белка, **фолдинг** (укладка, сворачивание) которой проходит независимо от остальных частей

В состав домена обычно входит несколько элементов вторичной структуры

Сходные по структуре домены встречаются не только в родственных белках (например, в гемоглобинах разных животных), но и в совершенно разных белках

# Фолдинг белка - процесс спонтанного сворачивания полипептидной цепи в уникальную нативную пространственную структуру (третичная струк



## Стадии фолдинга

1. **Случайный белок** – пептидная цепь в первичной структуре свернута в **рыхлый клубок**. Все связи между аминокислотными остатками (кроме пептидной) отсутствуют.

2. **Предшественник расплавленной глобулы** – происходит формирование неполной вторичной структуры, за счет взаимодействия всех функционально активных групп аминокислот, кроме радикалов. Цепь принимает определенную пространственную структуру, но частично развернута.

3. **Расплавленная глобула** – вторичная структура сформирована; начинается сжатие цепи в компактную глобулу за счет взаимодействий между радикалами. Жесткой третичной структуры еще нет.

4. **Нативный белок** – связи в расплавленной глобуле установились: радикалы образовали максимально возможное количество связей белок находит оптимально выгодную структуру.

**Альбумин  
состоит из 3-х  
доменов,  
пространственн  
ое положение  
которых  
напоминает  
форму сердца**





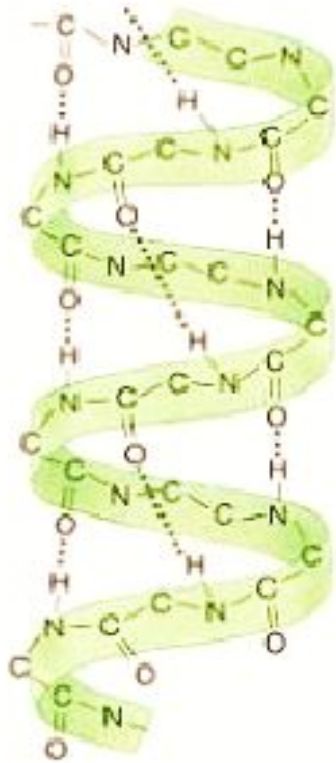
**Третичная структура белка** - это расположение в пространстве всех атомов белковой молекулы

Иными словами, под третичной понимают трехмерную структуру белков, характеризующуюся определенной укладкой в пространстве всех звеньев полипептидной цепи

**Третичная структура белка**



В самом общем виде по форме укладки в пространстве белковые молекулы давно принято подразделять на **фибрилярные и глобулярные**



вторичная структура

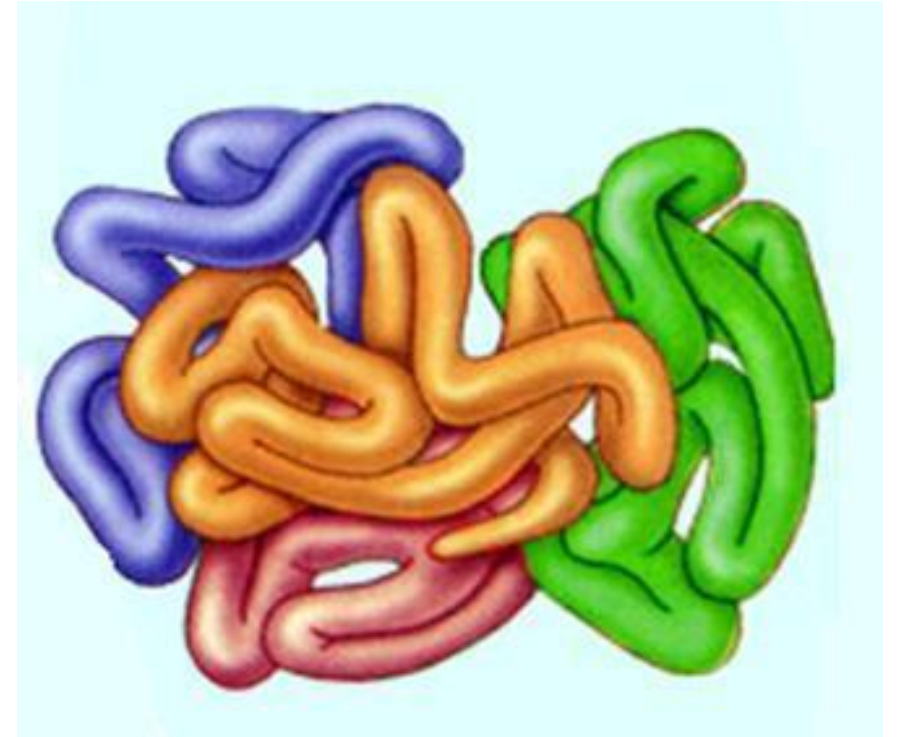


третичная структура

водородные  
ионные  
ковалентные  
связи

# Четвертичная структура

**– это надмолекулярное образование, состоящее из двух и более полипептидных цепей, связанных между собой водородными связями, электростатическими, диполь-дипольными и гидрофобными взаимодействиями между остатками аминокислот, находящихся на поверхности**





Примером может служить молекула гемоглобина, вирус табачной мозаики и т.д.

