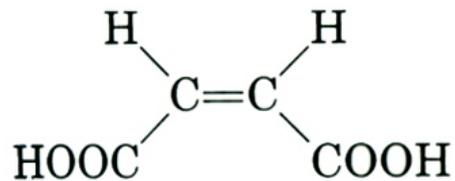
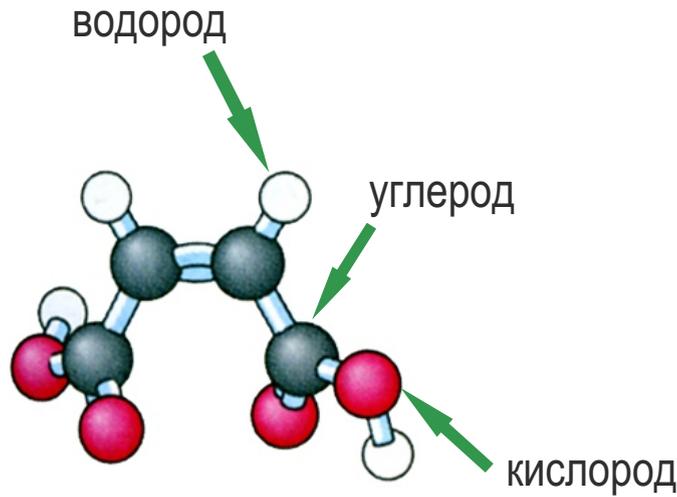
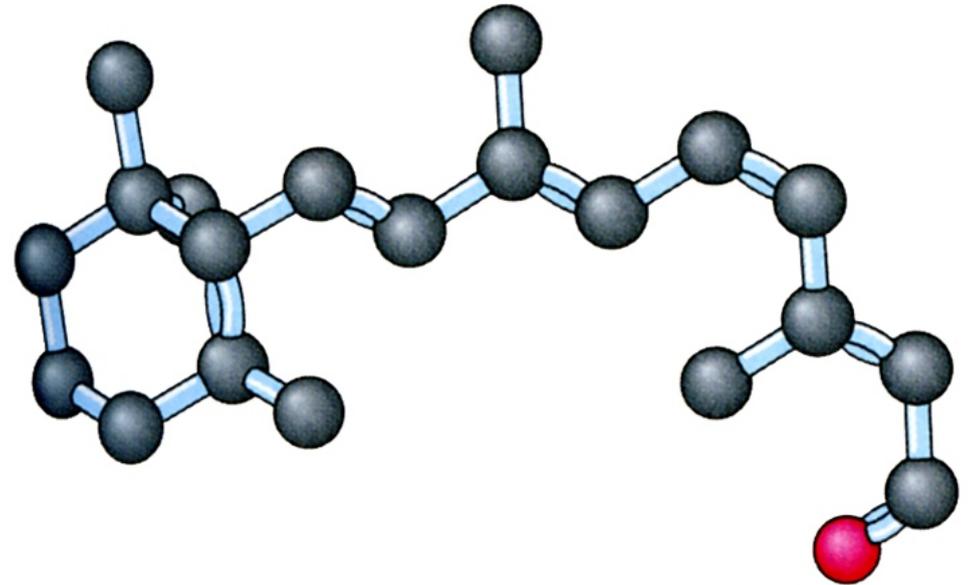


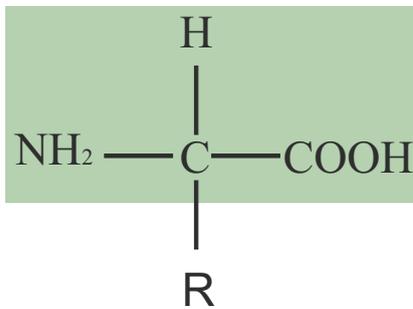
В живых организмах присутствует огромное количество разнообразных соединений, которые практически не встречаются в неживой природе и которые называют органическими соединениями. Каркасы молекул этих соединений построены из атомов углерода.



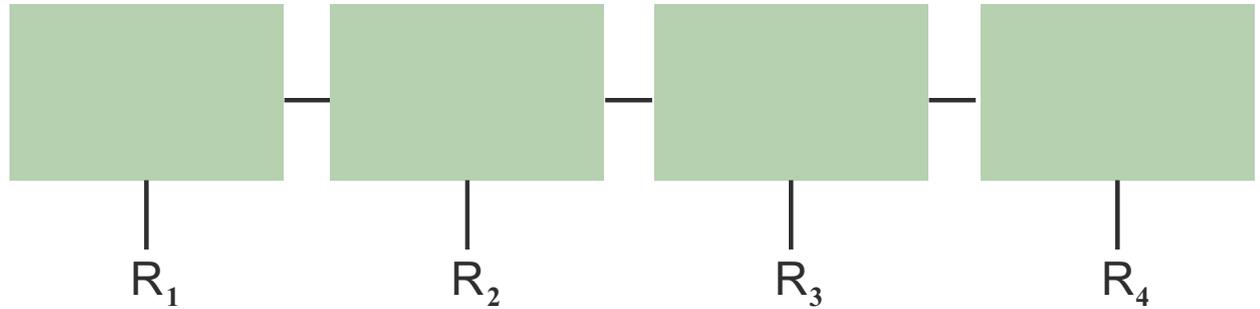
Малеиновая кислота



Однако основная масса сухого вещества клетки представлена высокомолекулярными соединениями, которые являются полимерами. Полимеры — это соединения, образованные из низкомолекулярных повторяющихся единиц (мономеров), последовательно связанных друг с другом ковалентной связью и образующих длинную цепь, которая может быть как неразветвленной, так и разветвленной. Среди полимеров различают гомополимеры, состоящие из одинаковых мономеров. В состав гетерополимеров входят мономеры различной структуры.



