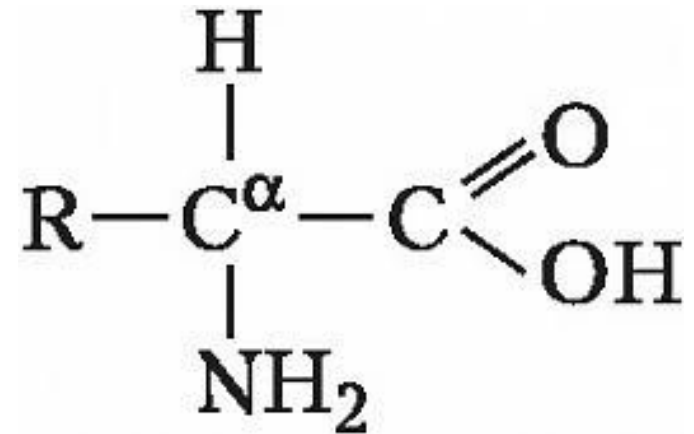
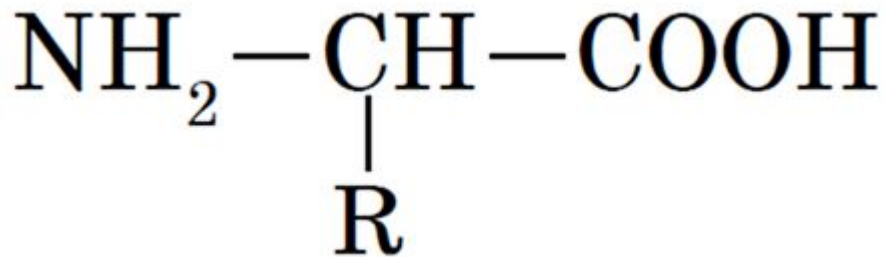


Аминокислоты. Химический
состав белков, строение белковой
молекулы. Свойства и функции
белков.

- Все 20 аминокислот, встречающиеся в белках, это α -аминокислоты, общим признаком которых является наличие аминогруппы - NH_2 и карбоксильной группы - COOH у α -углеродного атома



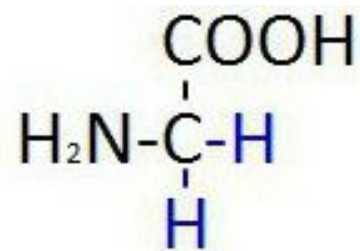
КЛАССИФИКАЦИЯ АМИНОКИСЛОТ ПО

ХИМИЧЕСКОМУ СТРОЕНИЮ

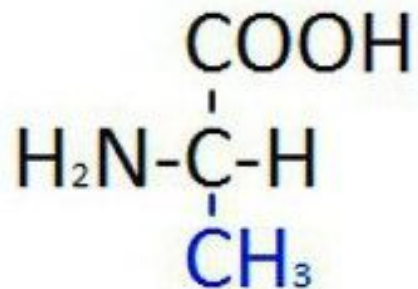
- По химическому строению аминокислоты можно разделить на **алифатические, ароматические и гетероциклические.**
- В составе алифатических радикалов могут находиться функциональные группы, придающие им специфические свойства: **карбоксильная (-COOH), амино (-NH₂), тиольная (-SH), амидная (-CO-NH₂), гидроксильная (-OH) и гуанидиновая.**

Классификация протеиногенных аминокислот по химическому строению радикала

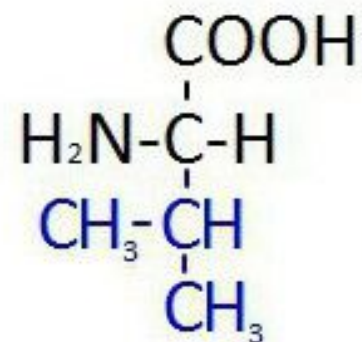
Амино- кислоты	Символы		М	Константы диссоциации			ИЭТ
	русск.	лат.		pK ₁	pK ₂	pK ₃	
I. Аминокислоты с алифатическими радикалами							
Глицин	Гли	Gly,G	75	-	-	-	5,97
Аланин	Ала	Ala,A	89	2,39	9,69	-	6,0
Валин	Вал	Val,V	117	2,32	9,62	-	6,0
Лейцин	Лей	Leu,L	113	2,36	9,60	-	6,0
Изолей- цин	Иле	Ile,I	113	2,26	9,62	-	5,9



Глицин



Аланин

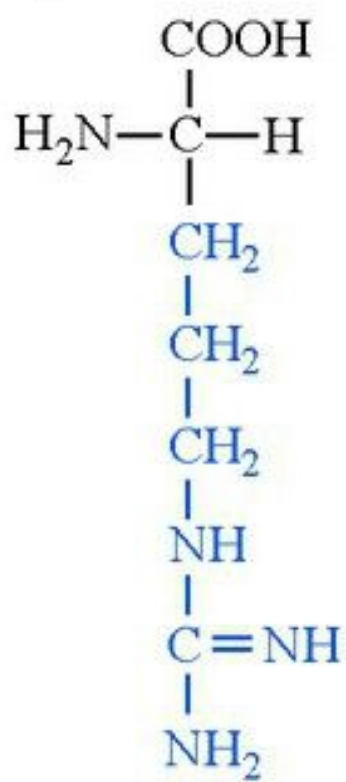


Валин

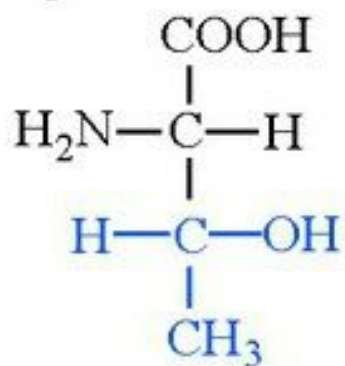
**II. Аминокислоты, содержащие в алифатическом радикале
дополнительную функциональную группу**