## Structure of Hemoglobin

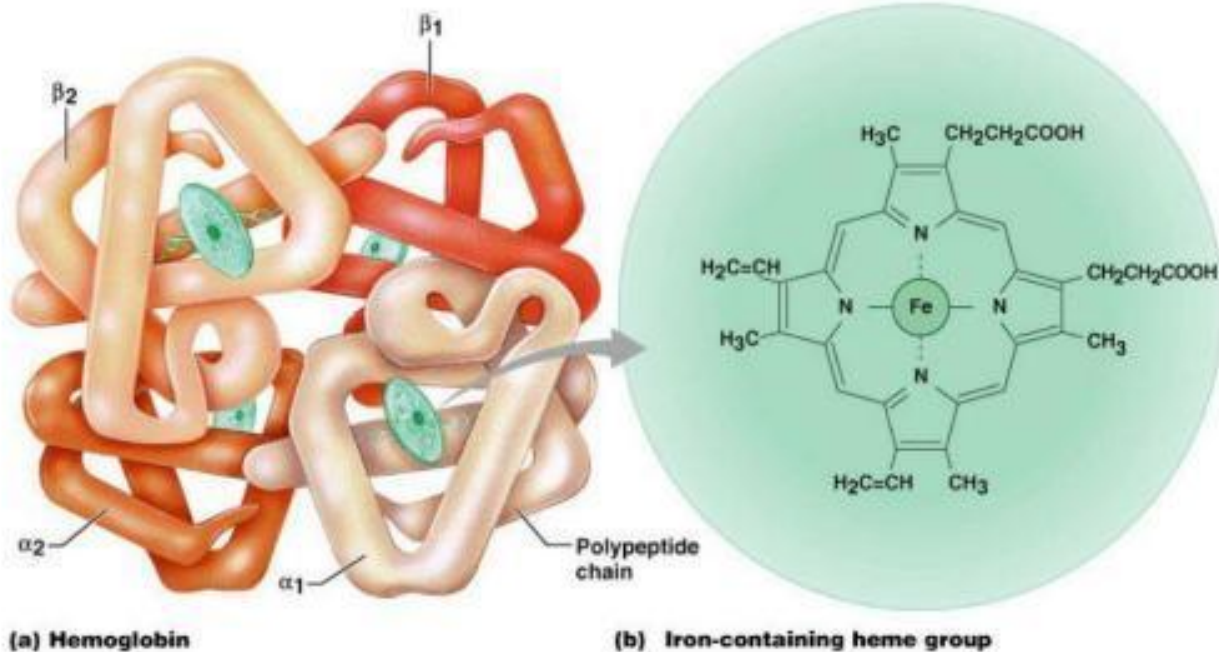
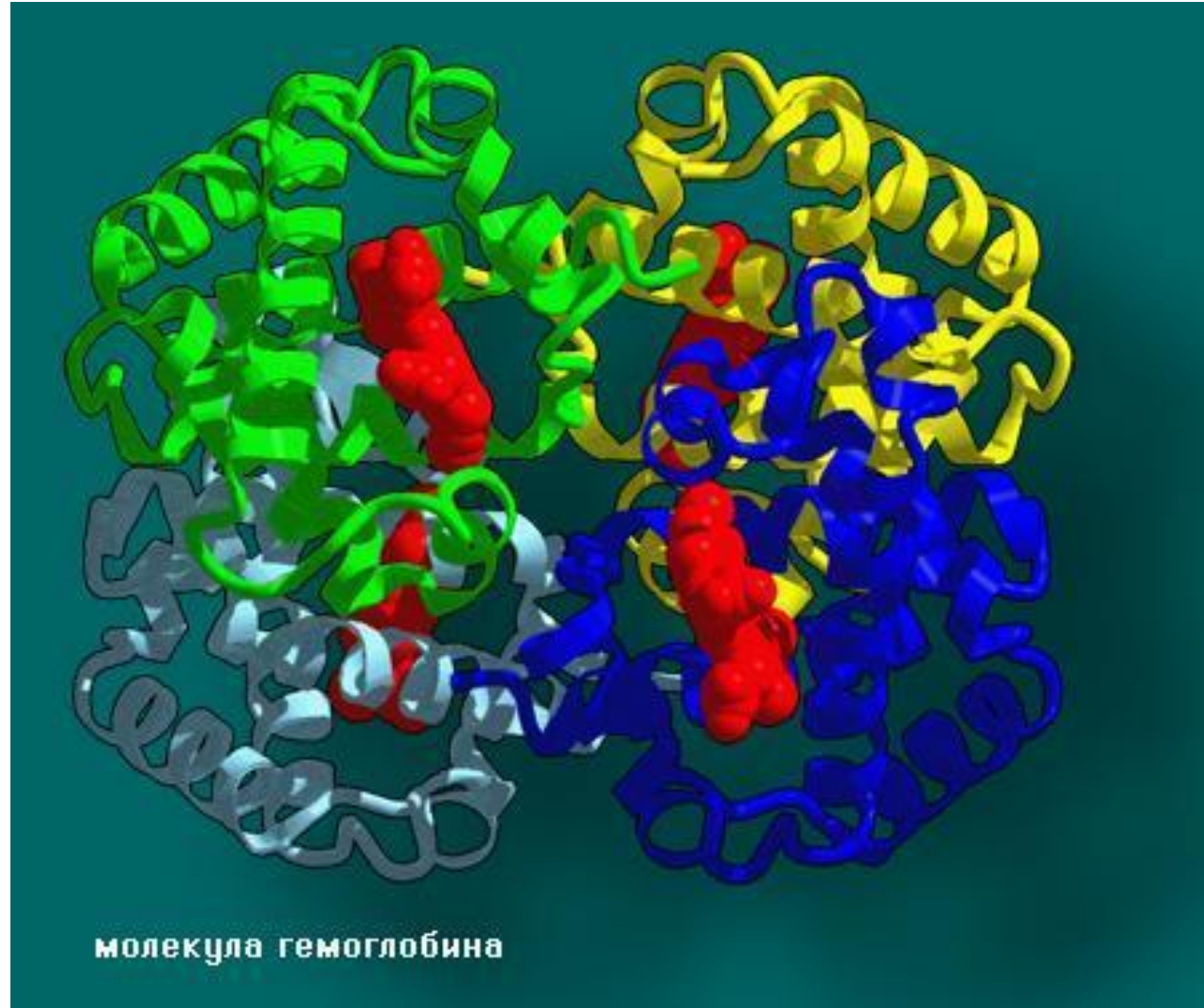


