

Лекция 2

- Химический состав живой материи, химические связи, имеющие большое значение для взаимодействия «биологических молекул».
- Аминокислоты, их свойства и классификация. Пептидная связь, ее свойства.
- Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белка. Денатурация белка.

Элементный и молекулярный состав живой материи

Содержание различных химических элементов.

Макроэлементы: 1 группа – С, Н, О, N - 98%.

2 группа – S, P, Na, K, Ca, Mg, Cl, Fe –1,9%.

Микроэлементы: Cu, Co, Ni, Mn, Mo, Zn, I, F < 0,1%.

Ультрамикроэлементы: B, Br, Se, Ag, Au, V и др. < 0,0001%.

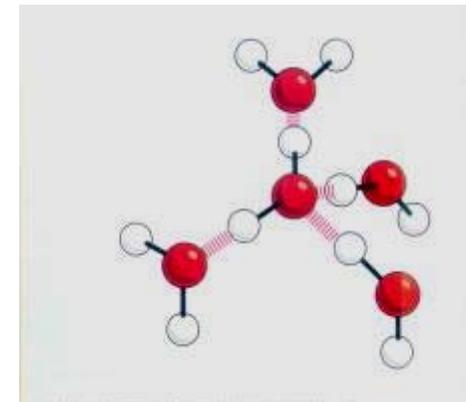
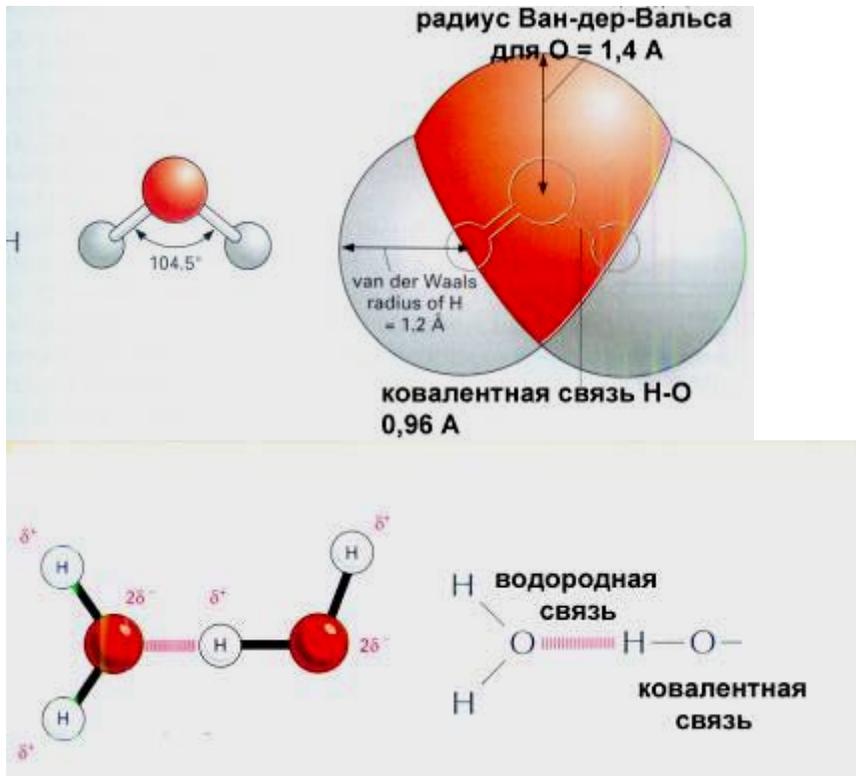
77% веса клетки составляют вода (70%), неорганические ионы (1%) и низкомолекулярные органические вещества (6%): простые сахара (3-7 атомов углерода), органические кислоты, аминокислоты, витамины, моноклеотиды.

Небольшие молекулы низкомолекулярных органических веществ являются предшественниками высокомолекулярных органических соединений (23%): белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов.

Вода и ее свойства

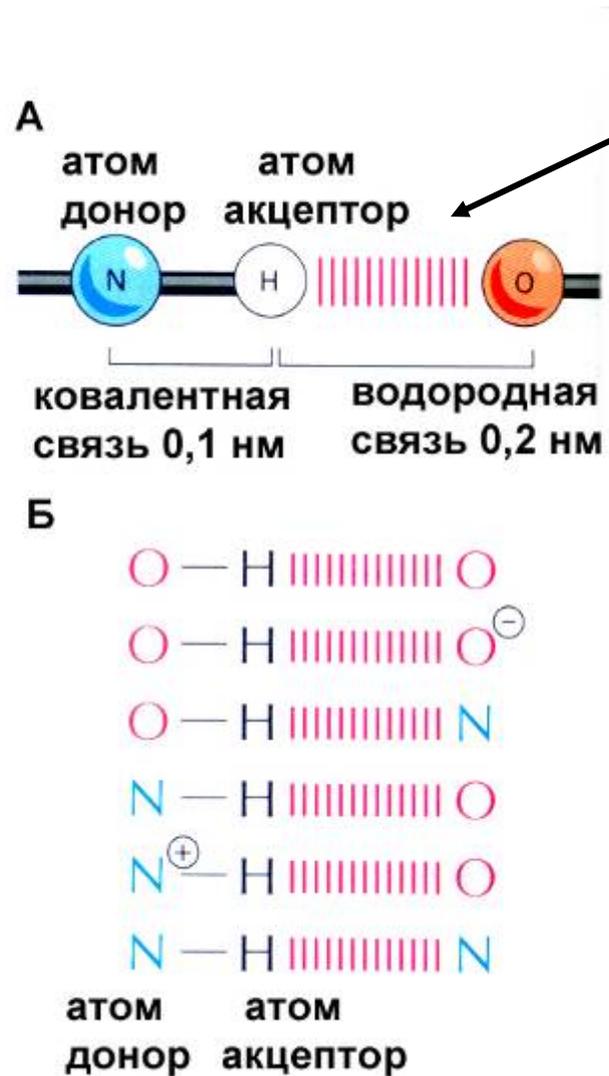
Молекула воды представляет собой диполь. Поэтому две молекулы воды могут образовывать водородную связь. Энергия этой связи около 5 ккал/моль. Одна молекулы воды способна формировать водородные связи еще с 3 молекулами воды: при температуре 37°C около 15% воды образуют такие кластеры, что и определяет необычные физические и химические свойства воды, а именно: высокую температуру

кипения, высокое поверхностное тяжение, высокую удельная теплоту кипения. Вода является идеальным растворителем для полярных и ионных соединений.