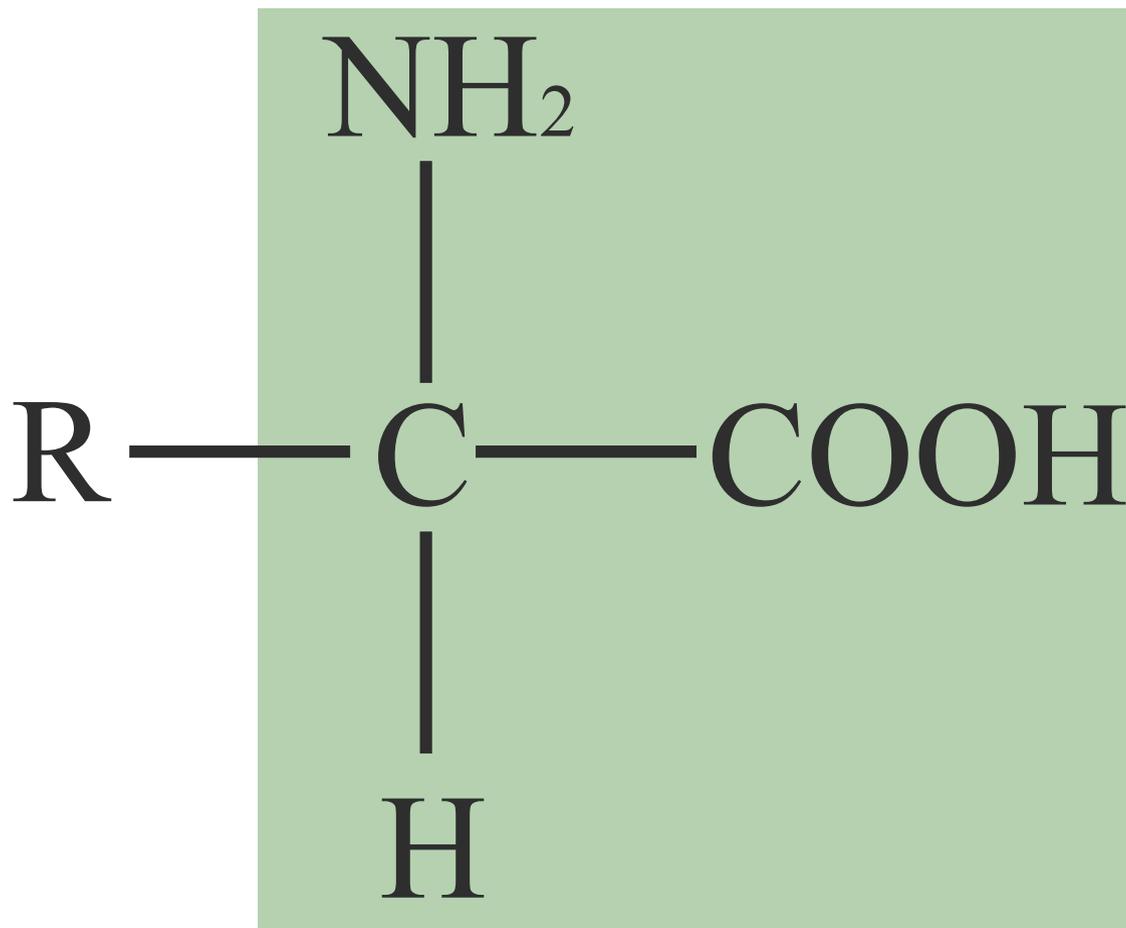
мономер – аминокислота



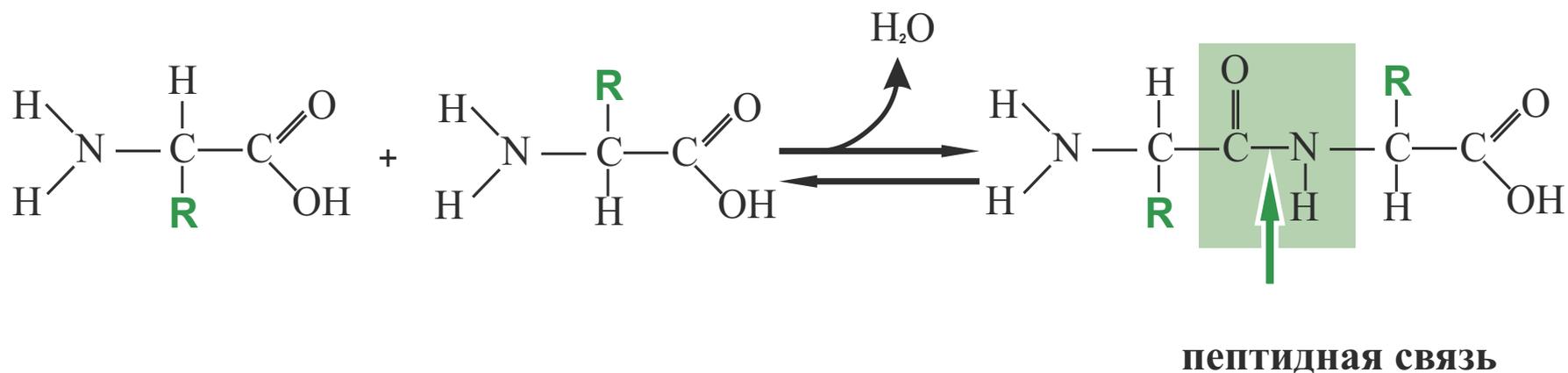
гетерополимер – пептид

К биополимерам (то есть полимерам, встречающимся в живой природе) относятся белки, нуклеиновые кислоты и углеводы. Белки – это неразветвленные гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В состав всех белков входят углерод, водород, кислород, азот. Кроме того, почти все они содержат серу. В некоторых белках присутствуют также фосфор, железо, магний, цинк, медь, марганец.

Молекула аминокислоты состоит из двух частей. Часть молекулы обведенная рамкой, одинакова у всех аминокислот. Она содержит аминогруппу (-NH₂), присоединенную к атому углерода, и следующую далее карбоксильную группу (-COOH). Вторая часть молекулы аминокислоты, изображенная в формуле в виде латинской буквы R, называется боковой цепью, или радикалом. Она имеет разную структуру у различных аминокислот. В качестве структурных элементов (мономеров) в состав белков входит 20 различных аминокислот.