Figure 17.4



# Денатурация

Резкое изменение условий, например, нагревание или обработка белка кислотой или щёлочью приводит к потере четвертичной, третичной и вторичной структур белка, называемой денатурацией

## ДЕНАТУРАЦИЯ

### БЫВАЕТ:

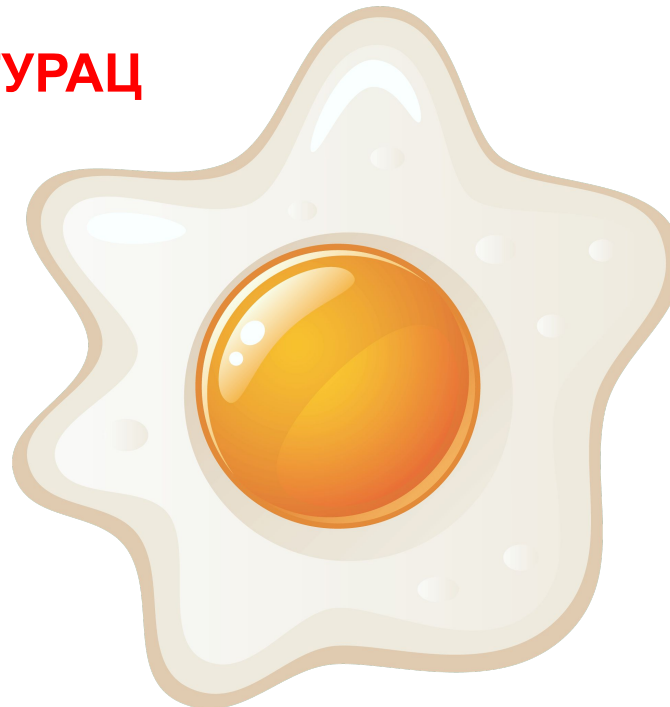
#### ОБРАТИМАЯ

Если сохранена первичная структура

#### НЕОБРАТИМАЯ

Если первичная структура разрушена

#### РЕНАТУРАЦИЯ



Самый известный случай денатурации белка в быту — это приготовление куриного яйца

# Факторы, вызывающие денатурацию белков

## *Физические факторы:*

### 1. Высокие температуры

Для разных белков характерна различная чувствительность к тепловому воздействию. Часть белков подвергается денатурации уже при 40-500°C. Такие белки называют термолабильными

Другие белки денатурируют при гораздо более высоких температурах, они являются термостабильными

### 2. Ультрафиолетовое облучение

### 3. Рентгеновское и радиоактивное облучение

### 4. Ультразвук

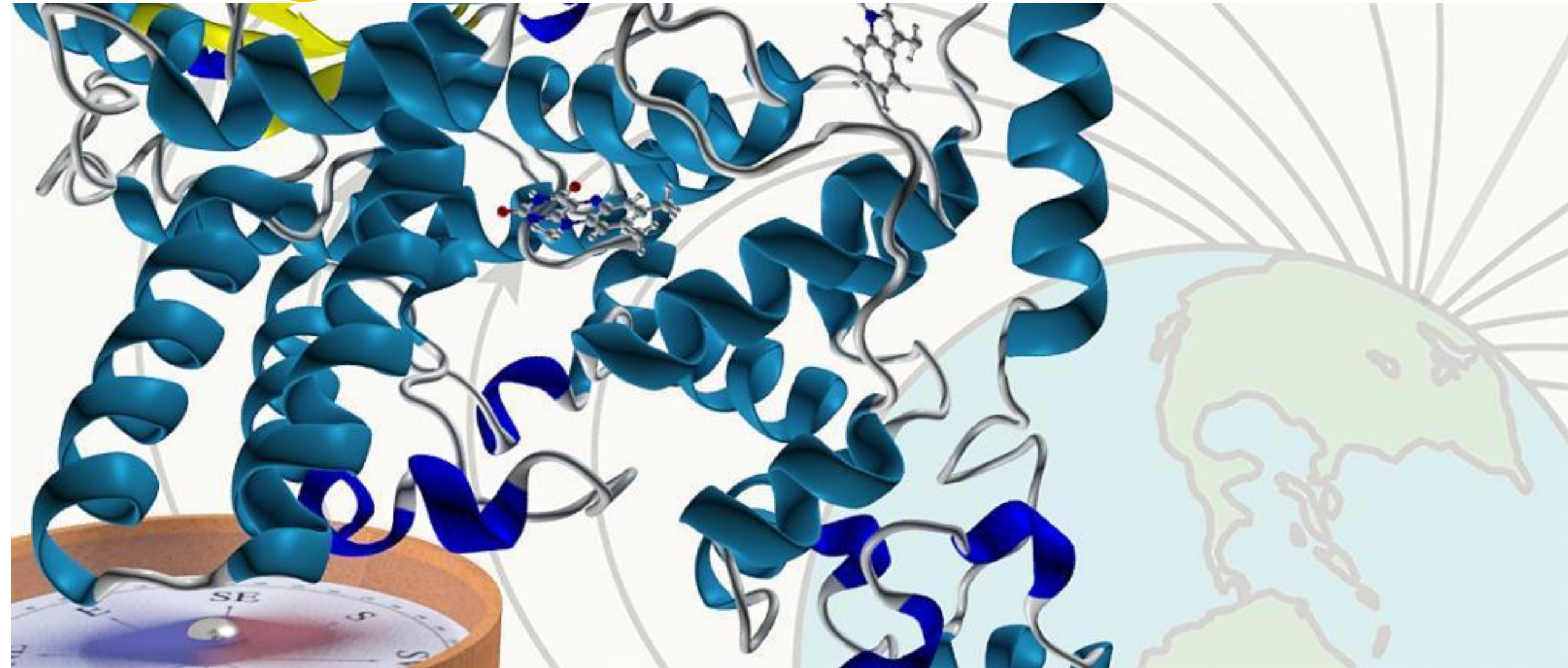
### 5. Механическое воздействие (например, вибрация)