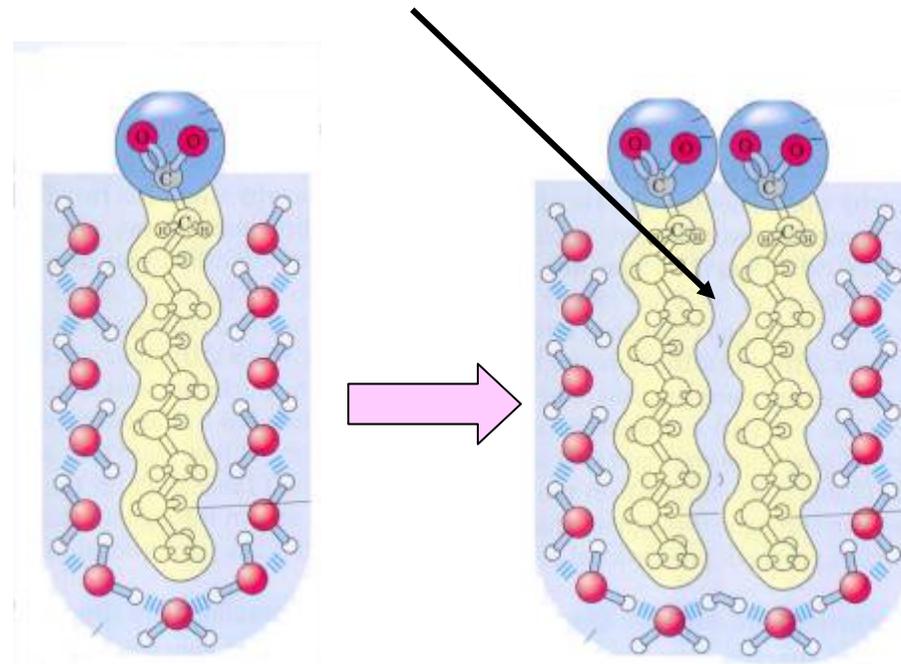


Кластер из 4 молекул воды

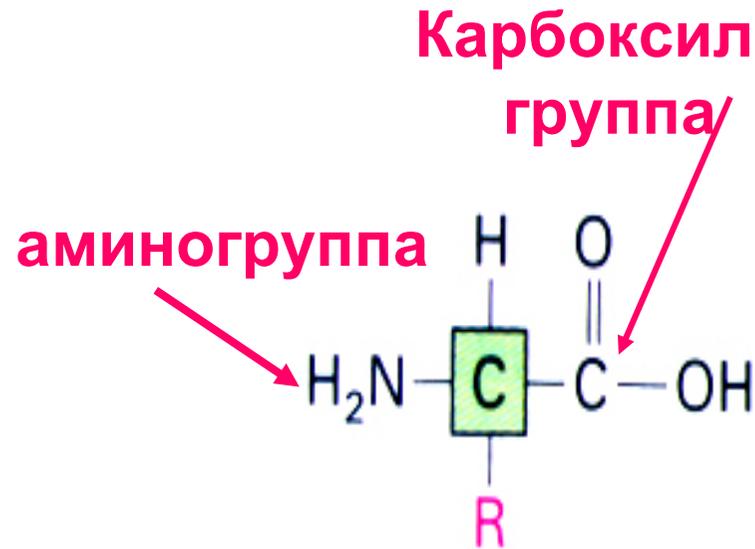
Четыре типа нековалентных взаимодействий, играющих существенную роль в биохимии



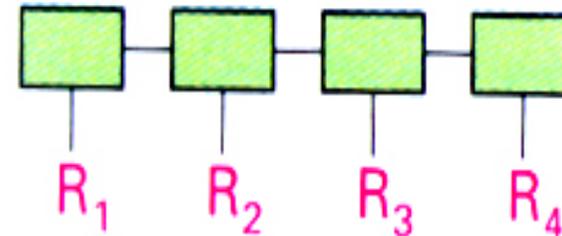
1. Водородные связи (0,2 нм)
2. Ионные связи (0,25 нм)
3. Ван-дер-Вальсовы силы (0,35 нм)
4. Гидрофобные силы



Белки – неразветвленные гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты



полимер - пептид



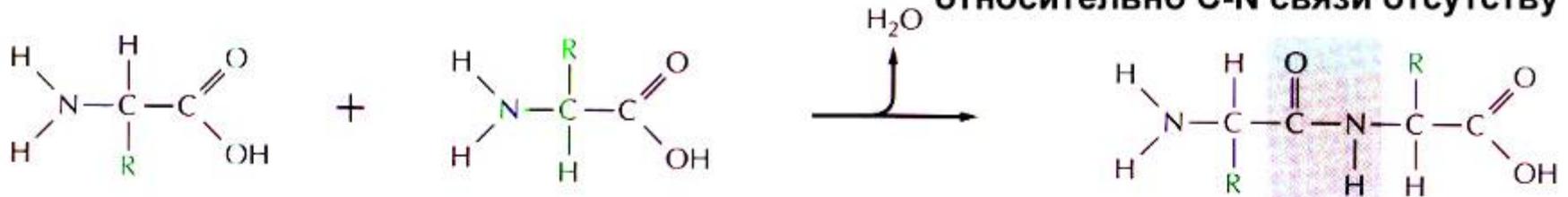
мономер- аминокислота

В природных белках встречается 20 различных α -аминокислот, различающихся природой радикала R. Читаются аминокислоты в белках с того конца, где находится свободная NH_2 -группа

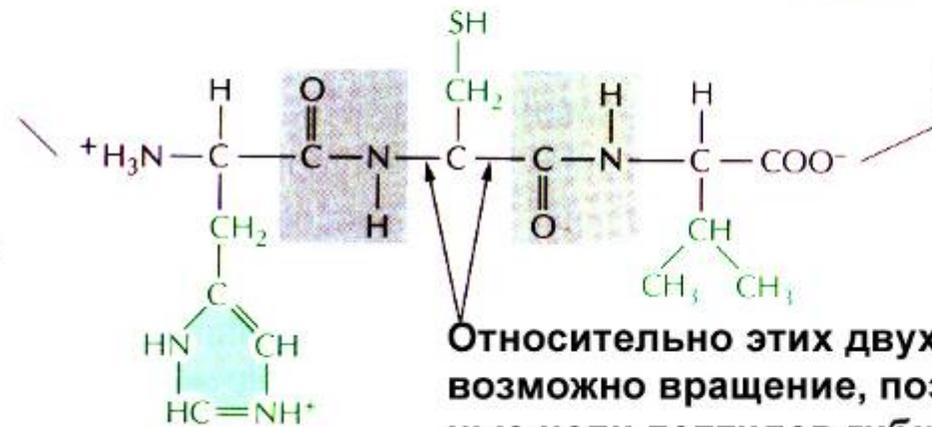
Пептидная связь и пептиды

Аминокислоты в белках соединены амидной связью, называемой пептидной

Четыре атома находятся в одной плоскости. Вращение относительно C-N связи отсутствует

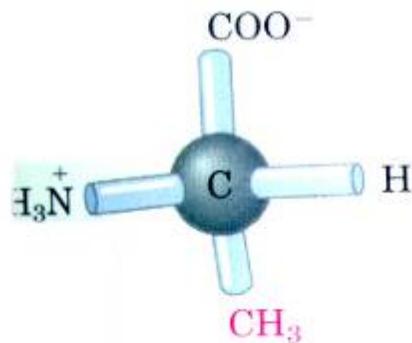


Белки - длинные полимеры аминокислот, соединенные пептидными связями, они читаются с amino- (N) конца

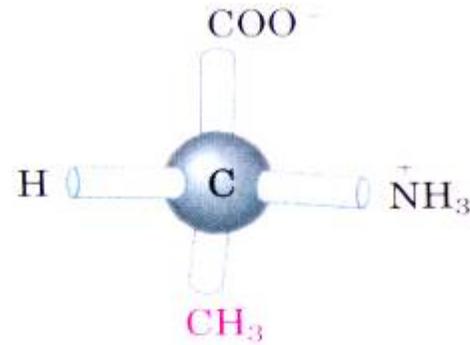


Относительно этих двух связей возможно вращение, поэтому длинные цепи пептидов гибкие