Серин	Сер	Ser,S	105	2,21	9,35	-	5,7
Треонин	Тре	Thr, T	119	2,15	9,12	-	5,6
Аспарагин	Асн	Asn, N	132	2,19	9,11	-	5,41
Глутамин	Глн	Gln, Q	146	1,98	9,10	-	5,65
Лизин	Лиз	Lys, K	146	2,20	8,90	10,3	9,7
Аргинин	Арг	Arg, R	174	2,18	9,09	13,2	10,9
Аспарагино вая кислота	Асп	Asp, D	133	1,88	3,65	9,00	2,8
Глутаминов ая кислота	Глу	Glu, E	147	2,19	4,25	9,07	3,2
Цистеин	Цис	Cys,C	121	1,71	8,33	-	5,0
Метионин	Мет	Met,M	149	2,28	9,21	-	5,7

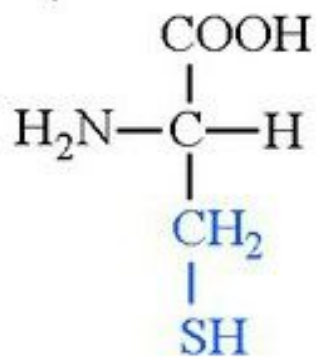
Аргинин



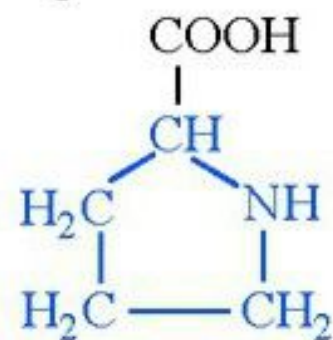
Треонин



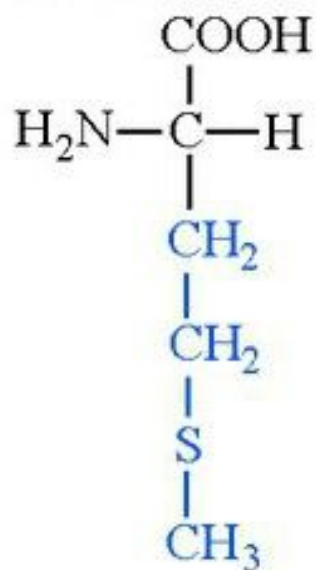
Цистеин



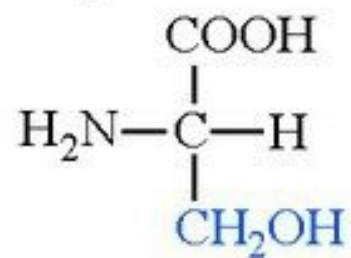
Пролин



Метионин



Серин



III. Аминокислоты, содержащие ароматический радикал

Фенил-аланин	Фен	Phe,F	165	1,83	9,13	-	5,3
Тирозин	Тир	Tyr,Y	181	2,2	9,11	10,1	5,7

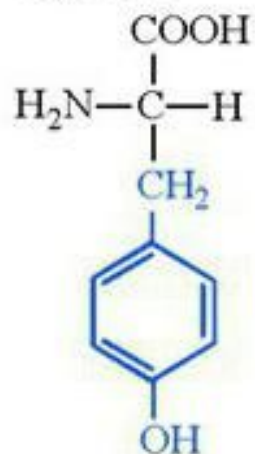
IV. Аминокислоты с гетероциклическими радикалами

Триптофан	Три	Trp,W	204	2,38	9,30	-	5,9
Гистидин	Гис	His, H	155	1,78	5,97	8,9	7,6

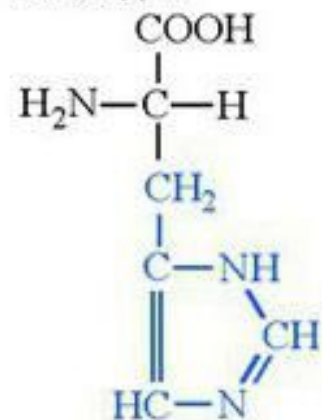
V. Иминокислота (свободной аминогруппы нет, радикал R неполярный)

Пролин	Про	Pro,P	115	1,99	10,0	-	6,3
--------	-----	-------	-----	------	------	---	-----

