

# **Лекция 9. Структура белков, уровни структурной организации белковых молекул**

Первичная структура белка. Зависимость биологических свойств белков от первичной структуры. Вторичная и надвторичная структура белка.

*Белки играют фундаментальную роль в формировании и поддержании структуры и функций живых организмов.*

Белки принимают участие в построении клеток и тканей; осуществляют биологический катализ; регуляторные и сократительные процессы; защиту от внешних воздействий.

*Каждый белок характеризуется специфической аминокислотной последовательностью и индивидуальной пространственной структурой (конформацией)*

**Белками** являются полипептиды, которые способны образовывать и самостоятельно стабилизировать свою пространственную структуру. Эта способность приобретается благодаря наличию большого числа нековалентных взаимодействий и связана с числом аминокислотных остатков, образующих полипептидную цепочку. Как правило, белками называют полипептиды, содержащие более 50 аминокислотных остатков.

Вместе с тем, длина полипептидной цепи может достигать до нескольких тысяч остатков

аминокислот; молекулярная масса белков колеблется от 6000 до 1 миллиона и более килодальтон.

базируется

на

высоко специфическом — как у ключа с замком — взаимодействии белка с обрабатываемой им молекулой. Для специфического взаимодействия необходима

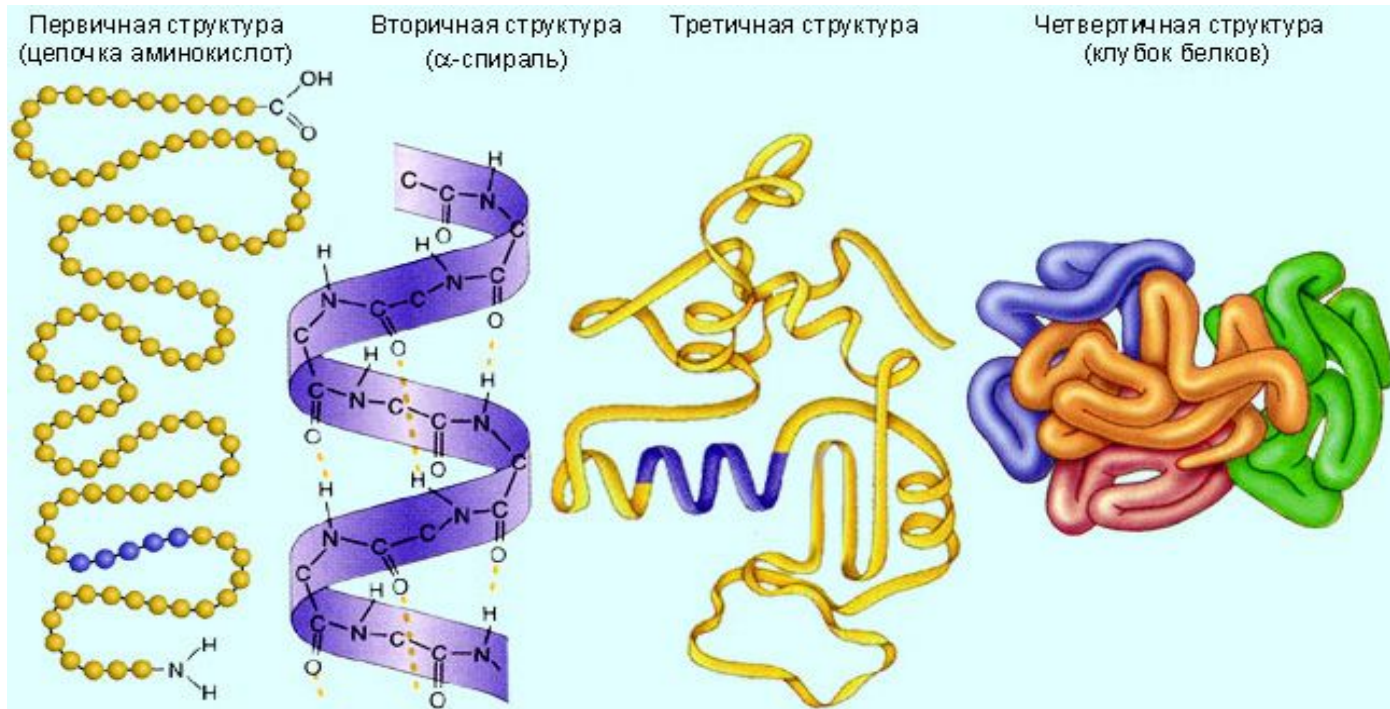
достаточно "твердая" пространственная структура. Поэтому биологическая функция

белков тесно связана с наличием определенной трехмерной структуры молекулы.