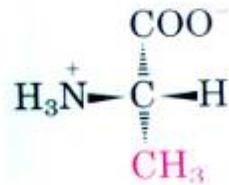
Аминокислоты, входящие в состав белков, являются L-аминокислотами



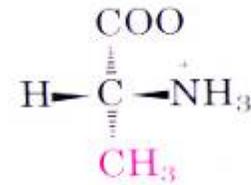
L-аланин



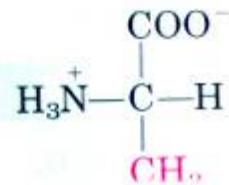
D-аланин



L-аланин



D-аланин

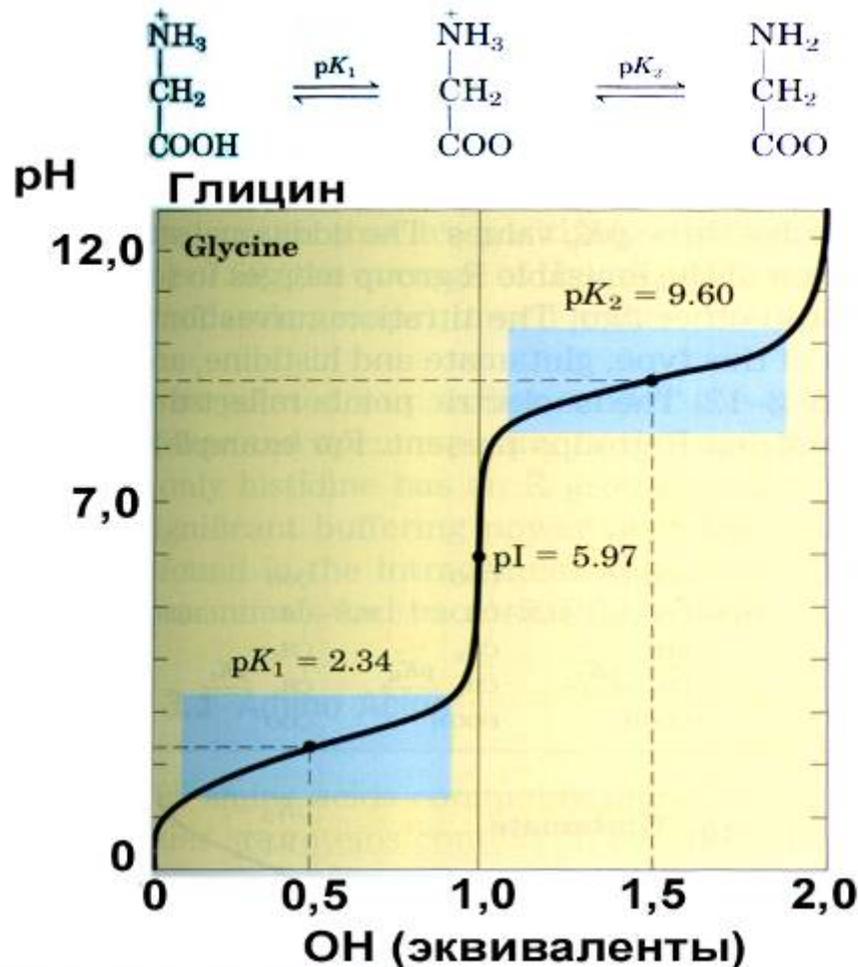


L-аланин



D-аланин

Аминокислоты являются цвиттерионами



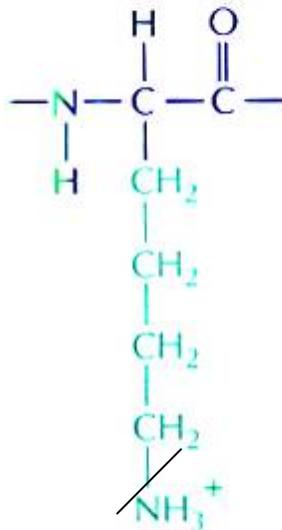
pI – это изоэлектрическая точка, то есть значение pH, при котором молекула аминокислоты не имеет заряда, то есть имеет вид: $\text{NH}_3^+-\text{CH}_2-\text{COO}^-$

Аминокислоты белков (основные)

1. Основные аминокислоты

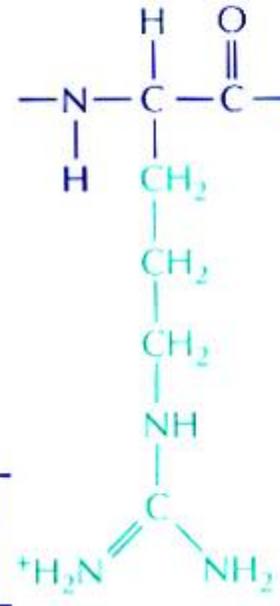
Лизин

(Lys, or K)



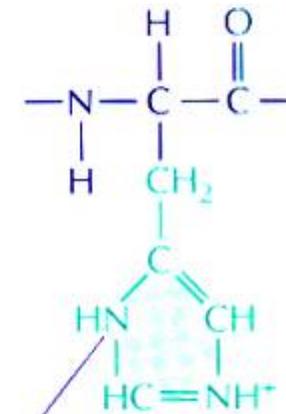
Аргинин

(Arg, or R)



Гистидин

(His, or H)



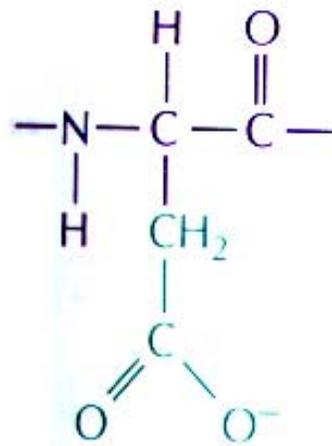
Эти группы
являются
основными

Этот азот лишь
частично положи-
телен при нейт-
ральных рН

Аминокислоты белков (кислые)

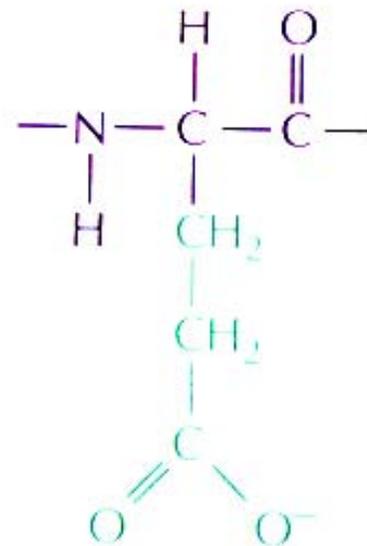
**аспарагиновая
кислота**

(Asp, or D)



**глутаминовая
кислота**

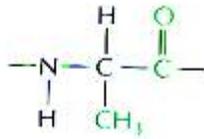
(Glu, or E)



Аминокислоты белков (незаряженные гидрофобные)