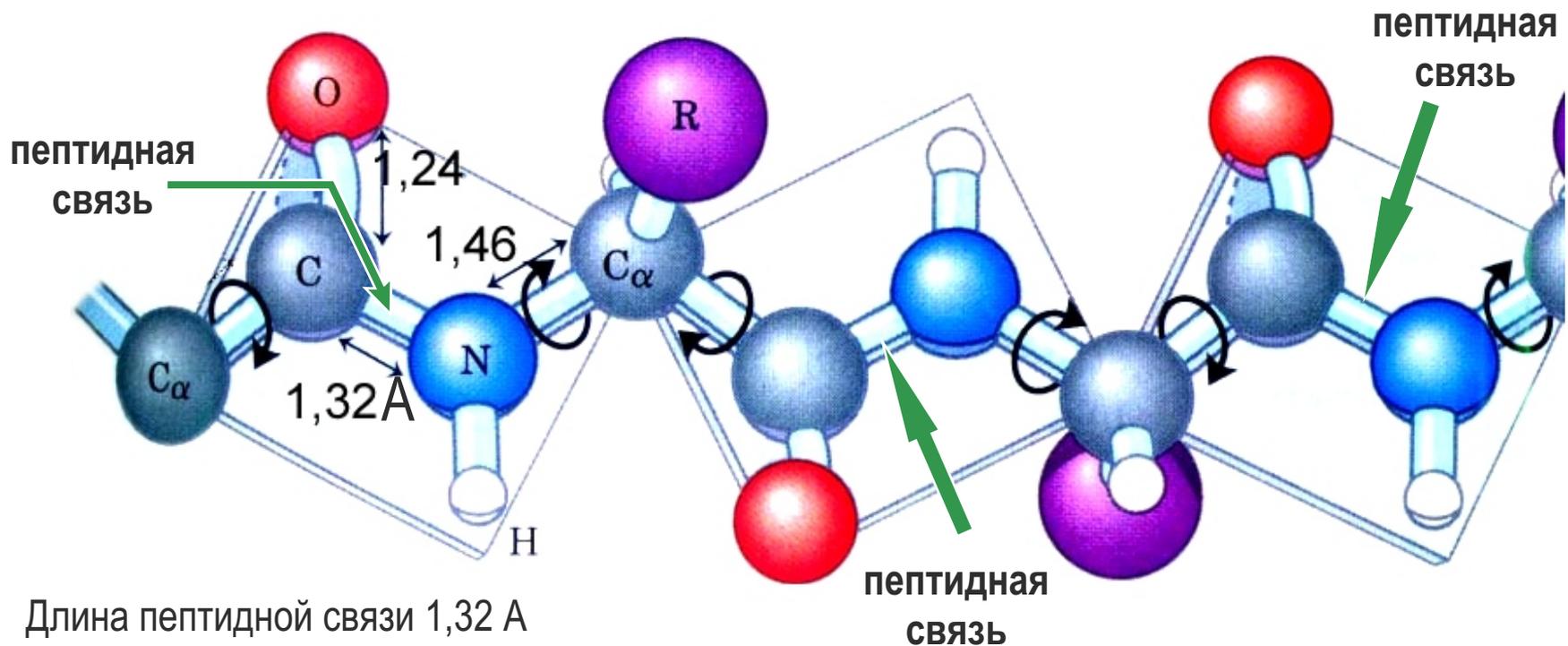


В белковых молекулах последовательно расположенные молекулы аминокислот соединяются друг с другом ковалентно, образуя длинные неразветвленные полимерные цепи. Аминокислоты в цепи расположены таким образом, что аминогруппа одной аминокислоты взаимодействует с карбоксильной группой другой. При взаимодействии двух этих групп выделяется молекула воды и образуется пептидная связь. Образовавшееся соединение называется пептидом.

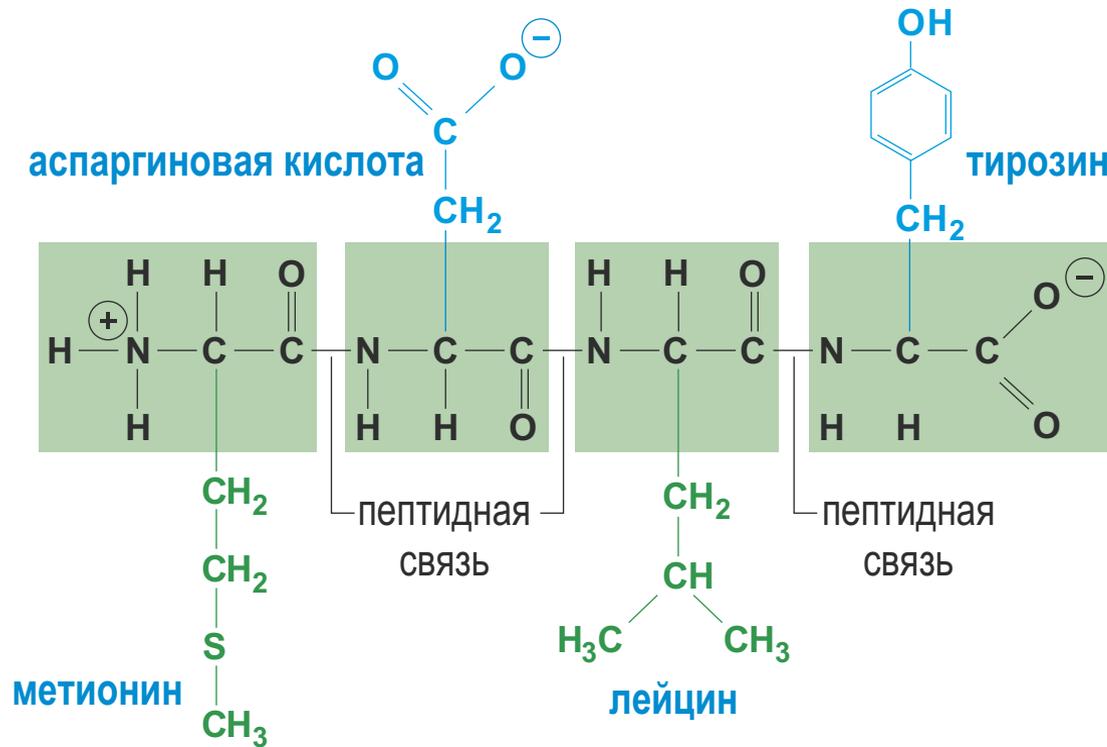


Равновесие в представленной реакции сдвинуто влево, поэтому синтез пептидов и белков осуществляется другим образом. Однако данная реакция дает представление об образовании пептидной связи.

Если пептид состоит из двух аминокислот, его называют дипептидом, из трех — трипептидом. Молекулы белка могут содержать сотни и даже тысячи аминокислотных остатков. Таким образом, белки представляют собой полипептиды. Пептидная связь обладает рядом особенностей: во-первых, она короче, чем одинарная, и ее длина близка к длине двойной связи; во-вторых, вокруг нее не происходит вращения заместителей. И, наконец, 6 атомов, находящихся рядом с пептидной связью, расположены в одной плоскости. Поэтому полипептидная цепь представлена плоскими структурами, соединенными гибкими связями. Это существенно влияет на возможные способы ее укладки в пространстве.



Последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка определяет его первичную структуру, то есть его химическую формулу. Точно так же, как алфавит, в состав которого входят 33 буквы, позволяет создать огромное количество слов, с помощью 20 аминокислот можно создать почти неограниченное количество белков, различающихся как по количеству входящих в их состав аминокислот, так и по их последовательности.

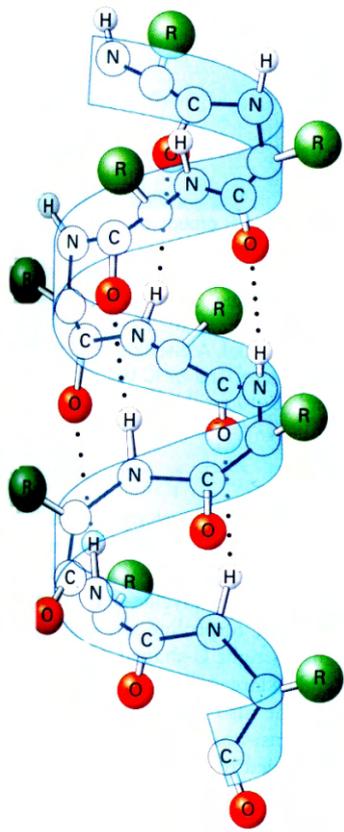


химическая структура участка полипептидной цепи, состоящего из четырех аминокислот

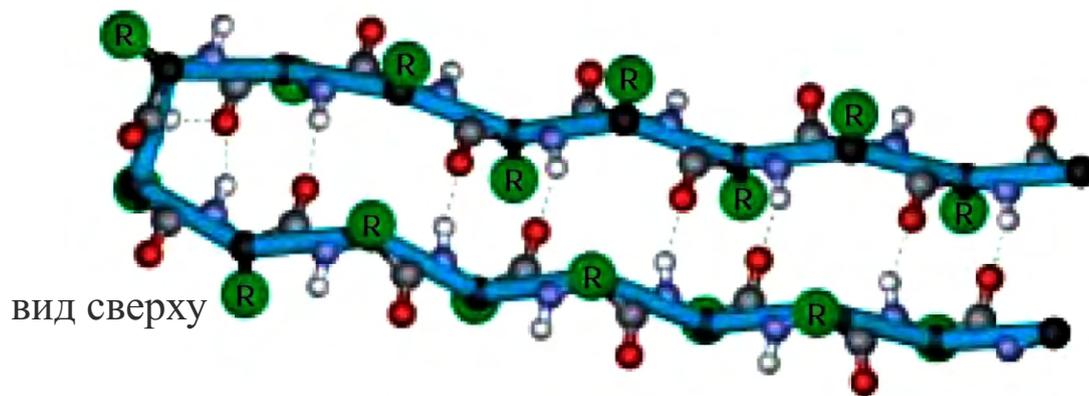
первичная последовательность того же участка, где аминокислоты представлены в виде международных трехбуквенных обозначений