Знание молекулярной трехмерной структуры белка необходимо для понимания **механизма** функционирования белковой молекулы.

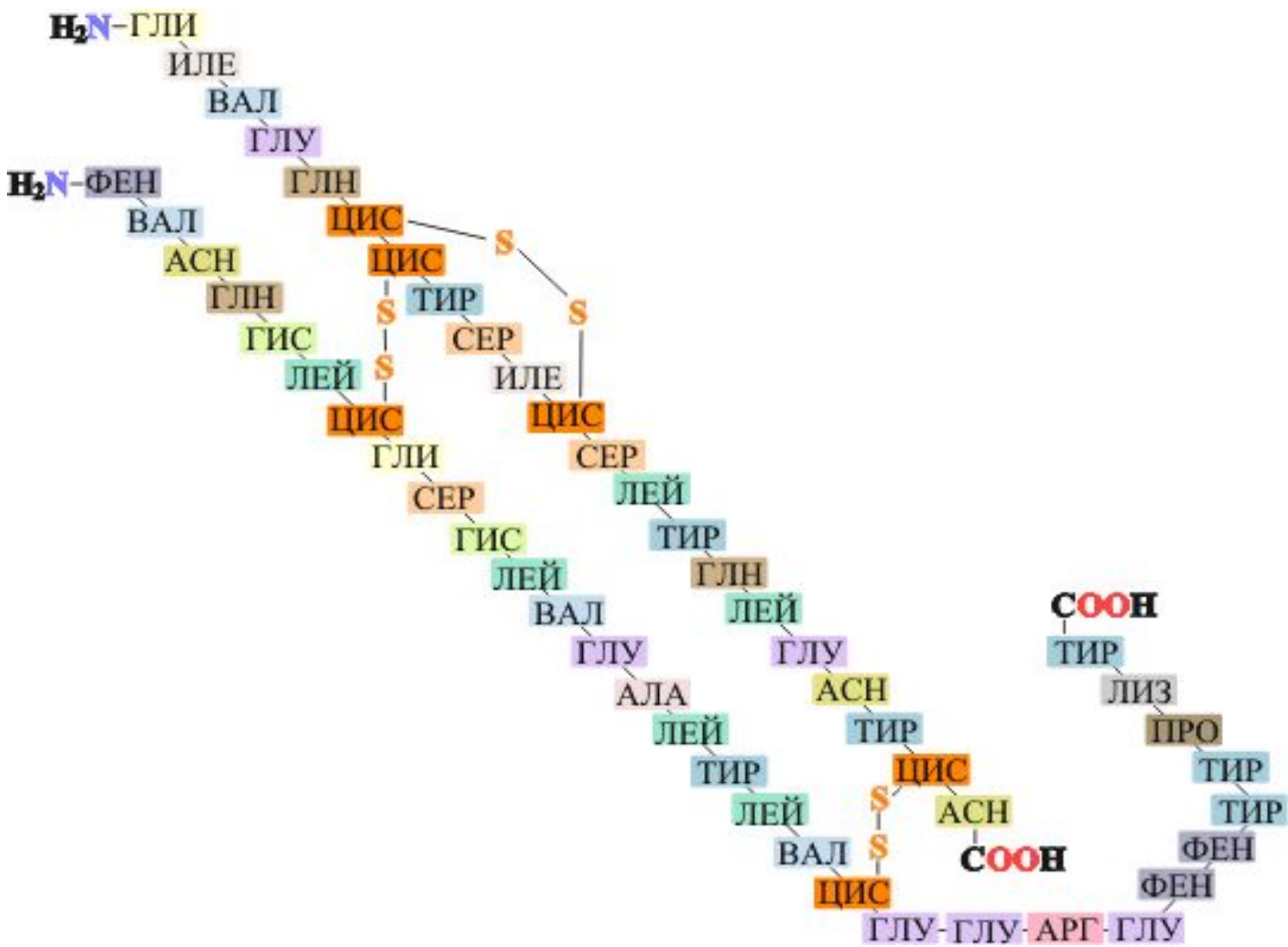
Поэтому, прежде всего, следует обсудить структуру белковой молекулы, природу ее