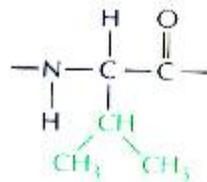
аланин

(Ala, or A)



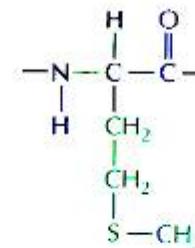
валин

(Val, or V)



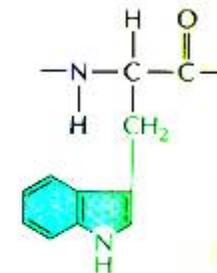
метионин

(Met, or M)



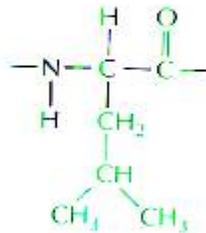
триптофан

(Trp, or W)



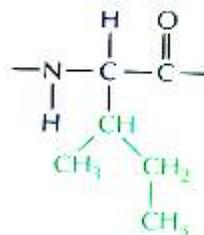
лейцин

(Leu, or L)



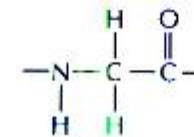
изолейцин

(Ile, or I)



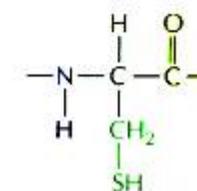
глицин

(Gly, or G)



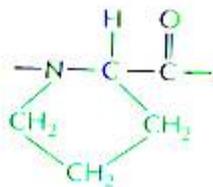
цистеин

(Cys, or C)



пролин

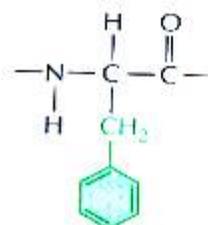
(Pro, or P)



ИМИНОКИСЛОТА

фенилаланин

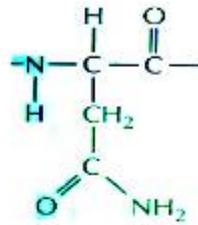
(Phe, or F)



Аминокислоты белков (полярные)

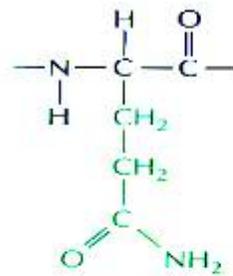
аспарагин

(Asn, or N)



глутамин

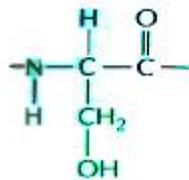
(Gln, or Q)



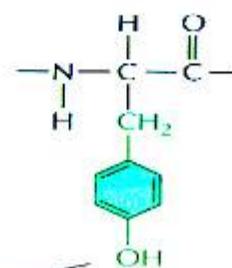
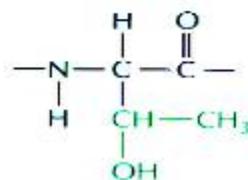
Эти аминокислоты полярные, но с незаряженными группами.

хотя амид при нейтральных рН не заряжен, он полярен

серин S



треонин T тирозин Y

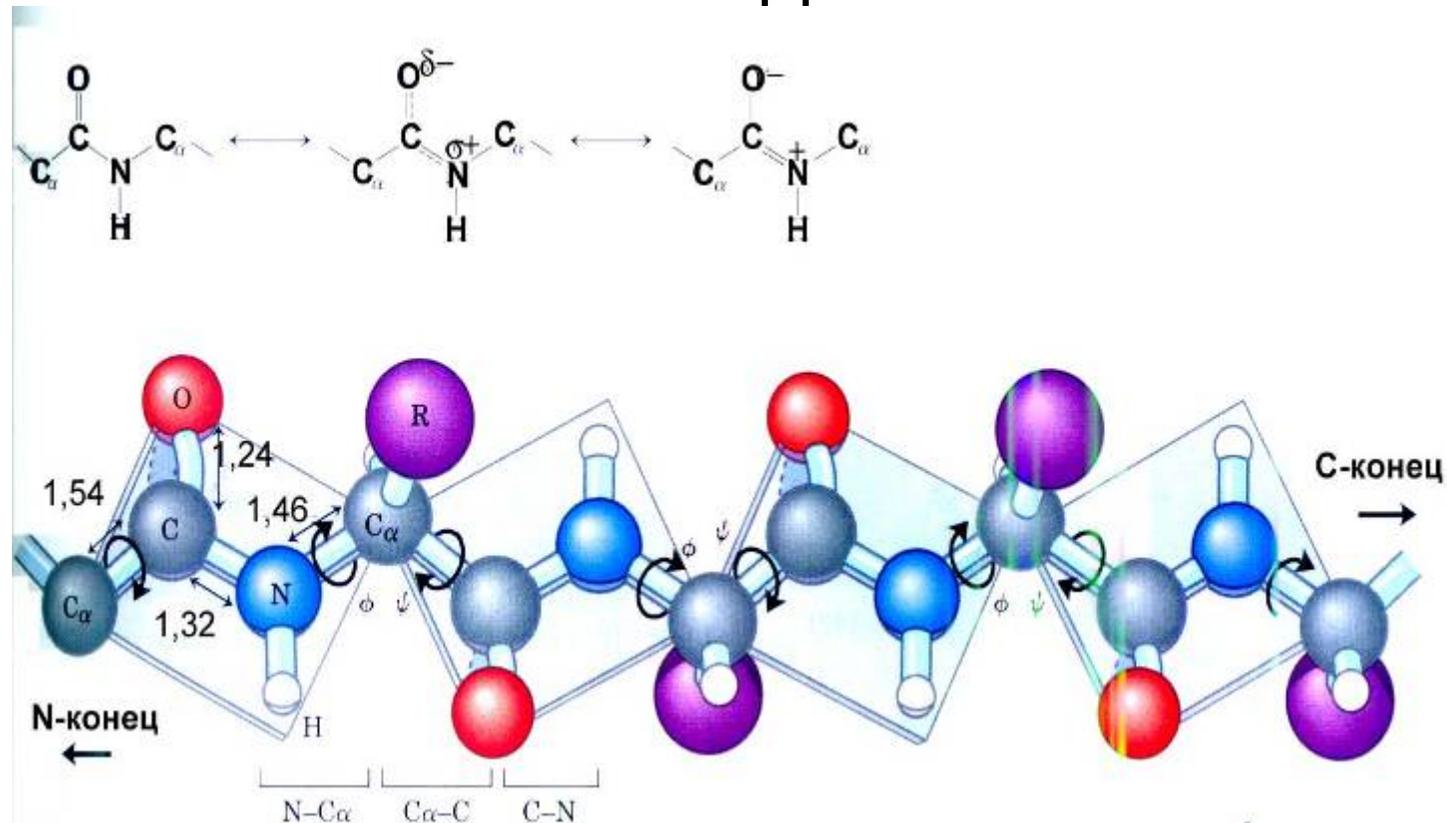


ОН-группа полярна

TABLE 3-1 Properties and Conventions Associated with the Common Amino Acids Found in Proteins