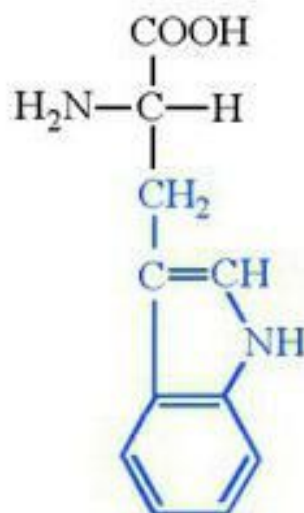
Тирозин



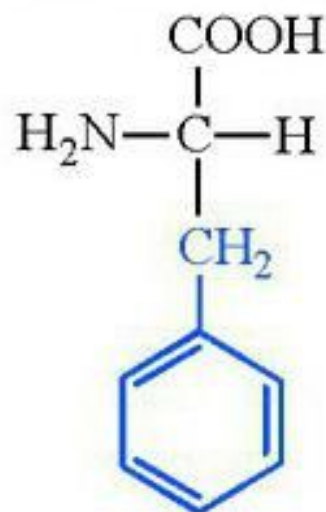
Гистидин



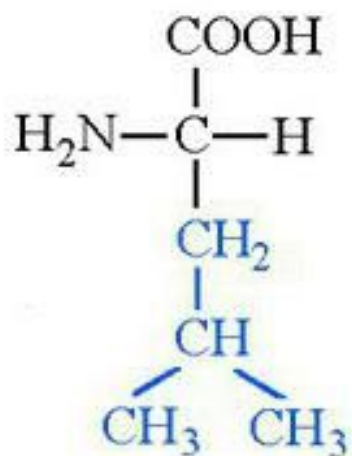
Триптофан



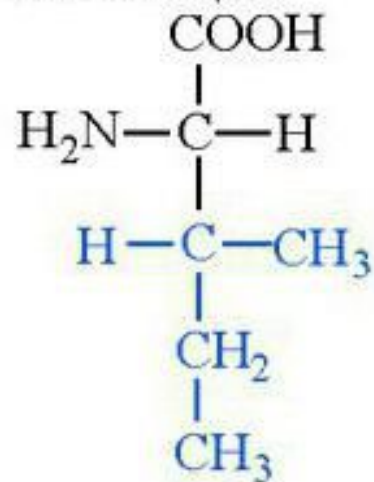
Фенилаланин

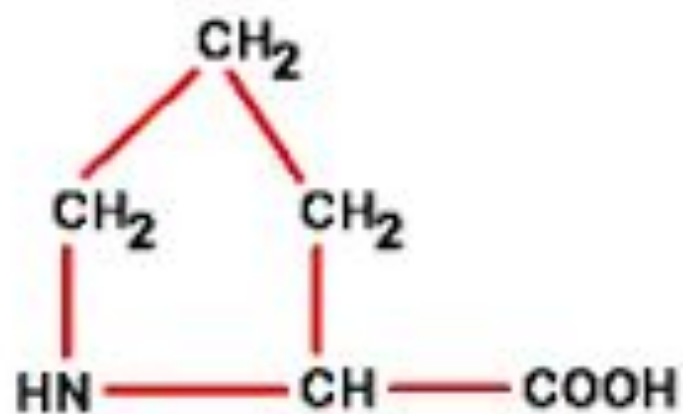


Лейцин

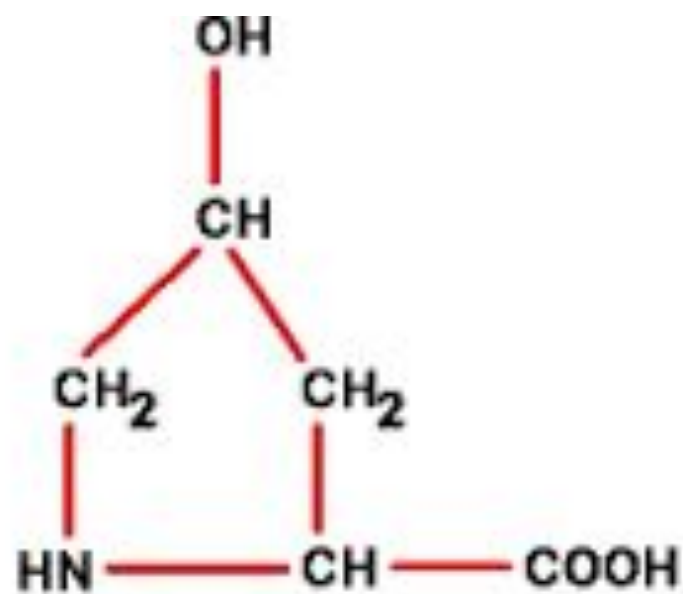


Изолейцин



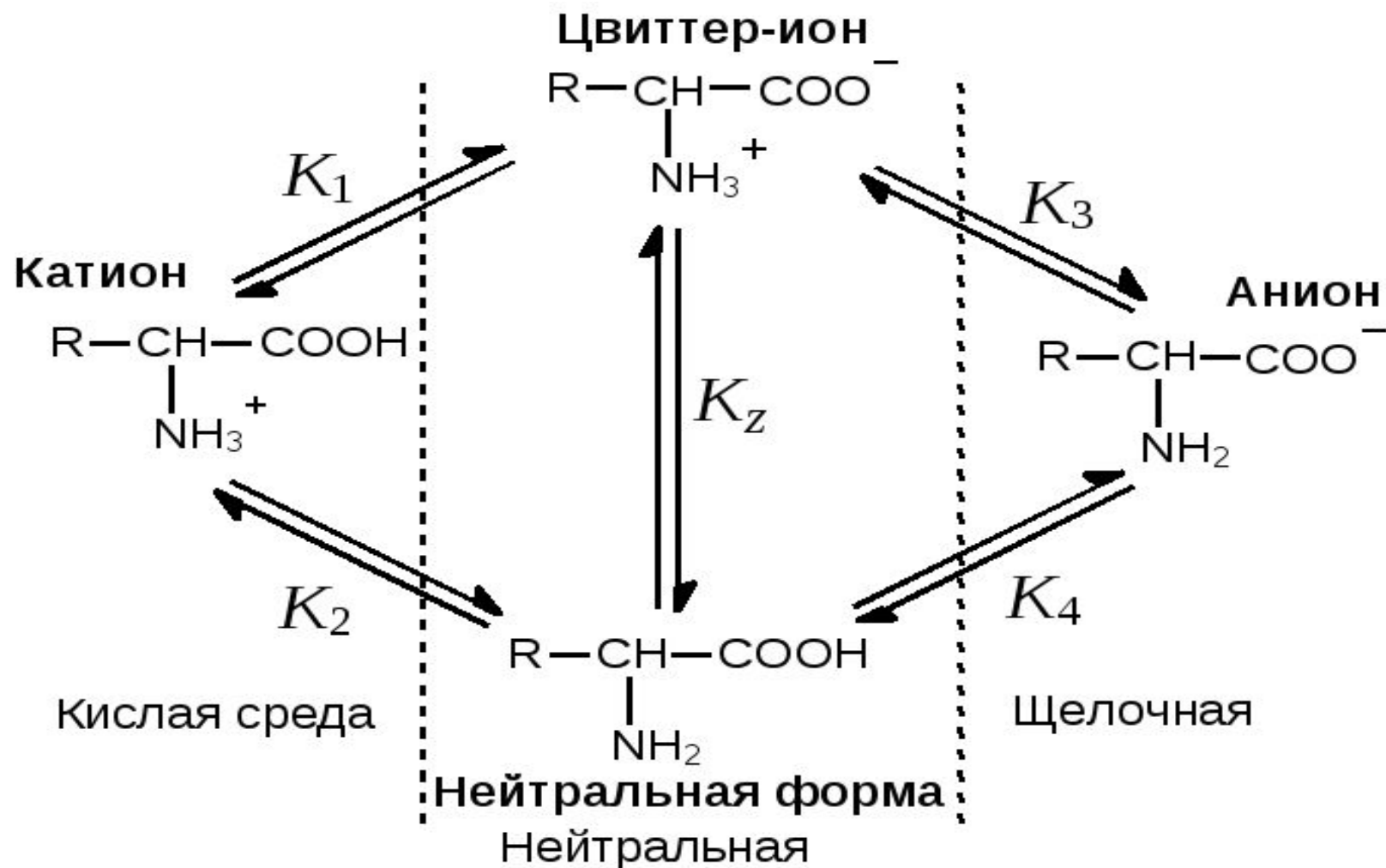


Про



Оксипролин

Кислотно-основное равновесие в растворе аминокислот



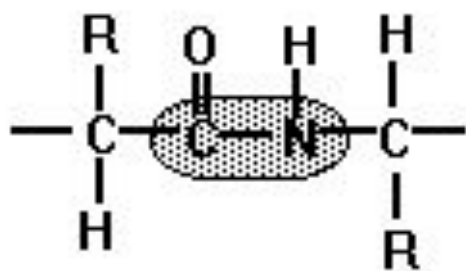
- В природе известно более 100 аминокислот, из них 20 являются жизненно необходимыми.
- По способности синтезироваться в организме они бывают заменимые (синтезируются) и незаменимые (несинтезируются или синтезируются в недостаточном количестве).