## *Химические факторы:*

1. Концентрированные кислоты и щелочи
2. Соли тяжелых металлов
3. Органические растворители
4. Растительные алкалоиды
5. Мочевина в высоких конц.



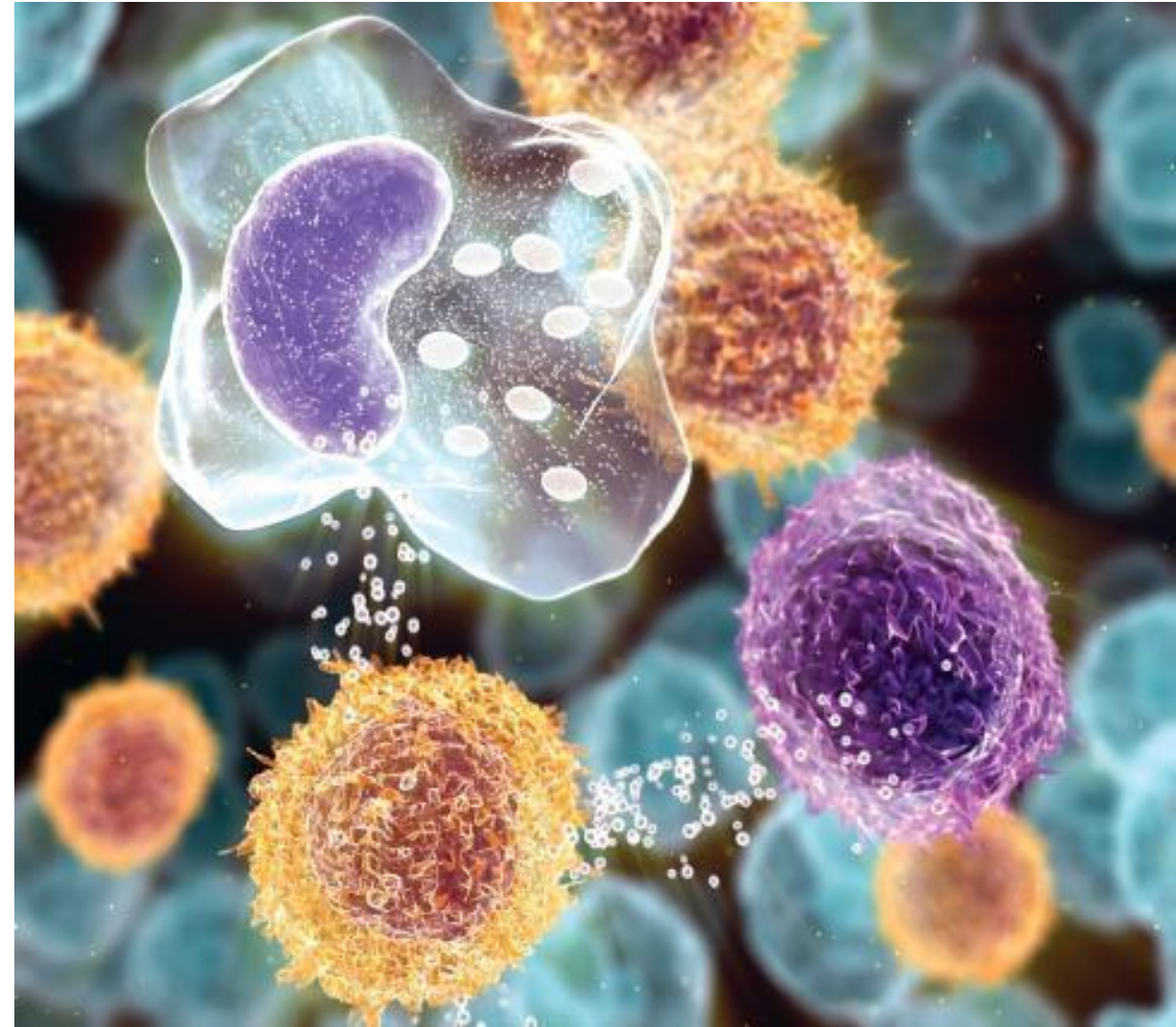
# Функции белков



# 1. Каталитическая функция (ферментативная)

**Ферментативный катализ** — явление ускорения реакции

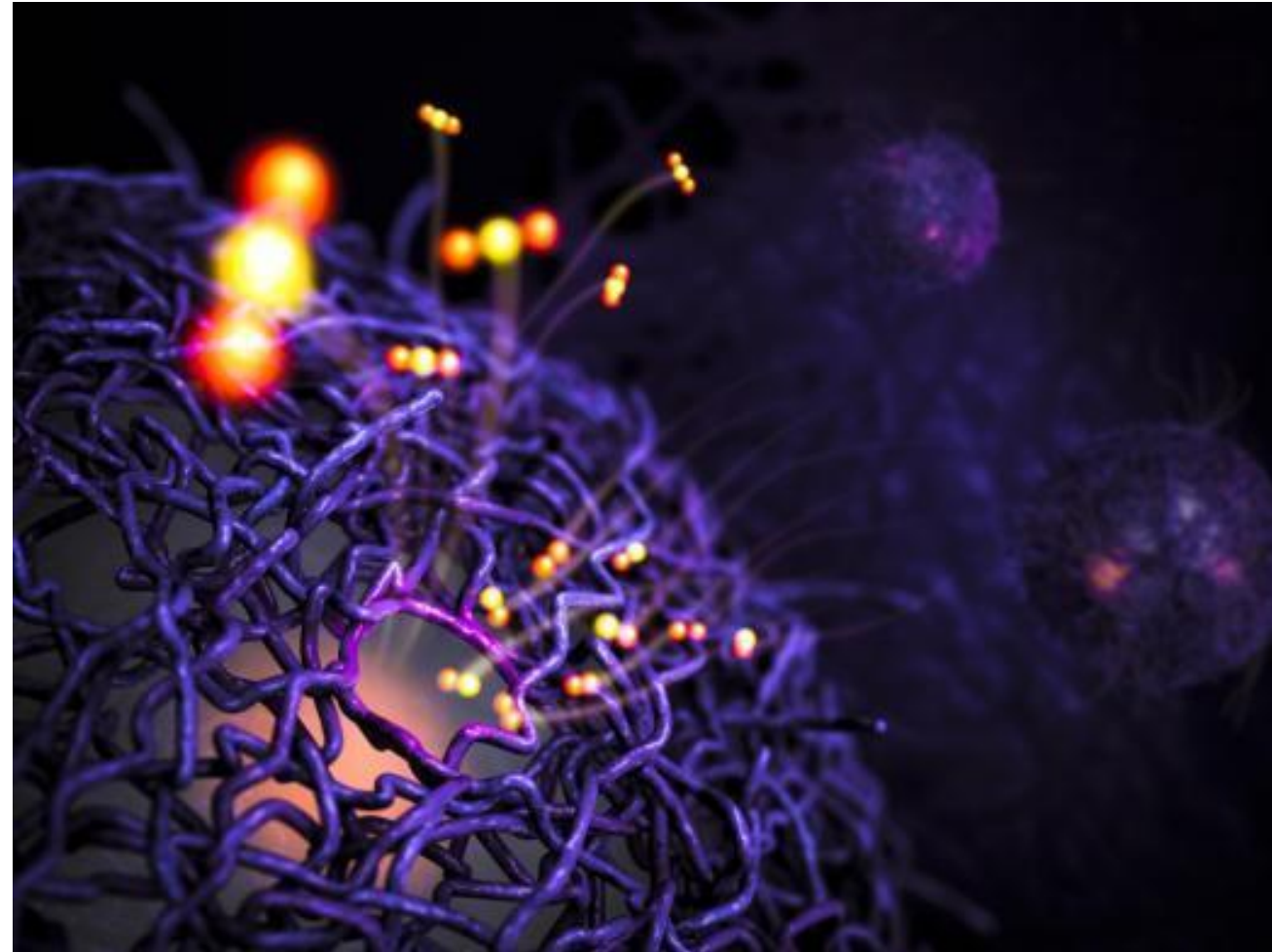
**Ферменты (энзимы)** — белок или группа белков (иногда РНК или их комплексы), обладающая каталитическими свойствами, т.е. каждый фермент ускоряет одну или несколько сходных реакций



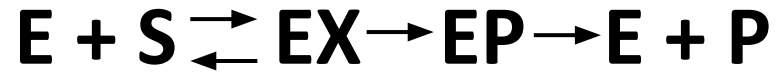


**В процессе катализа  
сам фермент не  
расходуется, но при этом  
он ускоряет химические  
реакции в  
тысячи/миллионы раз!**

Молекулы, которые  
присоединяются к  
ферменту и изменяются в  
результате реакции,  
называются —  
**субстратами**



# Механизм действия ферментов



## Теория Фишера «Ключ Замок»

1. Присоединение субстрата (S) к ферменту (E) с образованием фермент-субстратного комплекса (ES)
2. Преобразование фермент-субстратного комплекса в один или несколько переходных комплексов (EX) за одну или несколько стадий
3. Превращение переходного комплекса в комплекс фермент-продукт (EP)
4. Отделение конечных продуктов от фермента

## Теория Кошланда «Рука перчатки»

# Ферменты бывают простыми и сложными

Простые ферменты состоят только из белковой части и называются – **апоферментами**

Сложные, в отличие от простых, состоят из белковой и небелковой частей (неактивная белковая часть (апофермент) + активирующая её небелковая группа (кофермент). Такие ферменты называются **холоферментами**

# Ферменты по структуре делятся:

на мономеры и полимеры

**Мономеры** состоят из одной белковой молекулы, полимеры из нескольких

**Полимеры** делятся на гомополимеры, состоящие из одинаковых белковых молекул (малатдегидрогеназа) и гетерополимеры (рибулозобисфосфаткарбоксилаза) – из разных