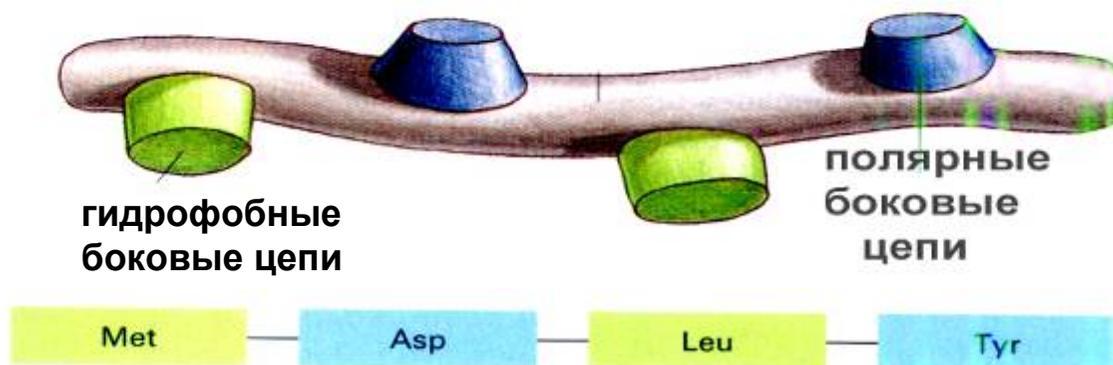
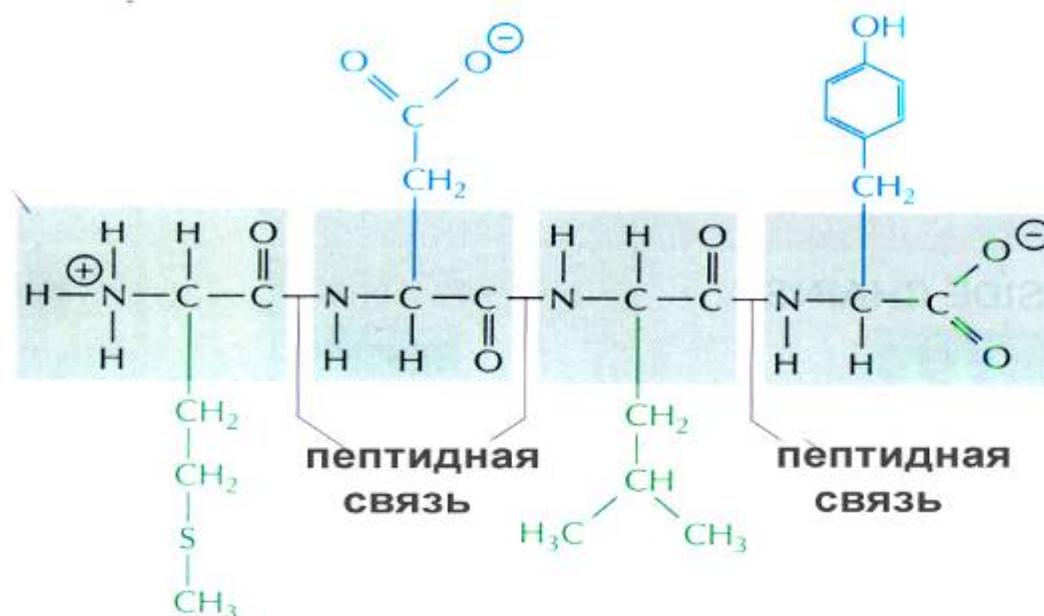
Amino acid	Abbreviation/ symbol	M_r	pK_a values			pI	Hydropathy index*
			pK_1 (—COOH)	pK_2 (—NH ₃ ⁺)	pK_R (R group)		
Nonpolar, aliphatic							
R groups							
Glycine	Gly G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4
Alanine	Ala A	89	2.34	9.69		6.01	1.8
Proline	Pro P	115	1.99	10.96		6.48	1.6
Valine	Val V	117	2.32	9.62		5.97	4.2
Leucine	Leu L	131	2.36	9.60		5.98	3.8
Isoleucine	Ile I	131	2.36	9.68		6.02	4.5
Methionine	Met M	149	2.28	9.21		5.74	1.9
Aromatic R groups							
Phenylalanine	Phe F	165	1.83	9.13		5.48	2.8
Tyrosine	Tyr Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3
Tryptophan	Trp W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9
Polar, uncharged							
R groups							
Serine	Ser S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8
Threonine	Thr T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7
Cysteine	Cys C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5
Asparagine	Asn N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5
Glutamine	Gln Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5
Positively charged							
R groups							
Lysine	Lys K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9
Histidine	His H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2
Arginine	Arg R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5
Negatively charged							
R groups							
Aspartate	Asp D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5
Glutamate	Glu E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5

Свойства пептидной связи

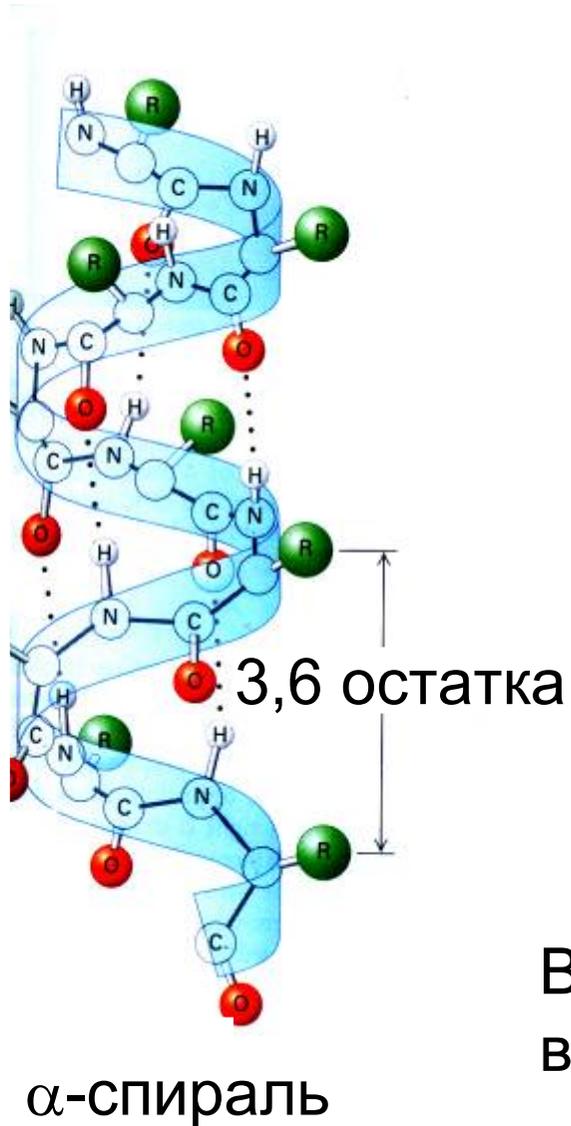


1. Пептидная связь представляет собой промежуточную между одинарной и двойной связью, ее длина 1,32Å, Вращение вокруг нее невозможно.
2. 6 атомов, расположенных рядом с пептидной связью (2 C_α , O, N, H), находятся в одной плоскости.
3. Пептидную связь можно рассматривать как диполь, поскольку на карбонильном кислороде есть δ^- , а на N – δ^+ .