- Незаменимые аминокислоты – фенилаланин, валин, триптофан, гистидин, лизин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, аргинин.
- Заменимые – пролин, оксипролин, тирозин, аланин, глицин, аспарагиновая, глутаминовая, серин, цистеин, цистин.
- Если белок имеет в своем составе все 10 незаменимых аминокислот, то он называется полноценным. Это в основном белки животного происхождения.
- Если в белке не хватает хотя бы одной незаменимой аминокислоты, он называется неполноценным. Это растительные белки.

ПЕПТИДНАЯ СВЯЗЬ. СТРОЕНИЕ ПЕПТИДОВ

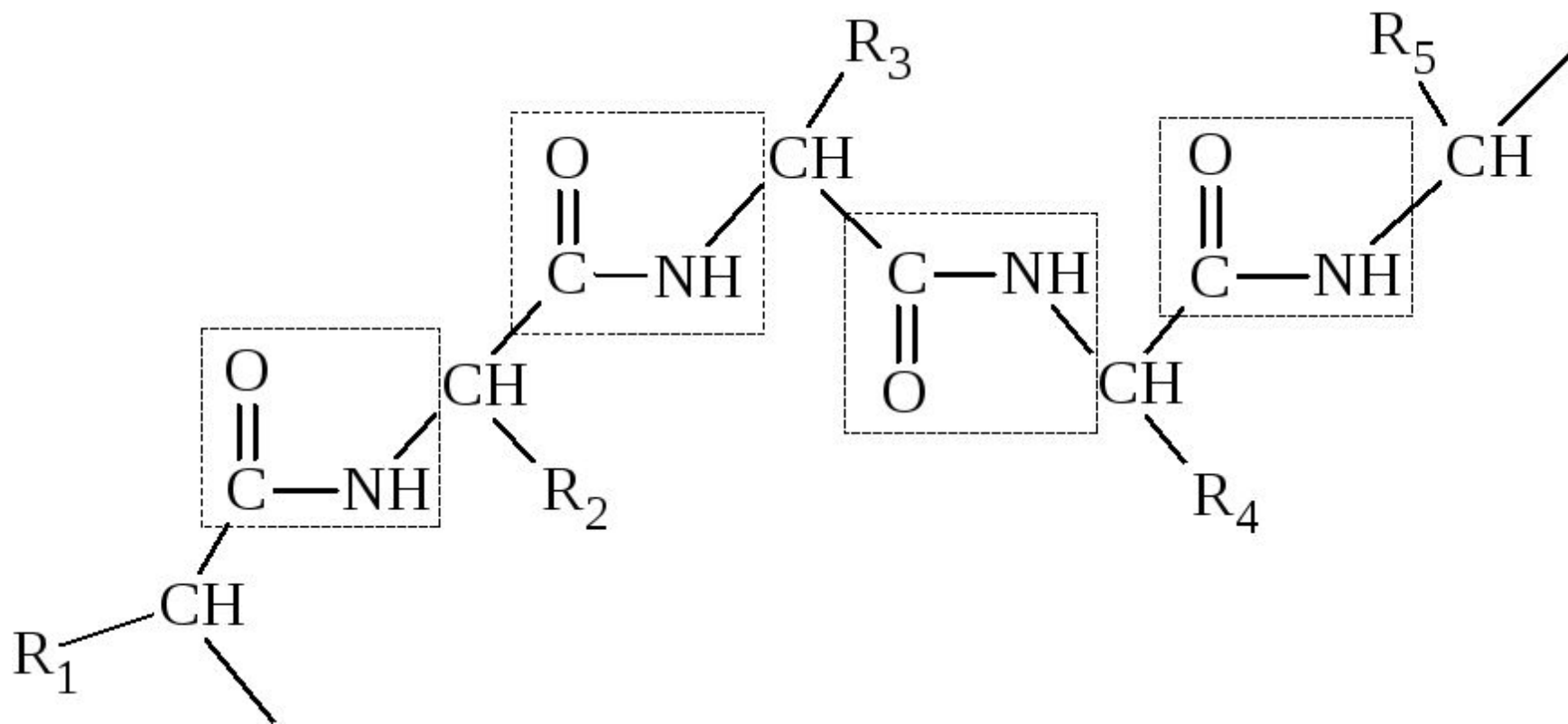
- α -Аминокислоты могут ковалентно связываться друг с другом с помощью пептидных связей. Пептидная связь образуется между α -карбоксильной группой одной аминокислоты и α -аминогруппой другой, т.е. является амидной связью. При этом происходит отщепление молекулы воды.