стабильности и способности к самоорганизации. Обычно при рассмотрении пространственной организации биополимеров (белков и нуклеиновых кислот) выделяют четыре уровня: **первичную, вторичную, третичную** и **четвертичную структуры.**



Уровни организации белковой структуры: первичная структура (аминокислотная последовательность), вторичная структура ( $\alpha$ -спираль и  $\beta$ -структура), третичная структура (глобулы, сложенной одной цепью), и четвертичная структура олигомерного (в данном случае - татрамерного) белка

Первичная структура белков – последовательность аминокислот в полипептидной цепи (или цепях) и положение дисульфидных связей, если они есть

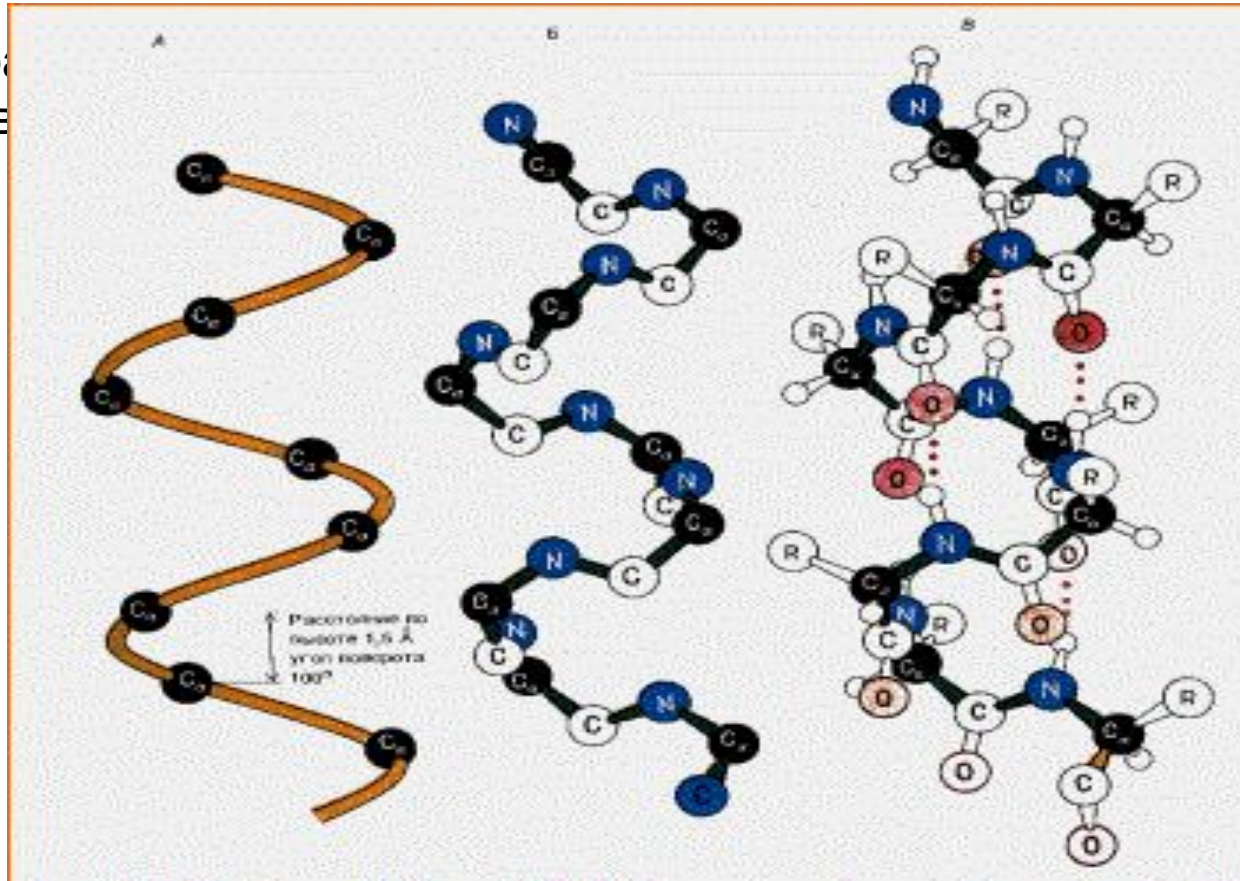


## **Свойства первичной структуры:**

- 1) Последовательность аминокислот в первичной структуре белка является специфической видовой характеристикой данного белка.
- 2) Первичная структура белка является основой для формирования последующих структур белка за счёт взаимодействия радикалов аминокислотных остатков полипептидной цепи.