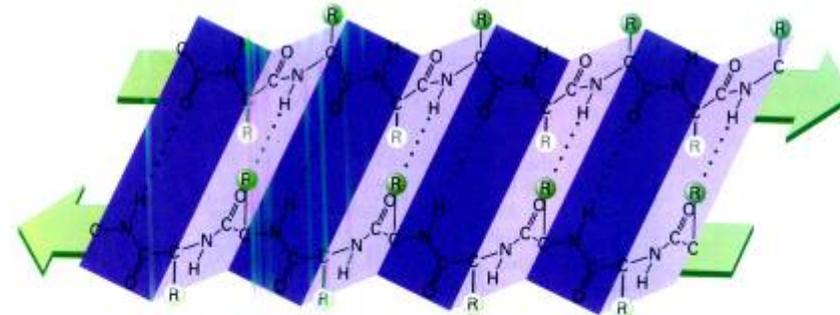
Первичная структура белка – это последовательность аминокислот



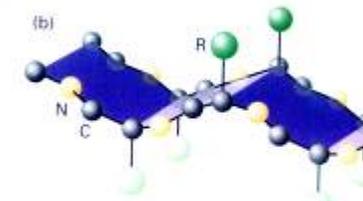
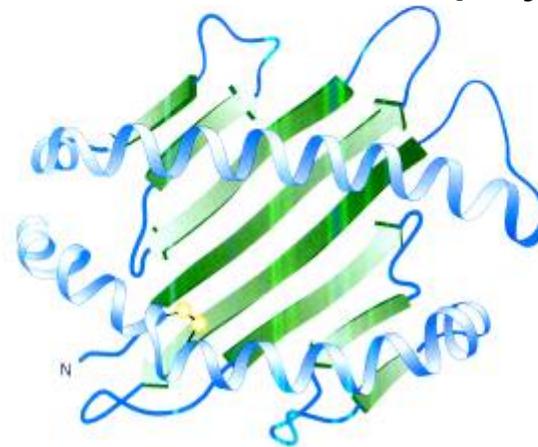
Вторичная структура белка



β -структура



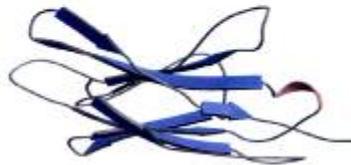
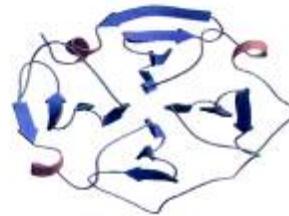
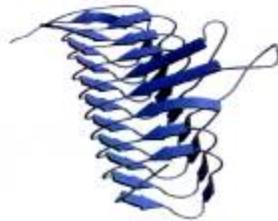
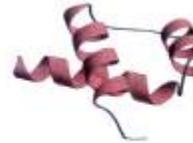
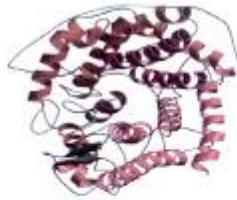
вид сверху



вид сбоку

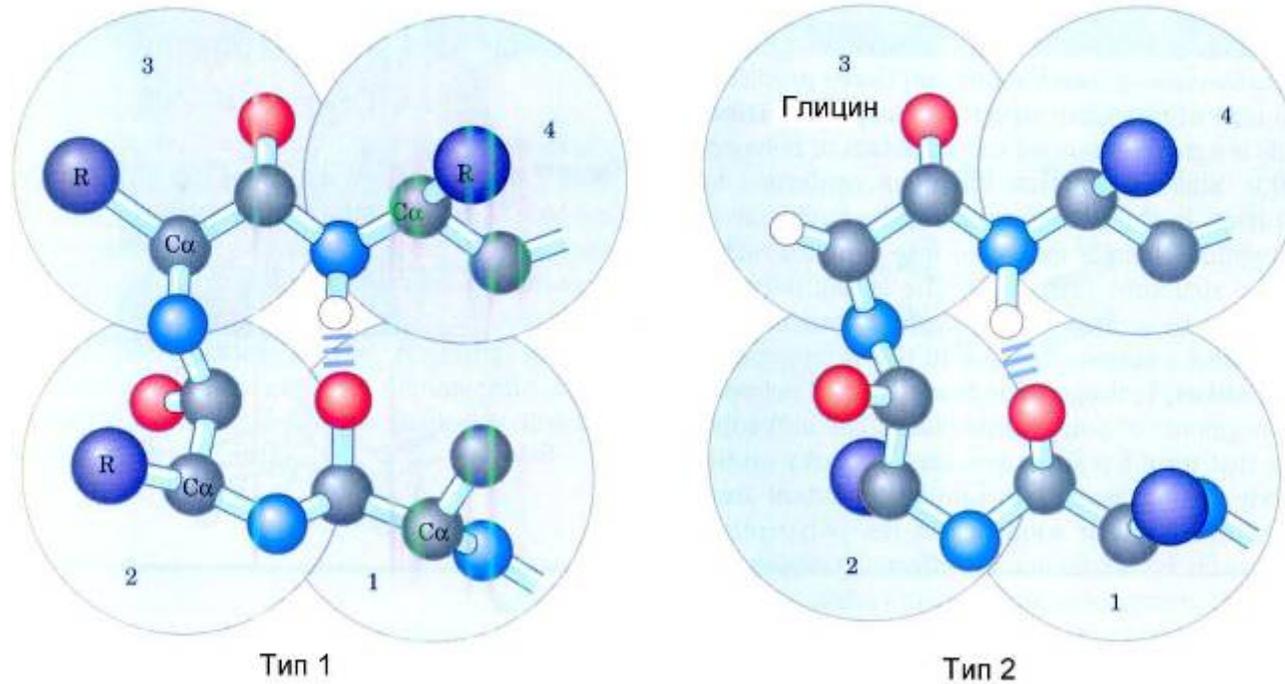
Вторичная структура стабилизируется водородными связями

Третичная структура белка (глобулярные белки)

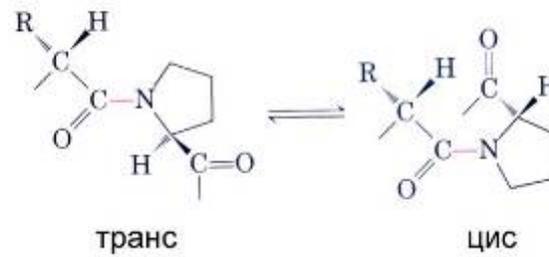


Третичная структура белка – способ пространственной укладки полипептидной цепи в глобулу или фибриллу. Поддерживается за счет ковалентных (S-S), гидрофобных, водородных связей.