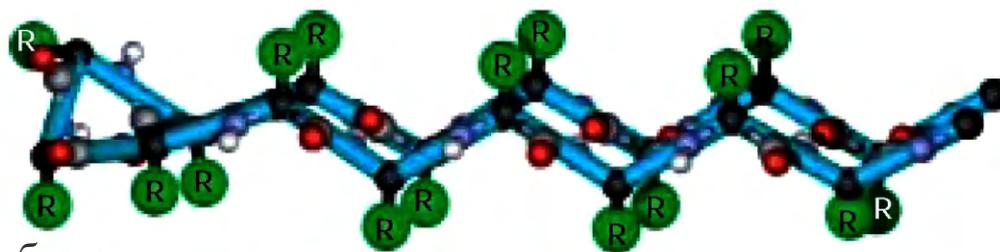
Белковая молекула в нативном (неповрежденном) состоянии обладает характерной для неё пространственной структурой, или конформацией. Она определяется тем, как сворачивается полипептидная цепь белка в растворе. Чаще всего отдельные участки полипептидной цепи сворачиваются в спираль (α -спираль) или образуют зигзагообразные структуры, располагающиеся антипараллельно, — так называемый складчатый слой, или β -структура. Образование α -спирали и β -структуры приводит к формированию вторичной структуры белка.



α -спираль



вид сверху

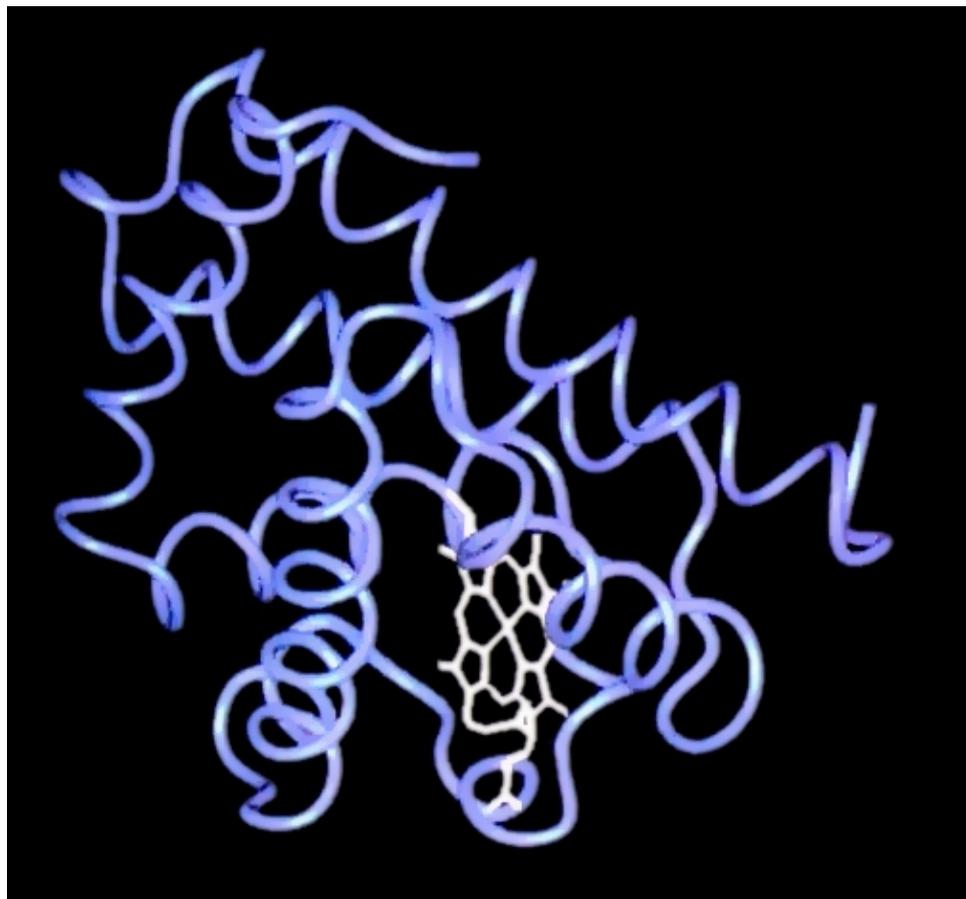


вид сбоку

β -структура

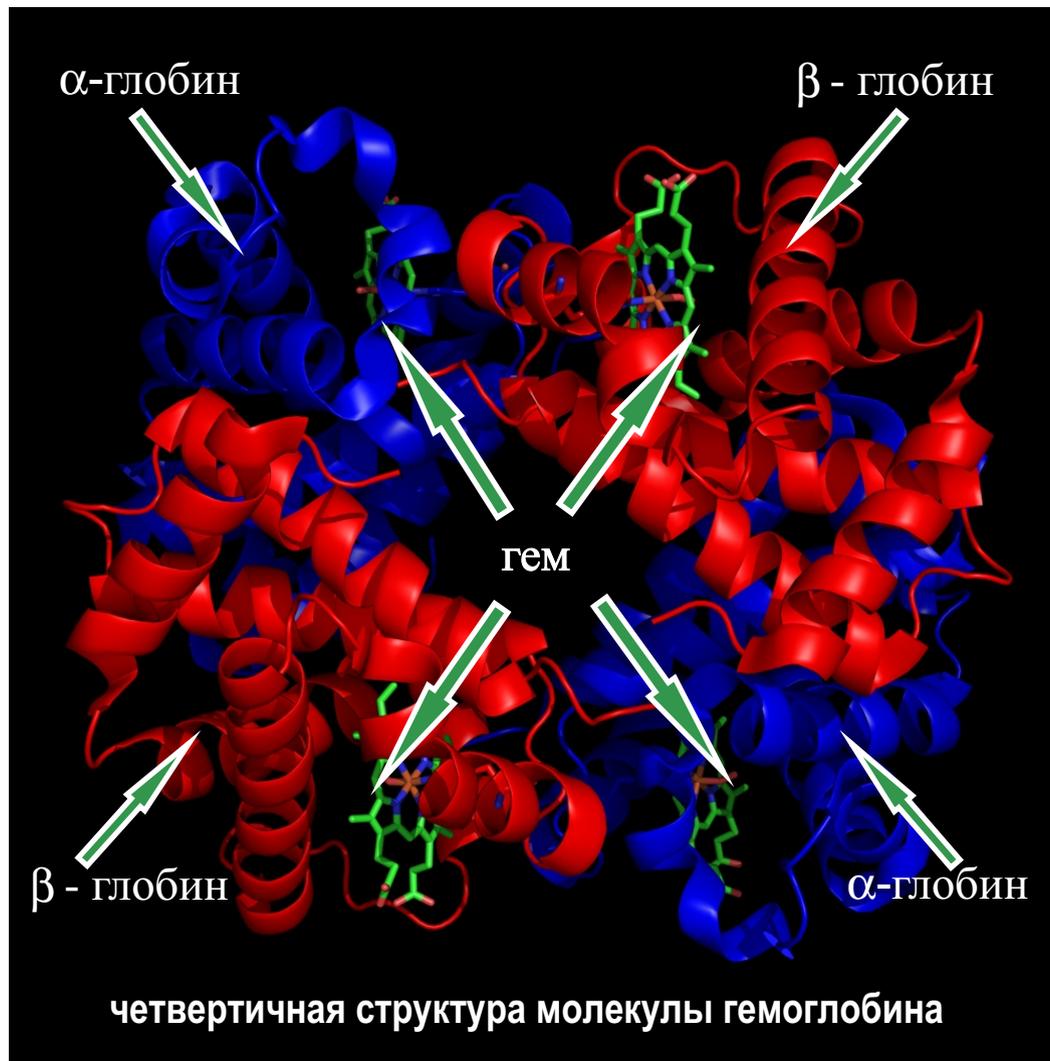
Спиральные участки и структуры типа складчатого слоя подвергаются дальнейшей упаковке, в результате чего формируется третичная структура белка. На этом этапе растворимые белки обычно образуют глобулярную структуру, имеющую вид клубка, хотя могут образовываться и нитевидные структуры (фибриллы).