Структурно-функциональная

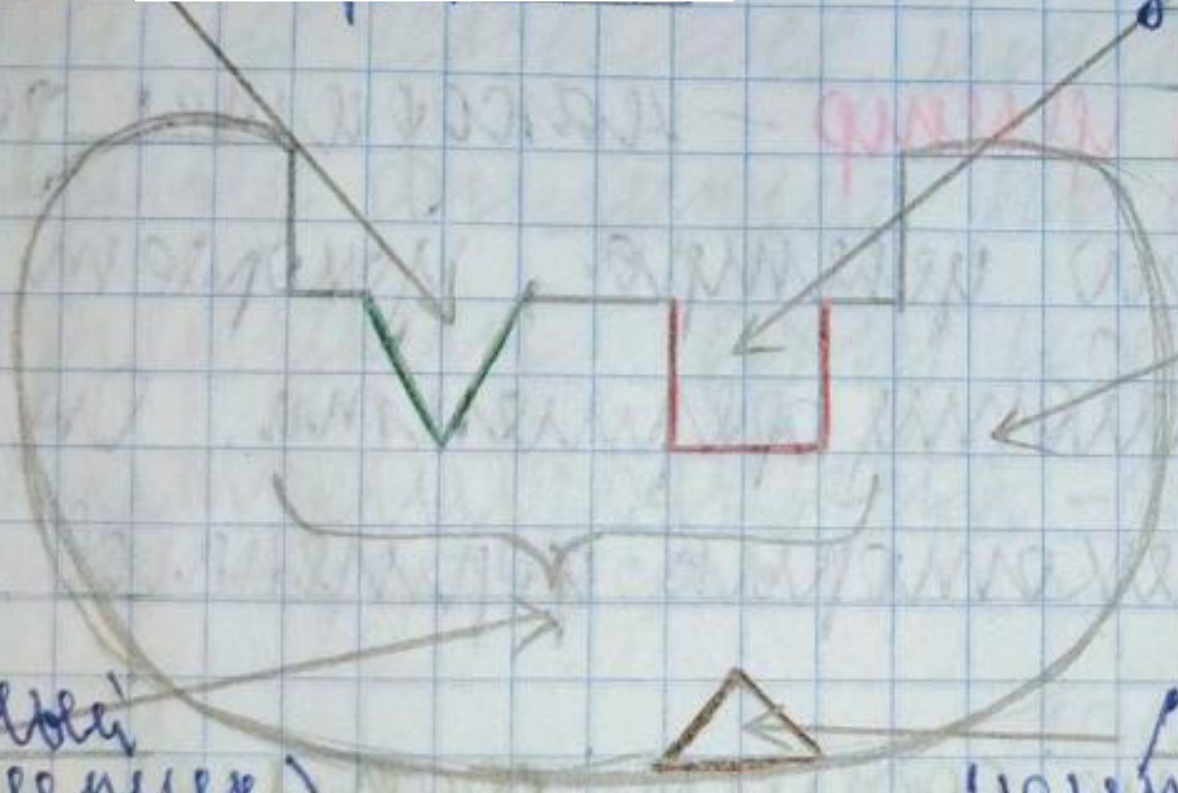
организация:

**СВЯЗЫВАНИЯ**

участок

участок катания  
за

белок (E)



активный  
(катализатор)  
центр

регуляторный  
центр (allosteric)  
центр

**Активный центр** – комбинация аминокислот (12-16), связывающих субстрат и осуществляющих его превращение в продукт. Для каждого фермента суц. свой собственный уникальный активный центр

**Участок связывания** – комбинация аминокислот (3-5), обеспечивающих узнавание субстрата, присоединение его к активному центру и правильную ориентацию его в активном центре

**Участок катализа** – комбинация аминокислот (3-7) непосредственно преобразует субстрат в продукт

**Регуляторный центр** – находится вне активного центра, ускоряет или замедляет работу фермента. Имеется только у некоторых ферментов (аллостерических)

## 2. Питательная (резервная)

### функция

Эту функцию выполняют **резервные белки**, являющиеся источниками питания для плода, например белки яйца

Ряд других белков используется в организме в качестве **источника аминокислот**, которые в свою очередь являются предшественниками биологически активных веществ, регулирующих процессы метаболизма



*Казеин  
молок  
а*

*Яичный  
Альбумин*

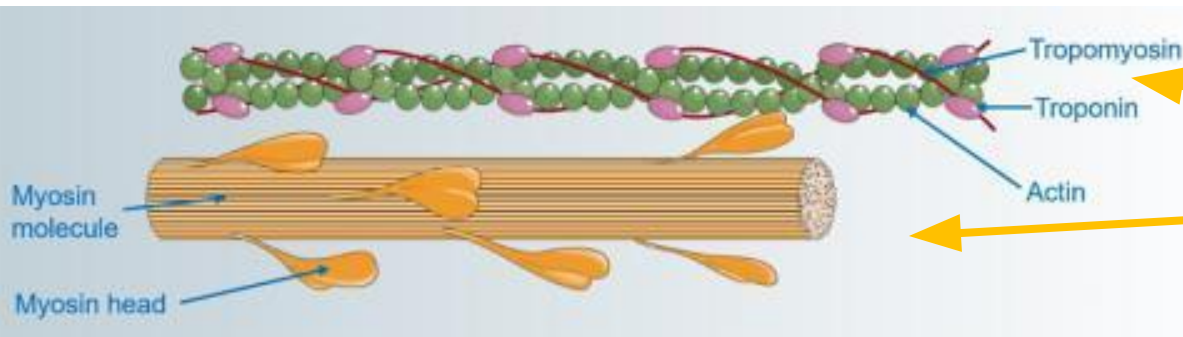




# Сократительная функция

Главную роль в акте мышечного сокращения и расслабления играют **актин и миозин** – специфические белки мышечной ткани