СТРОЕНИЕ ПЕПТИДА

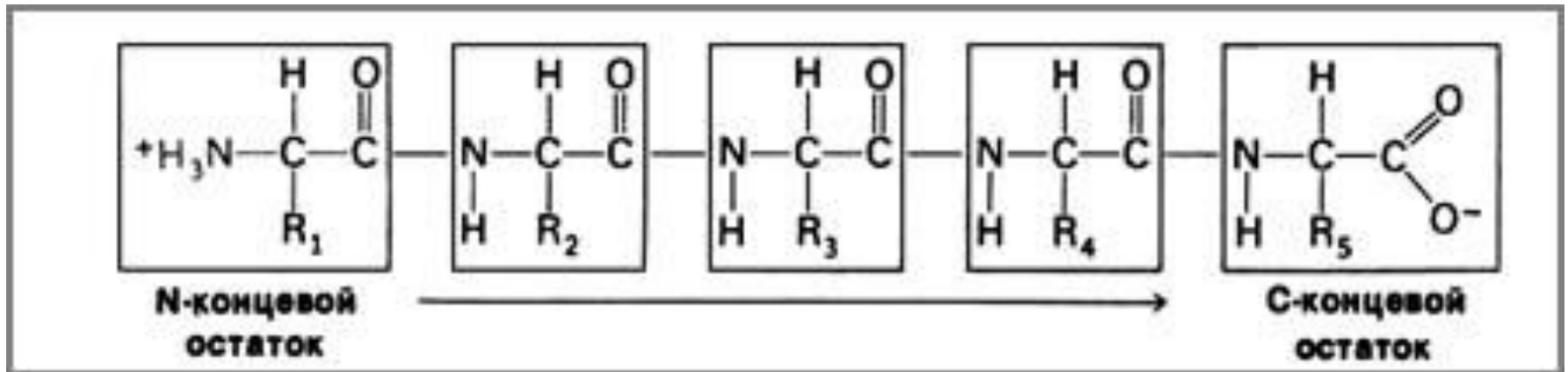
- Количество аминокислот в составе пептидов может сильно варьировать. Пептиды, содержащие до 10 аминокислот, называют **олигопептиды**.
- Пептиды, содержащие более 10 аминокислот, называют «**полипептиды**»,
- а полипептиды, состоящие из более чем 50 аминокислотных остатков, обычно называют **белками**.



пептидная связь
(заштрихована)



Строение пентапептида. R^1 , R^2 и т.д. — боковые радикалы аминокислот



Белки - высокомолекулярные биополимеры, построенные из остатков аминокислот. Они составляют структурную и функциональную основу любого организма.

Функции белков в организме:

1. Структурная - белки являются главными компонентами клеток растений, животных, вирусов, бактерий.
2. Каталитическая – все ферменты – катализаторы являются белками (их более 1000). Они обеспечивают направленность и высокую скорость химических реакций, а также взаимосвязь биохимических процессов всего организма. Большинство гормонов – белки.
3. Защитная – В основе естественного и искусственного иммунитета лежат антитела, по химической природе являющиеся белками. Важная защитная реакция – свертывание крови обусловлена белками, в основном фибриногеном.
4. Транспортная – белки гемоглобин и миоглобин переносят кислород тканям и CO_2 к легким.

5. Сократительная – белки мышц (актин, миозин, актомиозин) обеспечивают сокращение и расслабление мышц
6. Энергетическая – за счет белков организм может обеспечиваться энергией до 10-15% ее потребности. При окислении 1 г белков освобождается 17,2 кДж (4,1 ккал) энергии.
7. Раздражимость – медиаторы нервной системы (гистамин, адреналин, норадреналин, серотонин) являются продуктами обмена белков и аминокислот.
8. Для жизнедеятельности любого организма необходимы и др. соединения – углеводы, вода, минеральные вещества, витамины, жиры. Но решающую роль играют белки.
9. Еще в 1939 г. Датский ученый Мульдер предложил называть белки протеинами (греч. Протос – первый, главный), тем самым подчеркнув важность этих веществ.

Физико-химические и функциональные особенности белков

- Белки в среднем составляют 18-24% общей сырой массы организма и до 45-50% сухой массы.
- Элементарный состав белка следующий:

• Углерод -50-55%	Водород – 6,5-7,5%
• Кислород – 21-24%	Сера -0,3-2,5%
• Азот – 15-18%	Фосфор – 1-2%
- Некоторые белки содержат в небольших количествах железо, медь, марганец, бром, кальций и т.д.
- Белки - высокомолекулярные соединения. Молекулярная масса колеблется от нескольких тысяч до сотен миллионов.
- Белки растворяются в воде, образуют лиофильные коллоидные растворы. Молекулы не проходят через полупроницаемую мембрану. Растворы ВМС имеют сходство и различия с лиофобными коллоидными системами (золями).

- **Сходство:** медленность диффузии, неспособность к диализу, размер частиц.
- **Различия:** растворы ВМС – гомогенны, не имеют поверхности раздела фаз, гидрофильны, устойчивы без электролита стабилизатора; знак заряда образуется в результате диссоциации самой белковой молекулы в зависимости от реакции среды.
- В щелочной среде белок диссоциирует как кислота, молекулы белка заряжены отрицательно, при пропускании тока движутся к аноду.
- В кислом растворе белок диссоциирует как щелочь, его молекулы заряжены положительно, при пропускании тока они движутся к катоду.

- При определенной для каждого белка концентрации водородных ионов в молекуле белка устанавливается равенство положительных и отрицательных ионов. Она становится нейтральной. Такое состояние называется **изоэлектрическим состоянием белка**. Значение pH, при котором белок нейтрален – **изоточка белка**.
- Изоточка неодинакова для разных белков.