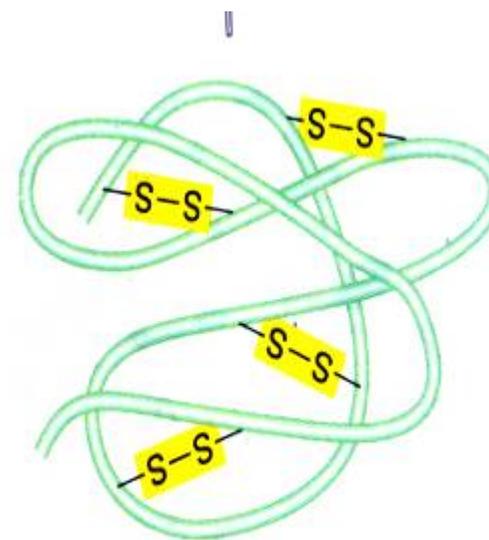
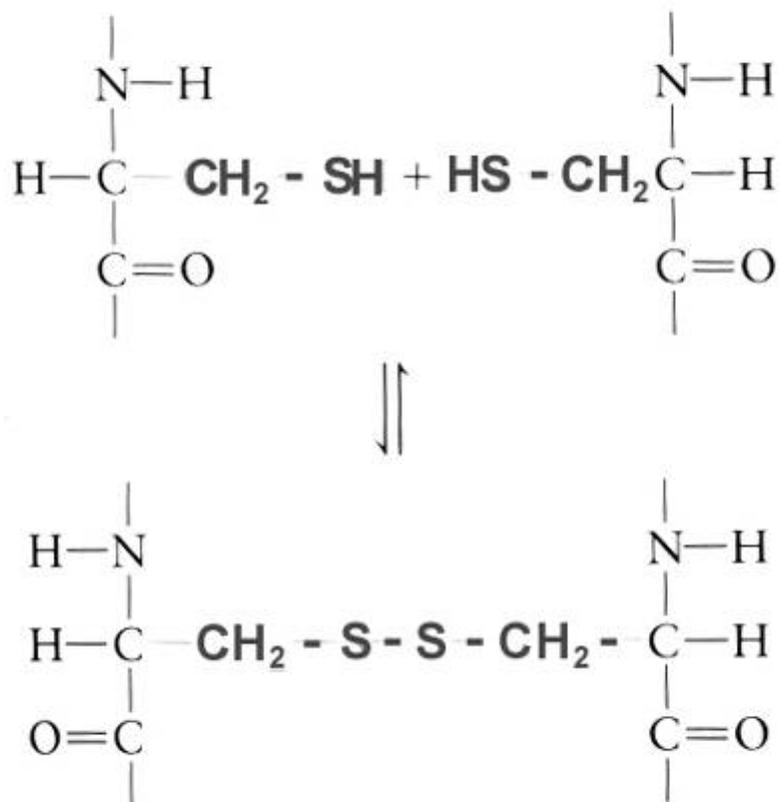
Структура β -поворота



Изомеры пролина



Образование S-S связей между двумя остатками цистеина

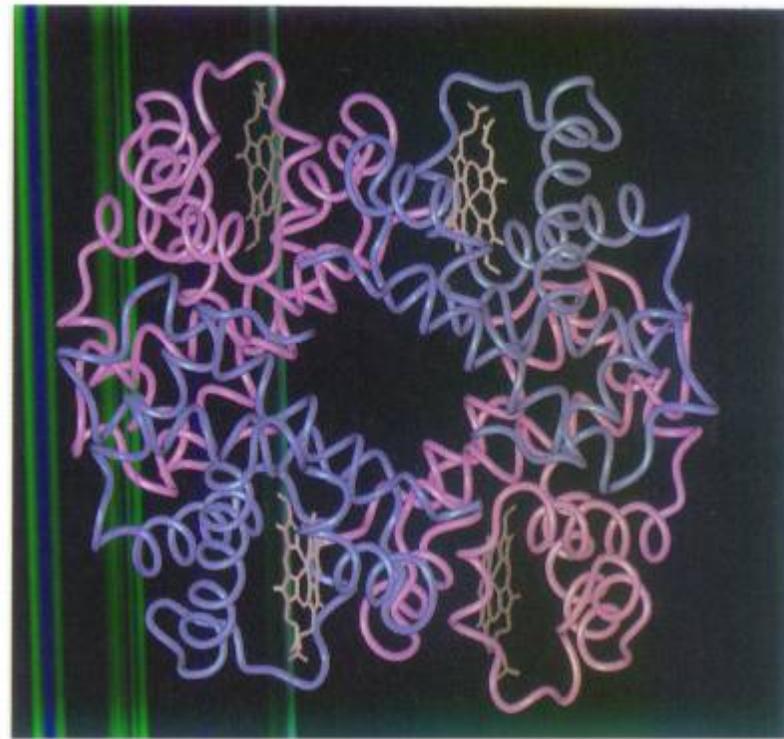


Четвертичная структура белка

Четвертичная структура белка формируется за счет взаимодействия нескольких полипептидных цепей, поддерживается за счет водородных, гидрофобных связей и Ван-дер-Ваальсовых взаимодействий.



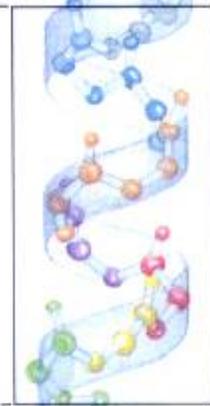
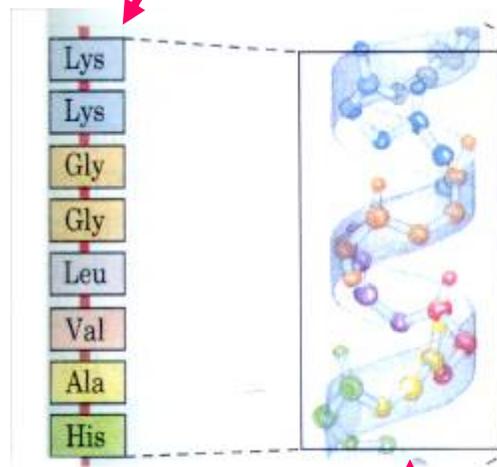
Миоглобин (одна цепь)



Гемоглобин (четыре цепи)

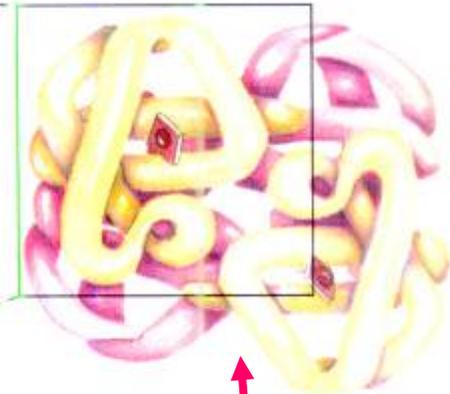
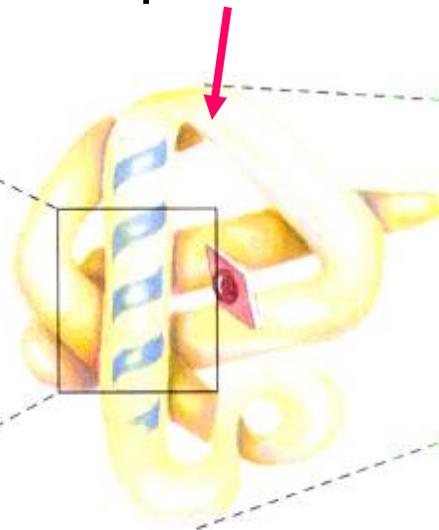
Различные уровни структурной организации белка