Сократительная функция присуща не только мышечным белкам, но и белкам цитоскелета, что обеспечивает тончайшие процессы жизнедеятельности клеток (*расхождение хромосом в процессе митоза*)



**АКТИН**  
**МИОЗИН**



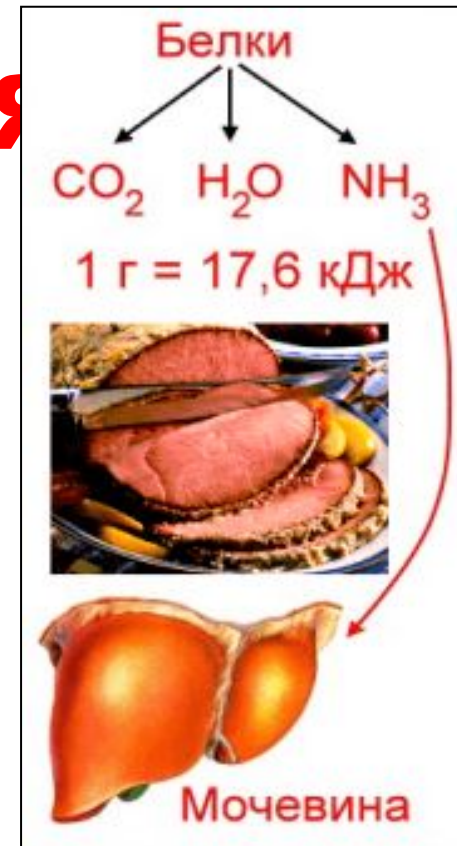
# Энергетическая функция

– белки служат одним из **источников энергии** в клетке

Расщепление 1 г белка = 17,6 кДж энергии. Сначала белки расщепляются до аминокислот, затем до конечных продуктов:

1. *воды*
2. *углекислого газа*
3. *аммиака*

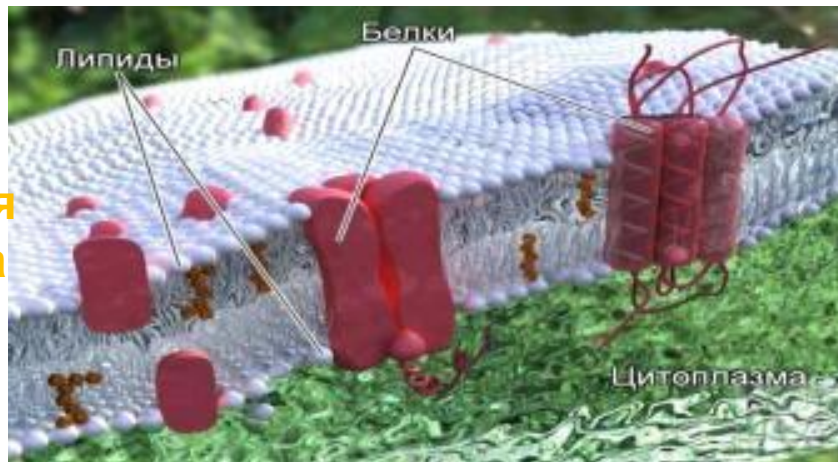
В качестве источника энергии белки используются крайне редко



# Структурная функция

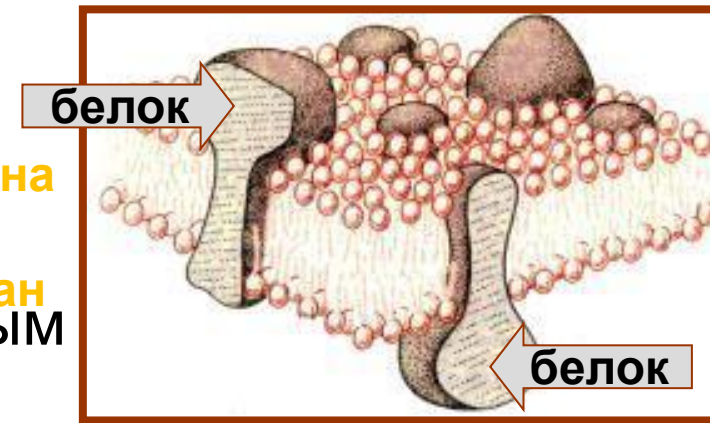
- 1) участвуют в образовании практически всех органоидов клеток, во многом определяя их структуру
- 2) образуют цитоскелет, придающий форму клеткам, многим органоидам и обеспечивающий механическую форму ряда тканей
- 3) входят в состав межклеточного вещества, во многом определяющего структуру тканей и форму тела животных