остатков которых, образует локально упорядоченные трёхмерные структуры. Совокупность таких упорядоченных структур называют вторичной структурой белков.

В результате совокупности действия таких факторов, как - плоское строение пептидной связи, возможность свободного вращения связей у  $\alpha$ -углеродного атома, постоянство углов и межатомных расстояний формируются следующие типы вторичной структуры белков:  $\alpha$ -спираль. Одним из основ



$\alpha$ -спираль

**закрученной вокруг воображаемого цилиндра.**

**Характеристики  $\alpha$ -спирали:**

- содержит **3,6** аминокислотного остатка на виток с периодом повторяемости **5,4 нм**;
- полипептидный остов образует **плотные витки** вокруг длинной оси молекулы;
- **боковые радикалы** выступают **наружу**;
- спираль удерживается **водородными связями** между группами **N-H** одной пептидной

**связи** и **кислородом** группы **C=O**, принадлежащей **другой пептидной связи**, расположенной через **четыре аминокислотных остатка** над первой в следующем витке спирали;

- в  $\alpha$ -спирали **полностью** использована **возможность** образования **водородных связей**

**(внутримолекулярные)**, поэтому она **не способна** образовывать **водородные связи**

**с**

**другими элементами** вторичной структуры.

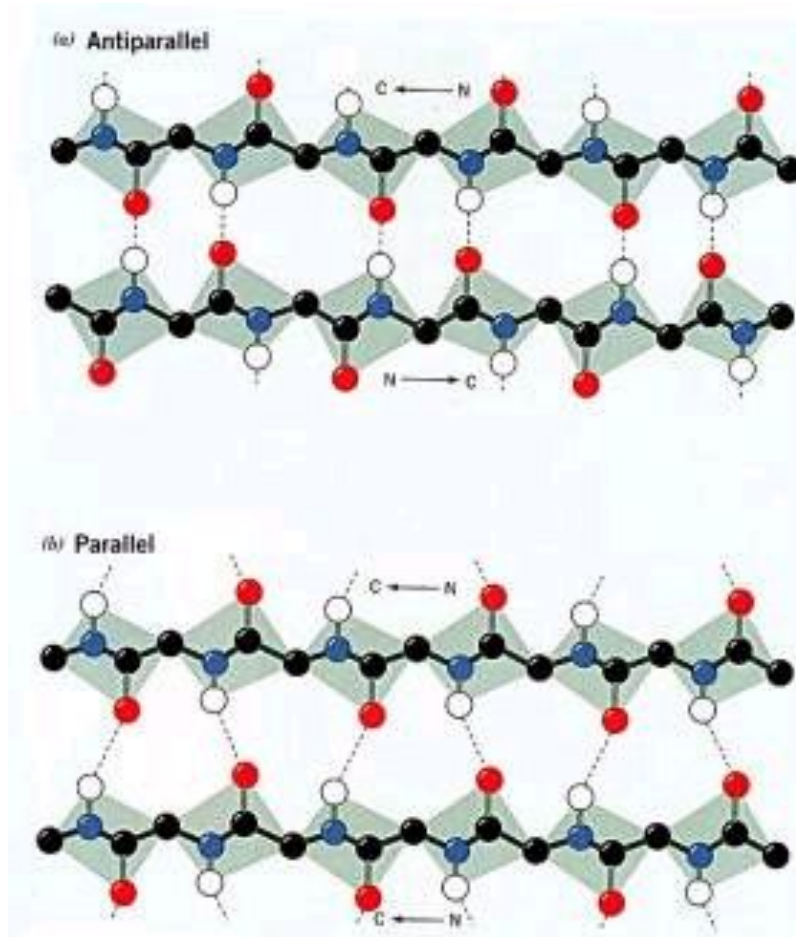
Степень **спирализации** в белках колеблется от **5 до 80%**. Для некоторых белков, например,

для цитохрома C,  $\alpha$ -спираль лежит в основе пространственной структуры, другие, например, химотрипсин, не имеют  $\alpha$ -спирализованных участков.

(При графическом изображении спиральные участки изображаются цилиндром).