Первичная



Вторичная

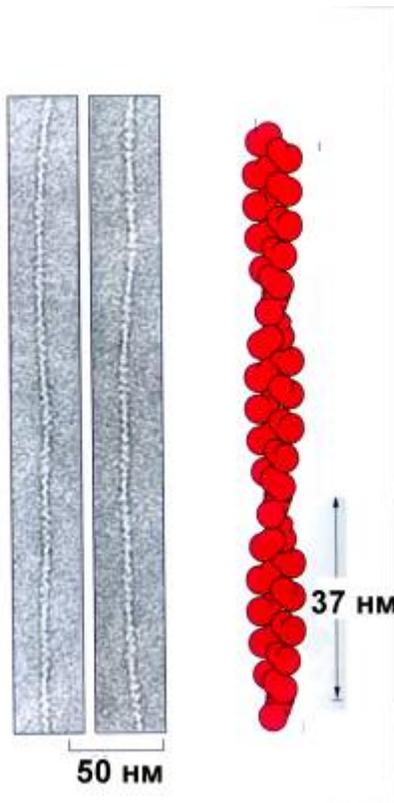
Третичная



Четвертичная

Вторичная, третичная и четвертичная структура белка определяется его первичной структурой

Фибриллярные белки

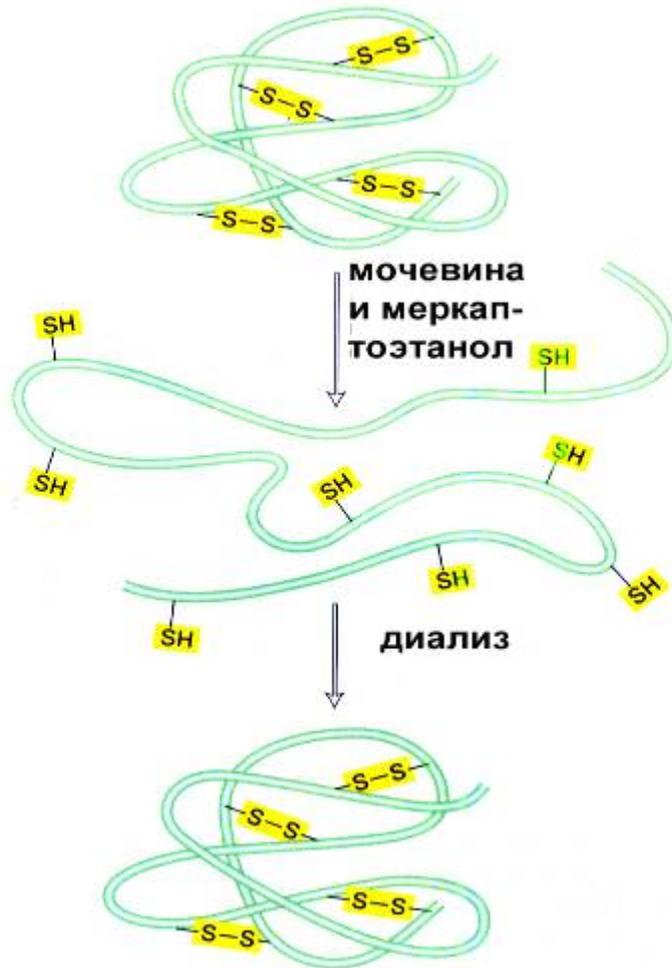


Фибриллярный актин



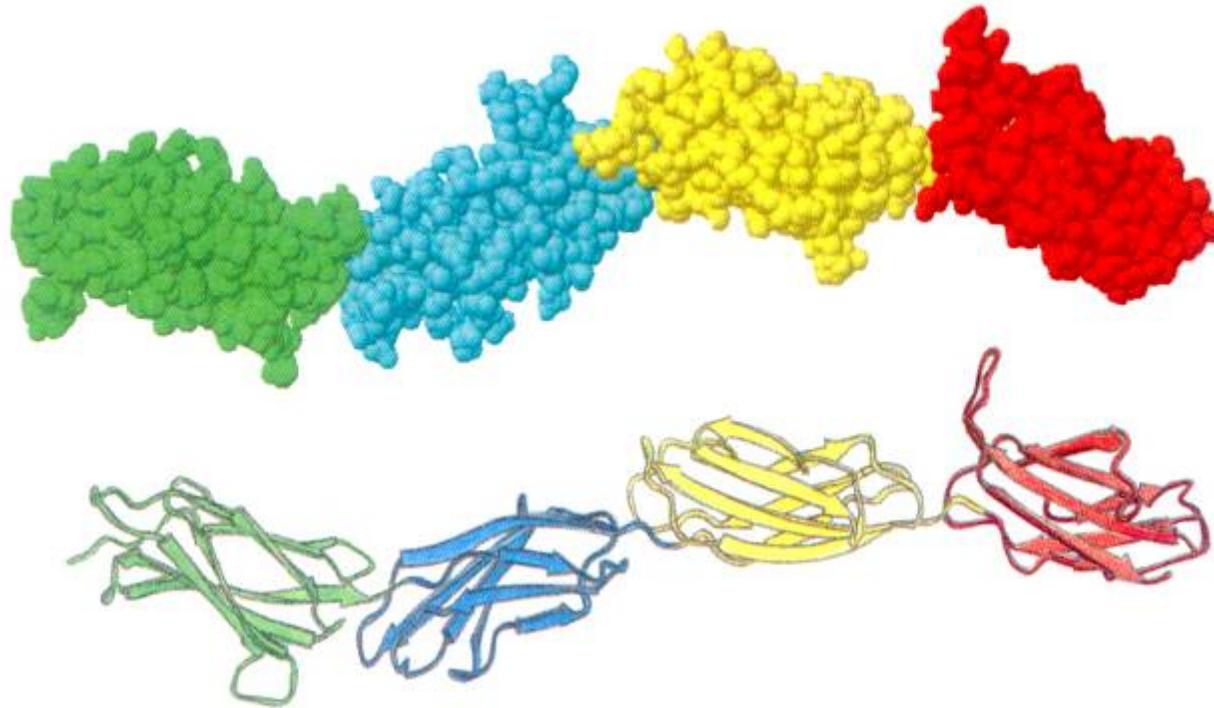
Тройная коллагеновая
спираль

Денатурация белка



Денатурация белка – это разрушение его четвертичной, третичной и вторичной структуры. Происходит при изменении pH среды, нагревании, добавлении органических растворителей

Доменная организация белков



Четыре домена молекулы фибронектина

Классификация белков

Некоторые белки постоянно содержат другие химические соединения, например липиды, гликопротеины и т.д. Такие белки называют сложными, а это соединение – простетической группой.

Класс	Простетическая группа	Пример
Липопротеиды	Липиды	β 1-липопротеид крови
Гликопротеиды	Углеводы	Иммуноглобулин G
Фосфопротеиды	Фосфатная группа	Казеин молока
Гемопропротеиды	Гем	Гемоглобин
Флавопротеиды	Флавиновые нуклеотиды	Сукцинатдегидрогеназа
Металлопротеиды	Железо	Ферритин
	Цинк	Алкогольдегидрогеназа
	Молибден	Динитрогеназа
	Кальций	Кальмодулин
	Медь	Пластоциан

Определение первичной структуры белков

1. Протеолиз различными протеазами
2. Очистка пептидов и определение их аминокислотных последовательностей (метод Эдмана)