Клеточная мембрана



Кератин

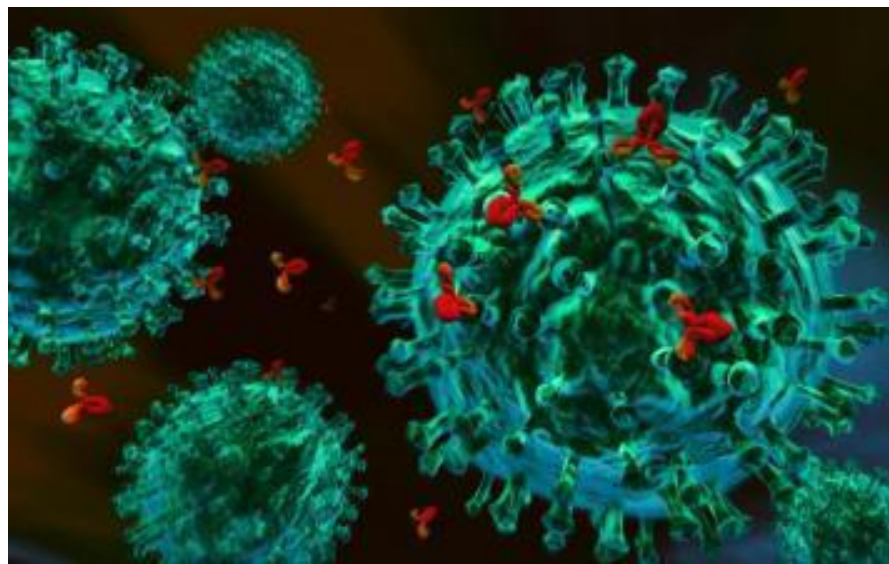
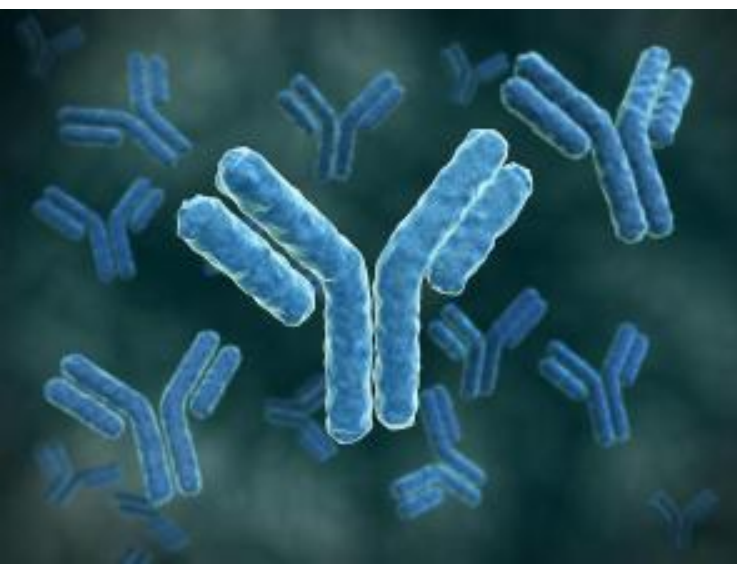
К структурным белкам относятся:  
Коллаген,  
Актин,  
Эластин,  
Миозин,  
Кератин,  
Тубулин





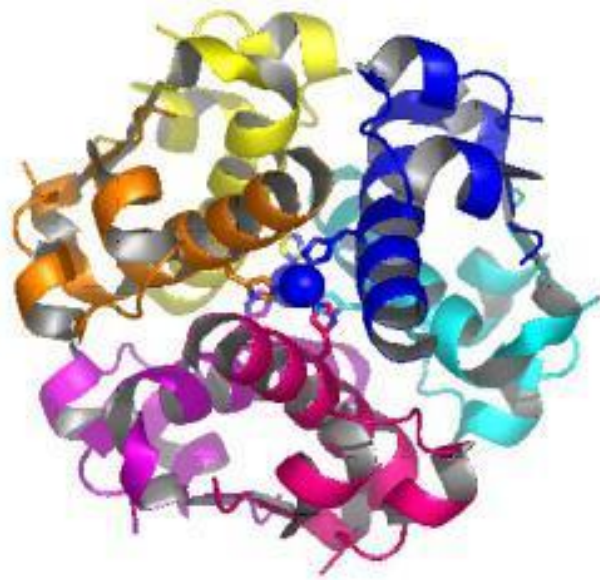
# Защитная функция

В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (*антигенов*) образуются особые белки — **антитела**, способные связывать и обезвреживать их



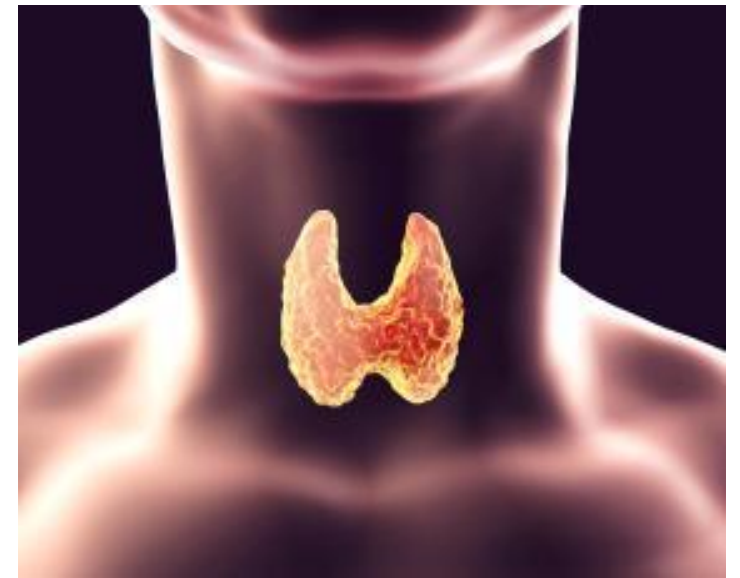
# Регуляторная функция

Некоторые белки являются гормонами. **Гормоны** - биологически активные вещества выделяющиеся в кровь различными железами, которые принимают участие в регуляции процессов обмена веществ



Гормон  
*инсулин*  
регулирует  
уровень  
углеводов в  
крови

Гормон  
щитовидной  
железы -  
*тироксин*



# Транспортная функция

— участие белков в переносе веществ в клетки и из клеток, в их перемещениях внутри клеток, а также в их транспорте кровью и другими жидкостями по организму

Виды транспорта, осуществляемые при помощи белков

Перенос  
веществ  
внутри клетки

Перенос  
веществ через  
клеточную  
мембрану

Перенос  
веществ по  
организму



Например гемоглобин  
переносит кислород