Белок	pH изоточки	Белок	pH изоточки
Пепсин	1	Фибриноген	8
Казеин	4,7	Гемоглобин	6,7
Яичный альбумин	4,9	Желатина	4,9
Сывороточный глобулин	5,4	Миозин	4,6-5,2
Сыв. Альбумин	4,88	Муцин	2,7

- В изоточке белок менее гидратирован, уменьшается его растворимость, он легче выпадает в осадок.
- Растворы ВМС устойчивы к коагуляции. Чтобы вызвать коагуляцию ВМС, необходимо отнять воду, т.е. разрушить сольватную оболочку и понизить электрический заряд. Десольватацию можно вызвать добавлением спирта, ацетона, насыщенных растворов нейтральных солей, серной кислоты и др.
- Процесс отнятия воды насыщенными растворами нейтральных солей (сульфата натрия, сульфата аммония, сульфата магния и др.) называется высаливанием.
- Растворы белков коагулируют необратимо под влиянием высоких температур, солей тяжелых металлов, дубильных веществ, крепких кислот и щелочей.
- Необратимая коагуляция белков называется

- Кроме явления коагуляции в растворах ВМС наблюдается при определенных условиях явление расслоения, при котором раствор ВМС разделяется на 2 слоя: богатый макромолекулами жидкий осадок и надосадочную жидкость, почти свободную от молекул ВМС.
- Это явление, в отличие от коагуляции, называется **коацервацией**, а жидкий осадок коацерватом, т.е. объединением частиц одной общей водной оболочки.
- Коацерваты обладают большей вязкостью, приближающейся к вязкости протоплазмы.
- Растворы ВМС повышают устойчивость лиофобных зольей к коагуляции электролитами. Метод повышения устойчивости лиофобных зольей в результате добавления к нему растворов ВМС называется коллоидной защитой.
- Осмотическое давление коллоидных растворов белков по сравнению с истинными растворами очень низкое.
- Белки обладают буферными свойствами.

- Одним из важнейших свойств белков, как лиофильных коллоидов, является их способность задерживать большое количество воды – **набухать** и образовывать таким образом **студни и гели**.
- Набухание обычно предшествует их растворению. Жидкий раствор желатины при застывании превращается в студень.

- Все белки по форме молекул делят на фибриллярные и глобулярные.
- **Фибриллярные** (фибриллиа – волокно, лат.). Длина молекул в десятки и сотни раз превышает их толщину.
- Например, белок мышечных волокон миозин, белки опорных тканей – коллаген и эластин, кератин – белок волоса и рога, фибрин – белок шелка.
- **Глобулярные** – (глобулюс - шарик), могут иметь форму веретена, эллипса, иногда палочек. Длина частиц превышает диаметр в 3-8 раз не больше.
- Например, альбумины, глобулины.

- Свойства глобулярных фибриллярных различны. Глобулярные растворимы в воде и в разбавленных солевых растворах. Фибриллярные в воде не растворяются в воде набухают.
- При нагревании, при действии кислот, щелочей, солей тяжелых металлов, спирта, глобулярные переходят в фибриллярные. При этом они теряют гидрофильные свойства выпадают в осадок (денатурация).

Белки - это высокомолекулярные соединения (полимеры), состоящие из α -аминокислот - мономерных звеньев, соединенных между собой пептидными связями.