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

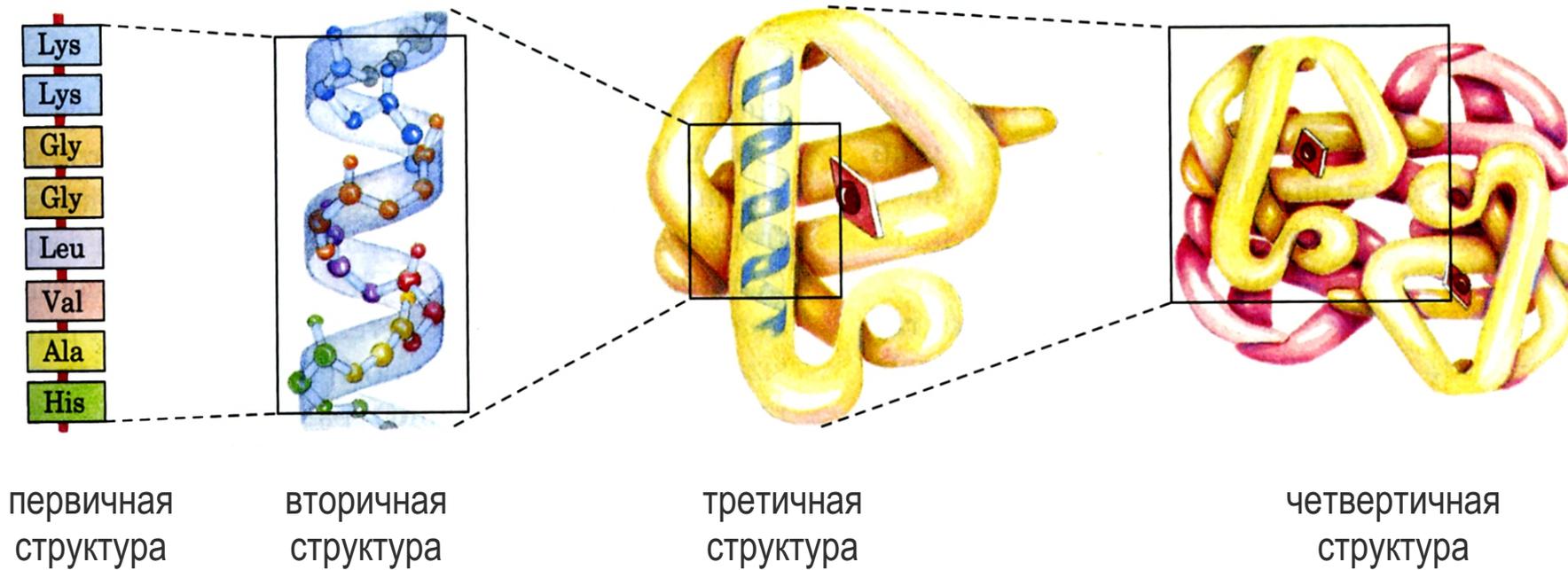


третичная структура миоглобина

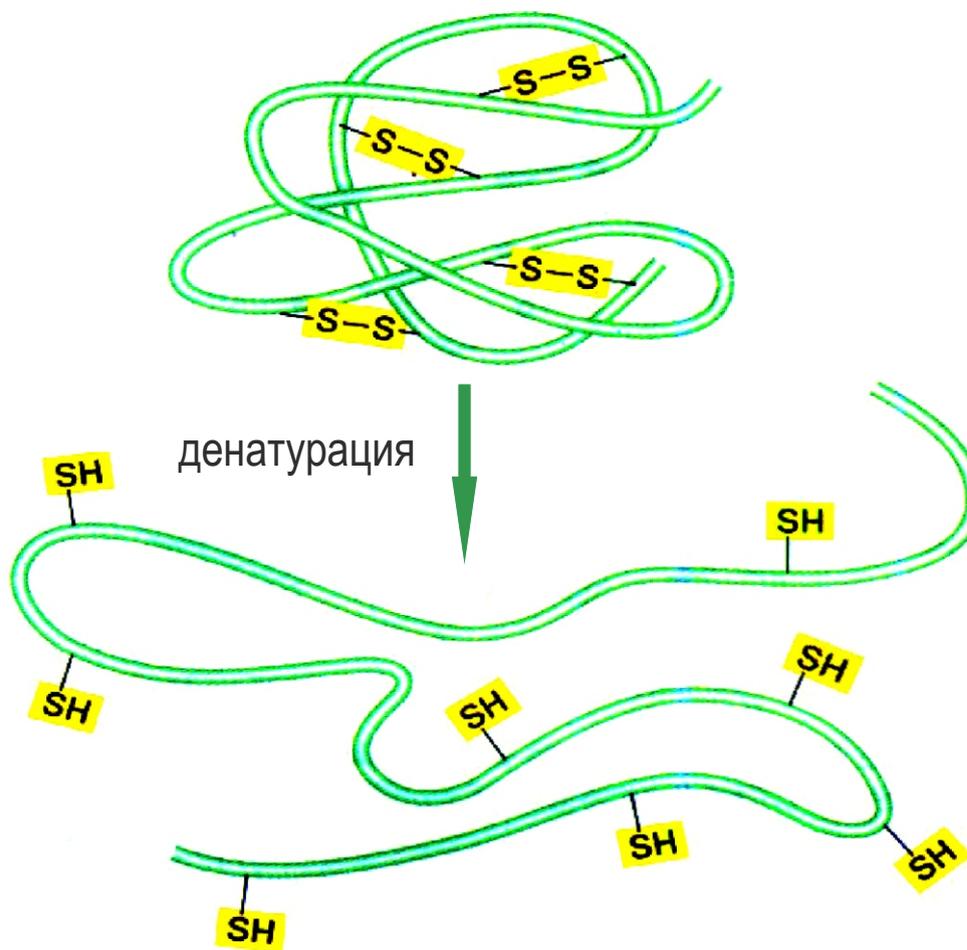
Многие белки состоят из нескольких полипептидных цепей одинаковой или различной структуры. При объединении таких цепей образуется сложный белок, для которого характерна четвертичная структура. Такие белки называют олигомерами, а входящие в состав олигомера отдельные полипептидные цепи — мономерами.