$\beta$ -структура является вторым элементом вторичной структуры белков.  $\beta$ -складчатые структуры – графически изображаются стрелкой:



Вторичный уровень организации белковой молекулы:  $\beta$ -структура



## Характеристика $\beta$ -структуры:

- остов полипептидной цепи в  $\beta$ -структуре вытянут таким образом, что имеет уже не спиральную, а зигзагообразную, складчатую форму;
  - боковые группы аминокислотных остатков (R-группы) направлены перпендикулярно плоскости складчатого слоя и расположены выше и ниже него;
  - в отличие от  $\alpha$ -спирали  $\beta$ -структура образована за счет межцепочечных водородных связей между соседними участками полипептидной цепи, так как внутрицепочечные контакты отсутствуют.
- Если эти участки направлены в одну сторону, то такая структура называется параллельной, если же в противоположную, то - антипараллельной.
- в отличие от  $\alpha$ -спирали, насыщенной водородными связями, каждый участок полипептидной цепи в  $\beta$ -конформации открыт для образования дополнительных водородных связей.

Соотношение между различными типами вторичных структур в составе белков варьирует

в широких пределах, причём доля неупорядоченных структур часто превалирует над

регулярными –  $\alpha$ -спиралью и  $\beta$ -структурой.

В области неупорядоченных структур достаточно протяжённые зоны представлены петлями и резкими изгибами.

Наиболее часто встречаются так называемые  $\beta$ -изгибы, когда полипептидная цепь резко

меняет своё направление на  $180^\circ$ .

Этот изгиб по форме напоминает шпильку для волос и стабилизируется одной водородной

связью.

В областях  $\beta$ -изгибов преобладают главным образом спиральнеобразующие (имеющие наименьший боковой радикал) аминокислоты – пролин и глицин.

*!!! Какую именно конформацию принимают участки полипептидной цепи ( $\alpha$ -спираль,*

*$\beta$ -складку,  $\beta$ -изгиб или остаются неструктурированными), в значительной степени*

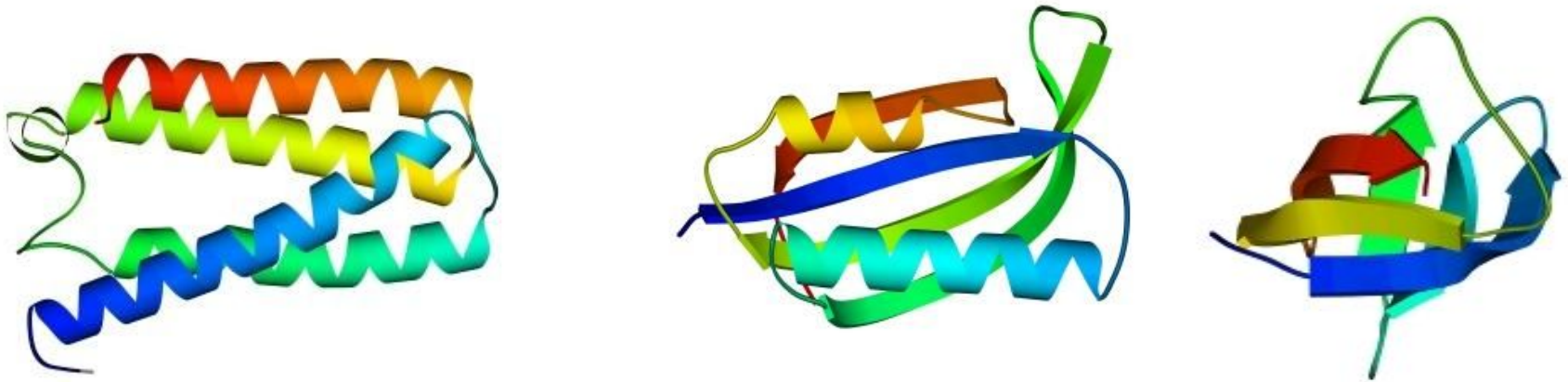
*определяется первичной последовательностью полипептидной цепи.*

## Надвторичная, или супервторичная структура белков.

*Надвторичные структуры представляют собой элементарные ансамбли*

*вторичных структур, возникающие при свёртывании вторичной цепи.*

Среди них различают ( $\alpha, \beta$ -структуры) и более сложные сочетания структур  $\beta\beta\beta$ ,  $\beta\alpha\beta$  и др.



Надвторичная или супервторичная структура белковой молекулы