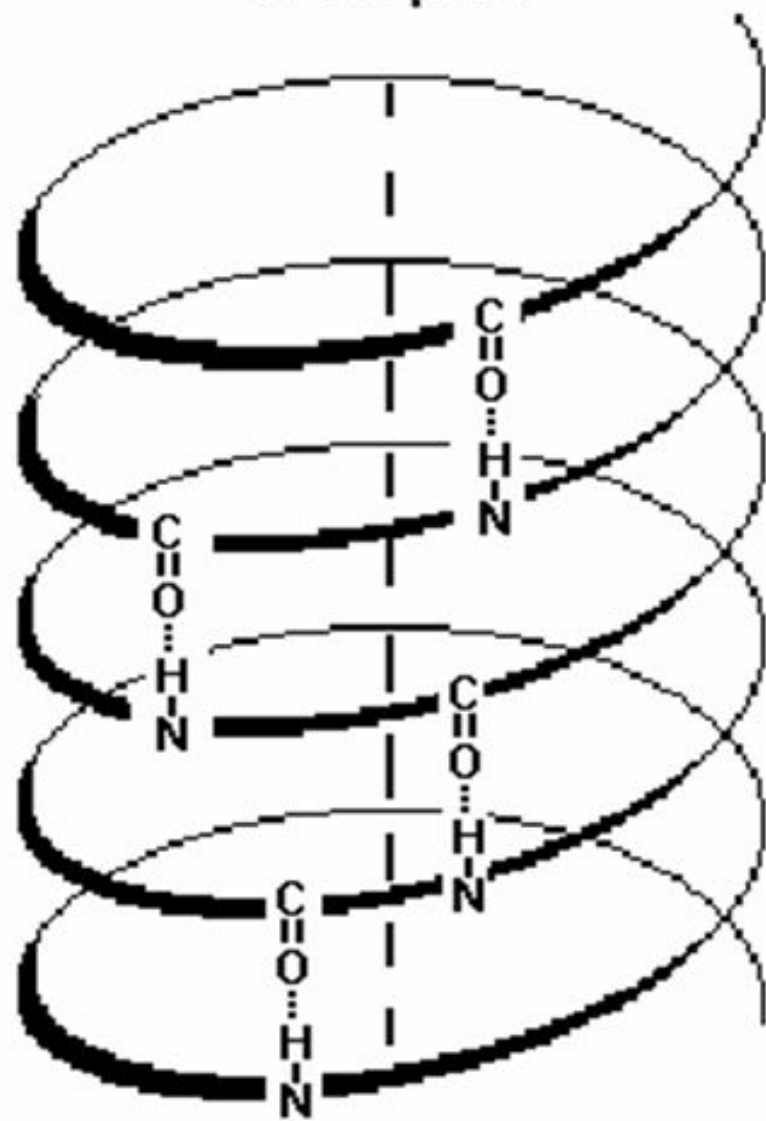
СТРУКТУРА БЕЛКОВ

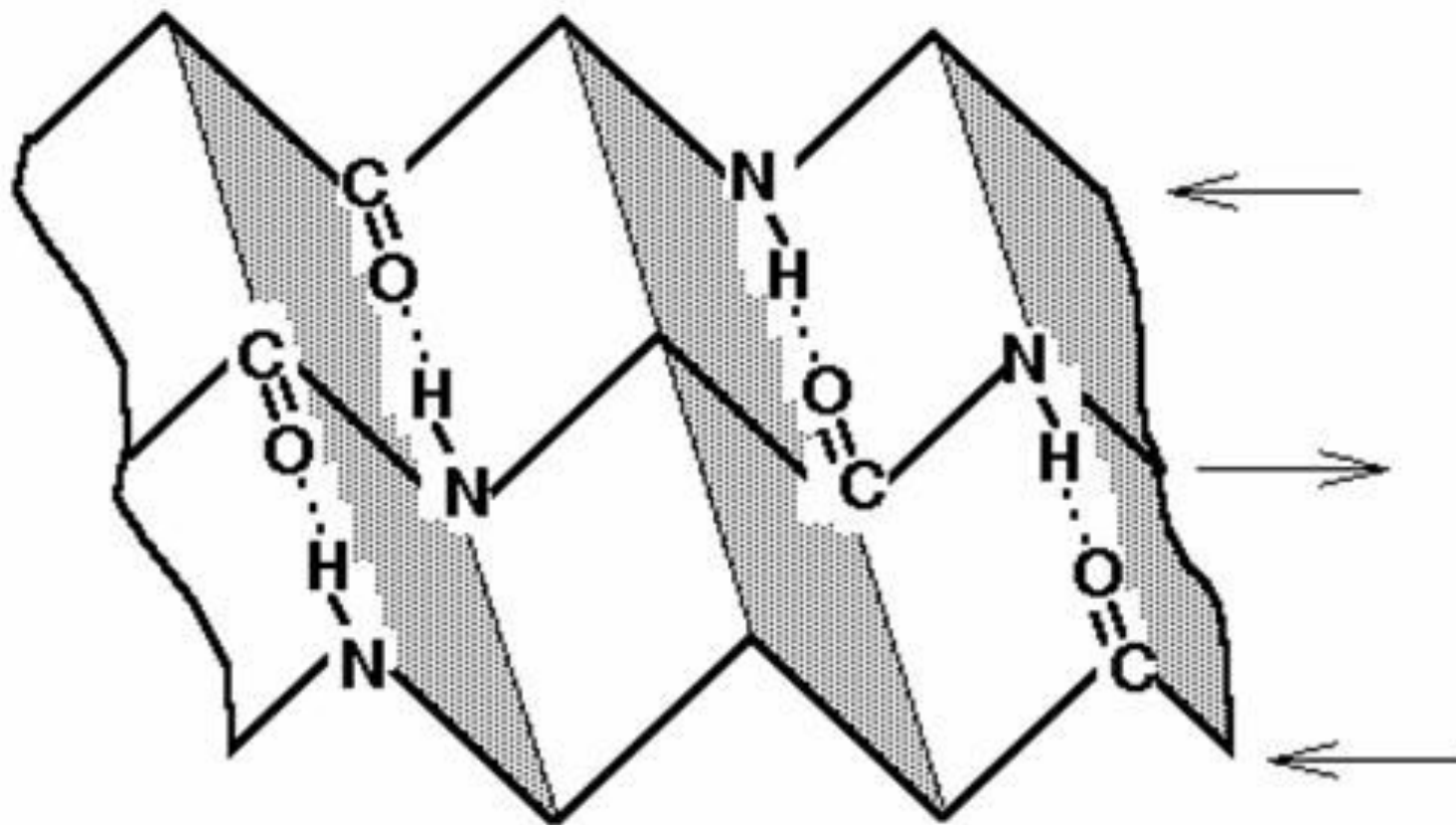
Пептидные цепи содержат десятки, сотни и тысячи аминокислотных остатков, соединенных прочными пептидными связями.

За счет внутримолекулярных взаимодействий белки образуют определенную пространственную структуру, называемую «конформация белков». Различают 4 уровня структурной

- **Первичная структура** – это линейная последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи.
- **Вторичная структура белков** – это пространственная структура, образующаяся в результате взаимодействий между функциональными группами пептидного остова. При этом пептидная цепь может приобретать структуры двух типов: **α -спирали** и **β -структуры**.

α -спираль





**β - складчатая структура
(антипараллельная).**

(стрелками показано направление
полипептидных цепей)

- **Третичная структура белка** – это трехмерная пространственная структура, образующаяся за счет взаимодействий между радикалами аминокислот, которые могут располагаться на значительном расстоянии друг от друга в пептидной цепи.