Вторичная, третичная и четвертичная структура белка определяются его первичной структурой



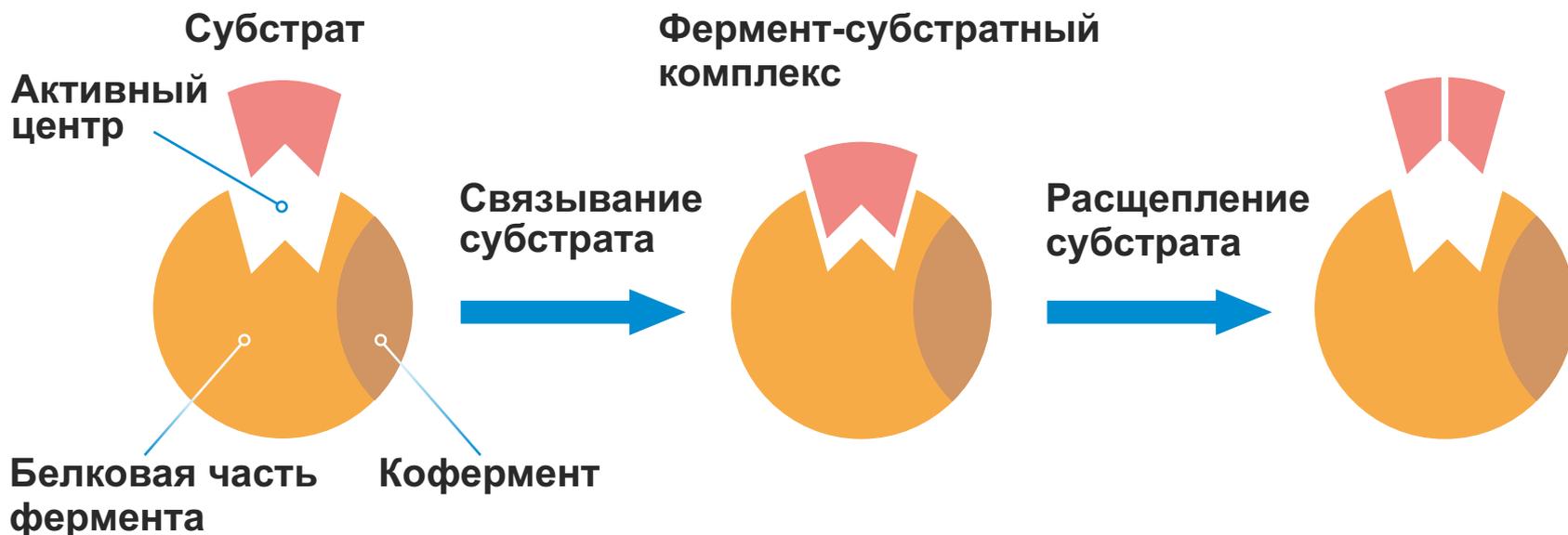
Большая часть белковых молекул способна сохранять свою биологическую активность, то есть способность выполнять свойственную им функцию только в узком диапазоне температур и кислотности среды. При повышении температуры или изменении кислотности до экстремальных значений разрушается четвертичная, третичная и вторичная структура белков, т.е. происходит денатурация белка. Денатурация белка – это утрата им четвертичной, третичной и вторичной структуры. Первичная структура белка при этом сохраняется.



Для белков характерно значительное разнообразие функций. Они являются катализаторами химических реакций, протекающих в организме - ферменты. Обеспечивают защиту организма – антитела и токсины. Белки выполняют структурную функцию, входя в состав различных органоидов клетки и межклеточного вещества. Они выполняют и регуляторную функцию, являясь биологически активными веществами – гормонами и их рецепторами, а также участвуют в регуляции ферментативных процессов. Белки обеспечивают транспорт различных веществ организма (белки крови) и через мембраны клеток.



Ферменты — самый крупный и специализированный класс белков. Они обеспечивают протекание в клетке многочисленных реакций, из которых складывается клеточный обмен веществ. Ферменты способны ускорять реакции в миллионы раз. Каталитическая активность фермента определяется не всей его молекулой, а определенным участком молекулы фермента, который называется его активным центром. И в процессе ферментативной реакции субстрат взаимодействует с ферментом, причем связывание субстрата осуществляется именно в активном центре. Для ферментов характерно пространственное соответствие между субстратом и активным центром, они подходят друг к другу, «как ключ к замку». Таким образом, ферменты характеризуются субстратной специфичностью, поэтому каждый фермент обеспечивает протекание одной или нескольких реакций одного типа. При денатурации фермента его каталитическая активность исчезает, так как нарушается структура активного центра.



В состав многих ферментов входят так называемые кофакторы — низкомолекулярные органические или неорганические соединения, способные осуществлять определенные типы реакций.

Вторая по величине группа белков представлена белками, являющимися структурными элементами клетки. К ним, например, относится фибриллярный белок коллаген, главный структурный белок, входящий в состав соединительной и костной ткани. Молекула коллагена состоит из трех одинаковых молекул спиральной структуры, которые затем объединяются, образуя тройную спираль. Тройные спирали сшиваются ковалентно, образуя фибриллы коллагена. Эти фибриллы упруги и прочны на разрыв.

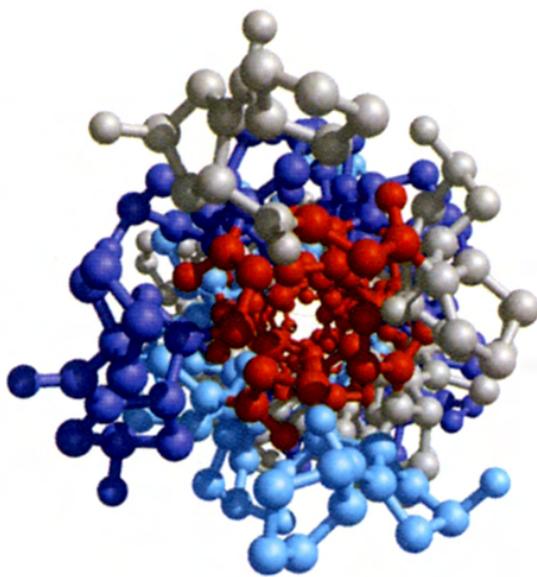


молекула спиральной структуры

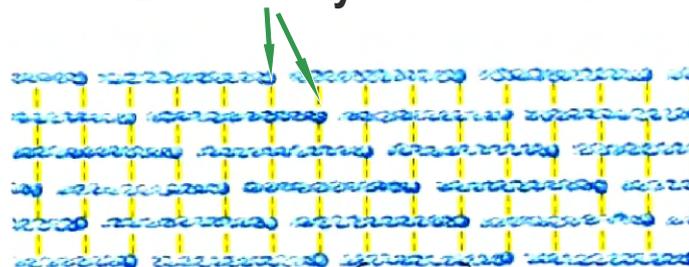


тройная спираль коллагена

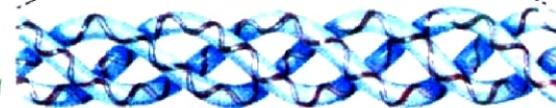
вид сверху на тройную спираль коллагена



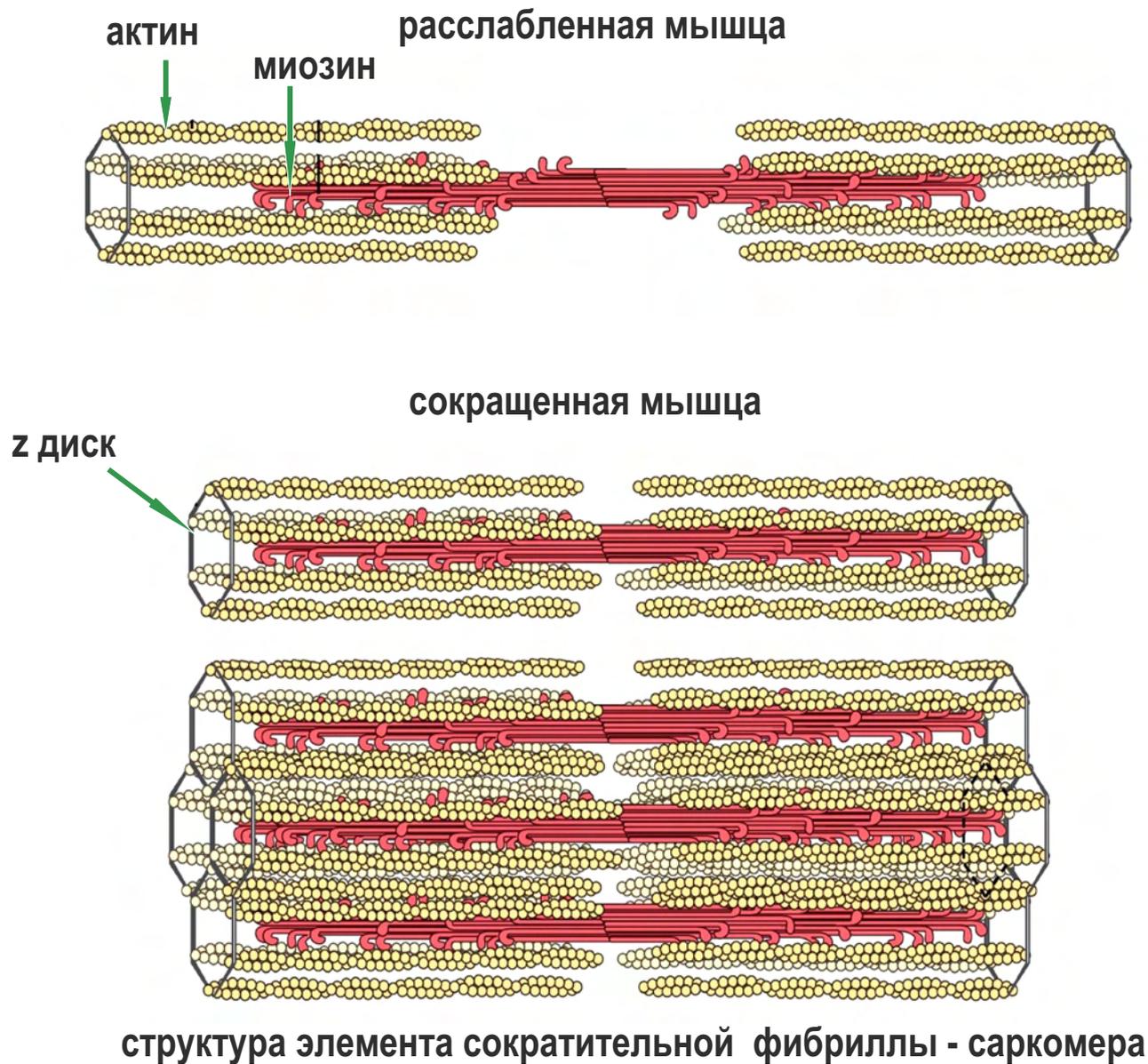
головки молекул коллагена



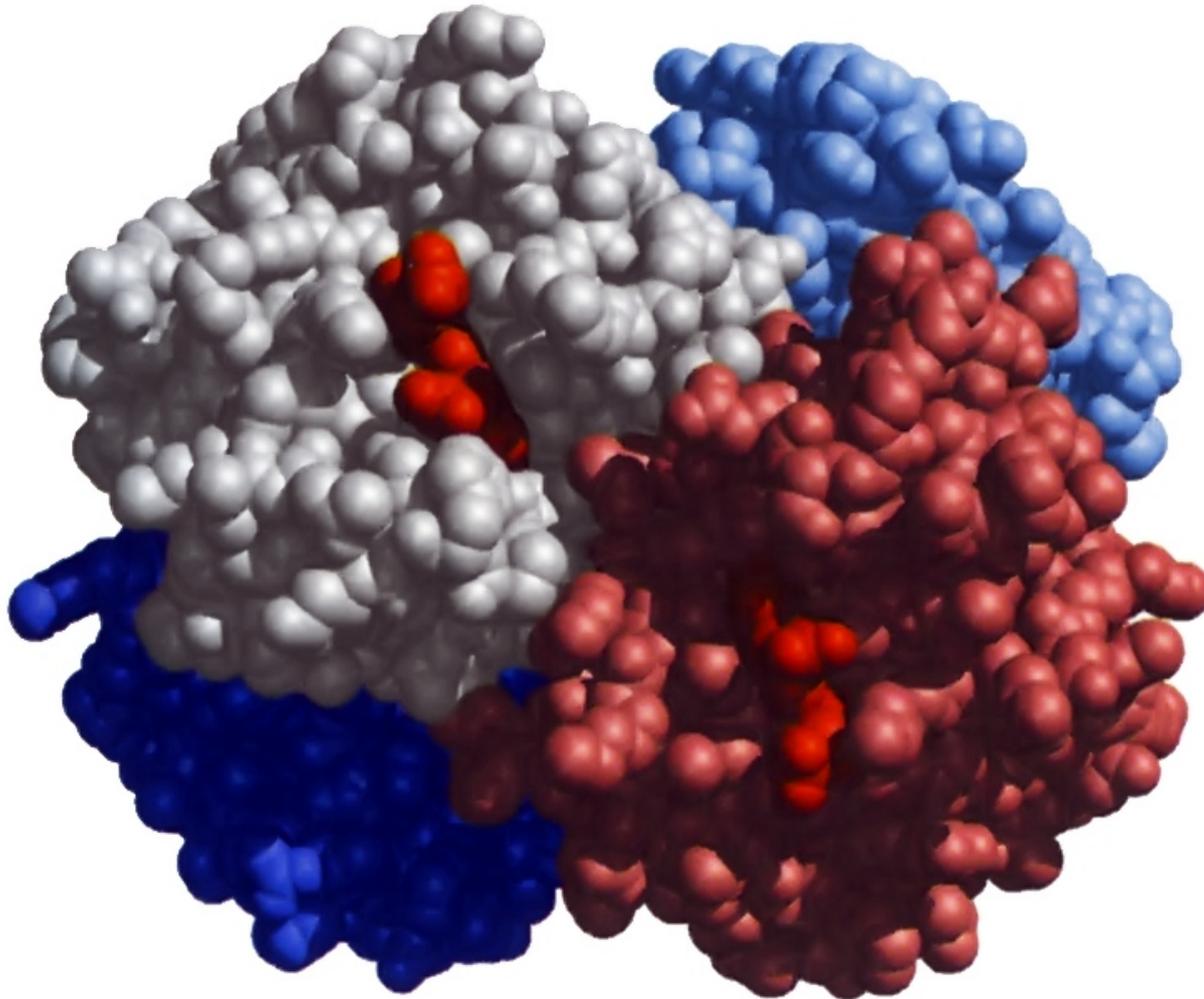
тройная спираль коллагена



Другие типы белков являются компонентами сократительных и двигательных систем. Таковы, например, актин и миозин, два главных элемента сократительной системы мышц.