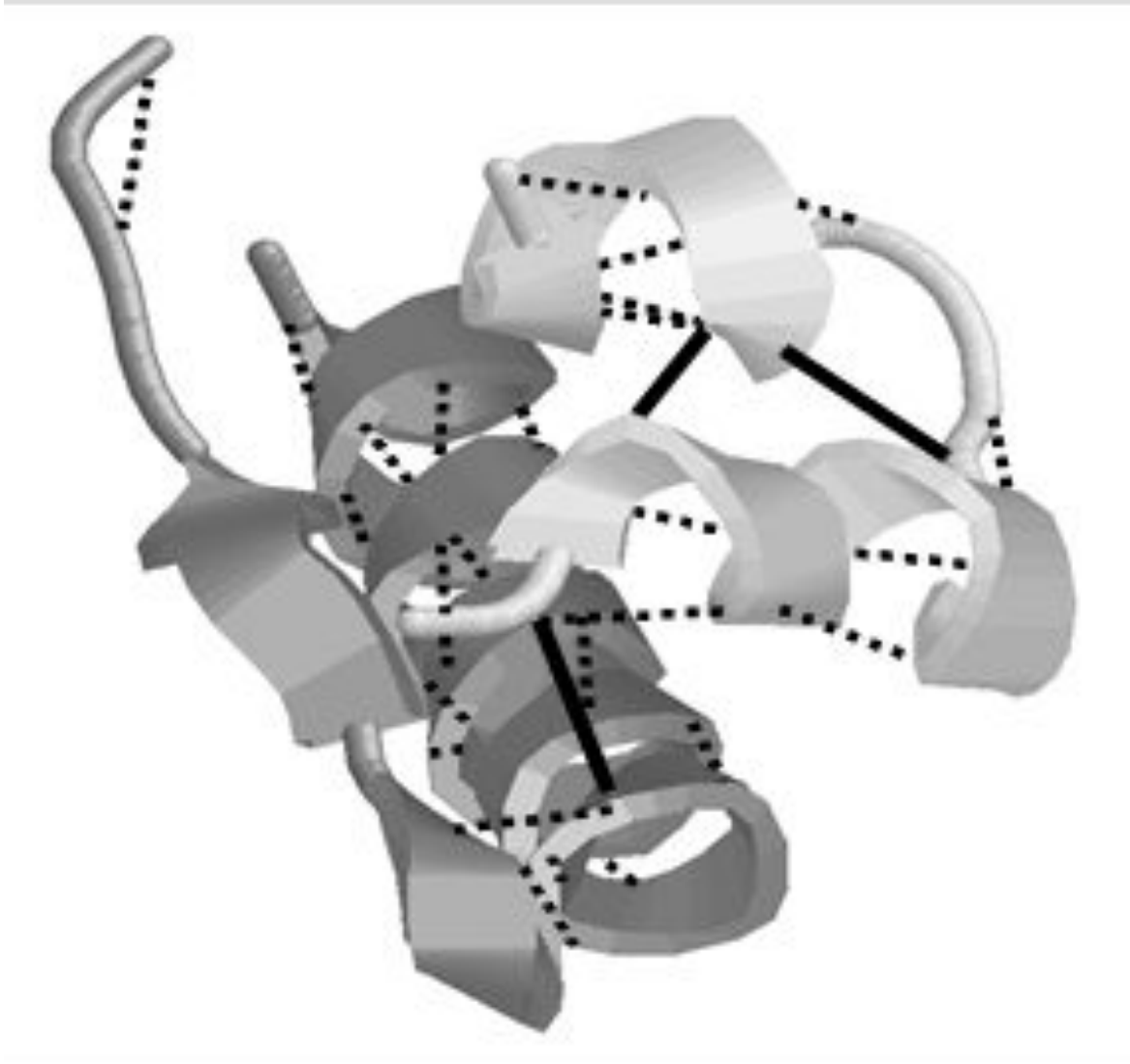
СВЯЗИ, СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ТРЕТИЧНУЮ СТРУКТУРУ ГЛОБУЛЯРНОГО БЕЛКА

1. Электростатические силы притяжения между R-группами, несущими противоположно заряженные ионогенные группы (ионные связи).
2. Водородные связи между полярными (гидрофильными) R-группами.
3. Гидрофобные взаимодействия между неполярными (гидрофобными) R-группами.
4. Дисульфидные связи между радикалами двух молекул цистеина. Эти связи ковалентные. Они повышают стабильность третичной структуры. В ряде белков они могут вообще отсутствовать.

Типы связей, возникающих между радикалами аминокислот при формировании третичной структуры белка



Третичная структура белка. Спиралями представлены α -спиральные участки, цилиндрическими кривыми — нерегулярные участки. Пунктиром показаны водородные связи, а сплошными линиями — S-S мостики



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА

- Ассоциация и взаиморасположение полипептидных цепей в пространстве называют «**четвертичная структура белков**». Отдельные полипептидные цепи в таком белке носят название протомеров, или субъединиц.
- **Гемоглобин** – состоит из отдельных полипептидных цепей. Основная функция гемоглобина – транспорт O_2 из легких в ткани. Функция регулируется различными лигандами

Четвертичная структура гемоглобина



ДЕНАТУРАЦИЯ БЕЛКОВ И ПОДДЕРЖАНИЕ ИХ НАТИВНОЙ КОНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ КЛЕТКИ

- **Денатурация белков** – это разрушение их нативной конформации, вызванное разрывом слабых связей, стабилизирующих пространственные структуры, при действии денатурирующих агентов.

Реагенты и условия, вызывающие денатурацию белков

Денатурирующие агенты	Особенности действия реагента
Высокая температура (выше 40 ⁰ С)	Разрушение слабых связей в белке
Кислоты и щелочи	Изменение ионизации ионогенных групп, разрыв ионных и водородных связей
Мочевина	Разрушение внутримолекулярных водородных связей в результате образования водородных связей с мочевиной
Спирт, фенол, хлорамин	Разрушение гидрофобных и водородных связей
Соли тяжелых металлов	Образование нерастворимых солей белков и ионов тяжелых металлов

- Денатурирующие агенты не разрушают первичную структуру белка.
Сохранность первичной структуры белка - необходимое условие для восстановления его конформации.
- Обратный процесс денатурации белка – **ренатурация** – восстановление нативной конформации белка при удалении денатурирующих агентов

Денатурация и ренатурация рибонуклеазы. А - нативная молекула рибонуклеазы, в третичной структуре которой имеются 4 дисульфидные связи; Б - денатурированная молекула рибонуклеазы; В - нативная молекула рибонуклеазы, в структуре которой вновь образованы 4 дисульфидные связи между теми же остатками цистеина