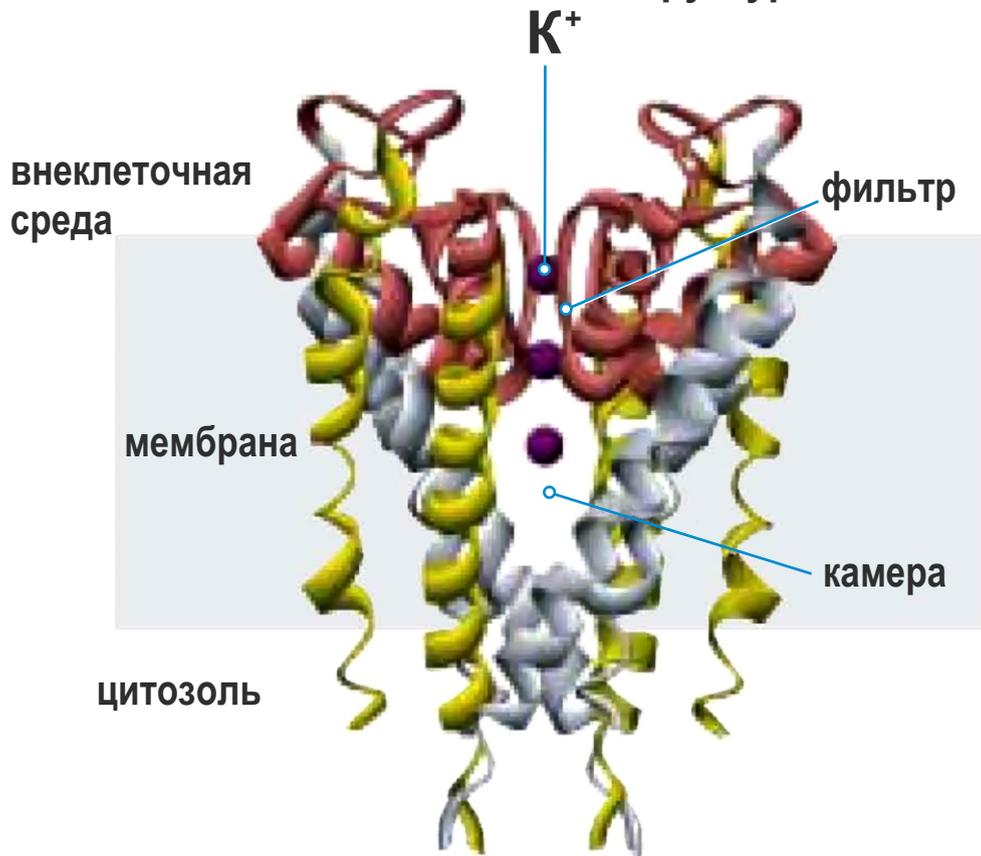
Некоторые белки выполняют транспортную функцию, они способны связывать и переносить с током крови различные вещества. Наиболее известный из таких белков является гемоглобин, который находится в эритроцитах позвоночных и, связываясь с кислородом, осуществляет его перенос из легких в ткани.



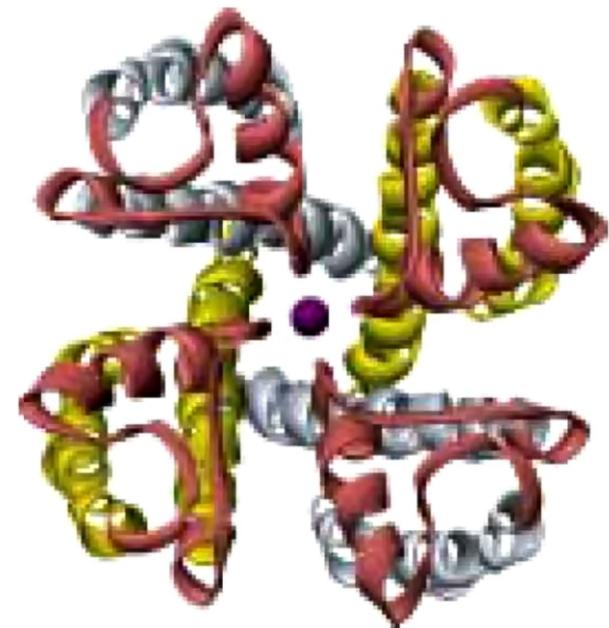
пространственная модель молекулы гемоглобина

К транспортным белкам относятся также белки, встроенные в биологические мембраны и осуществляющие перенос различных веществ через эти мембраны. Они делятся на каналы, обеспечивающие переход ионов через мембрану по градиенту концентрации (т.е. от высокой концентрации к низкой) и насосы, переносящие ионы в противоположном направлении, используя при этом энергию, освобождающуюся при гидролизе АТФ.

структура калиевого канала

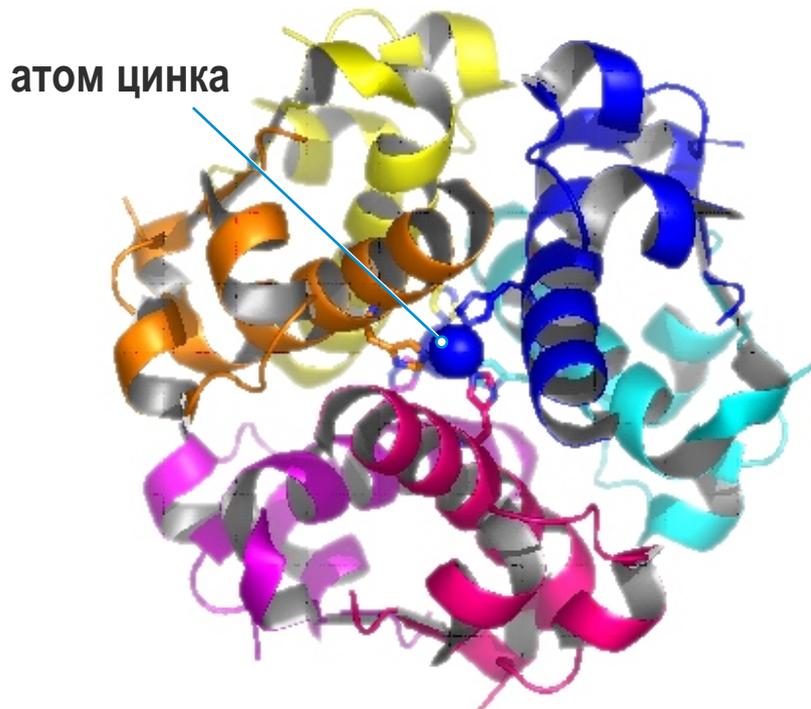


вид сбоку



вид сверху с внутренней стороны мембраны

В специализированных клетках растений и животных осуществляется синтез специальных регуляторов или гормонов, часть из которых (но не все) являются белками, регулирующими различные физиологические процессы. Наиболее известным из них является, пожалуй, инсулин — гормон, вырабатываемый в поджелудочной железе и регулирующий уровень глюкозы в клетках организма.



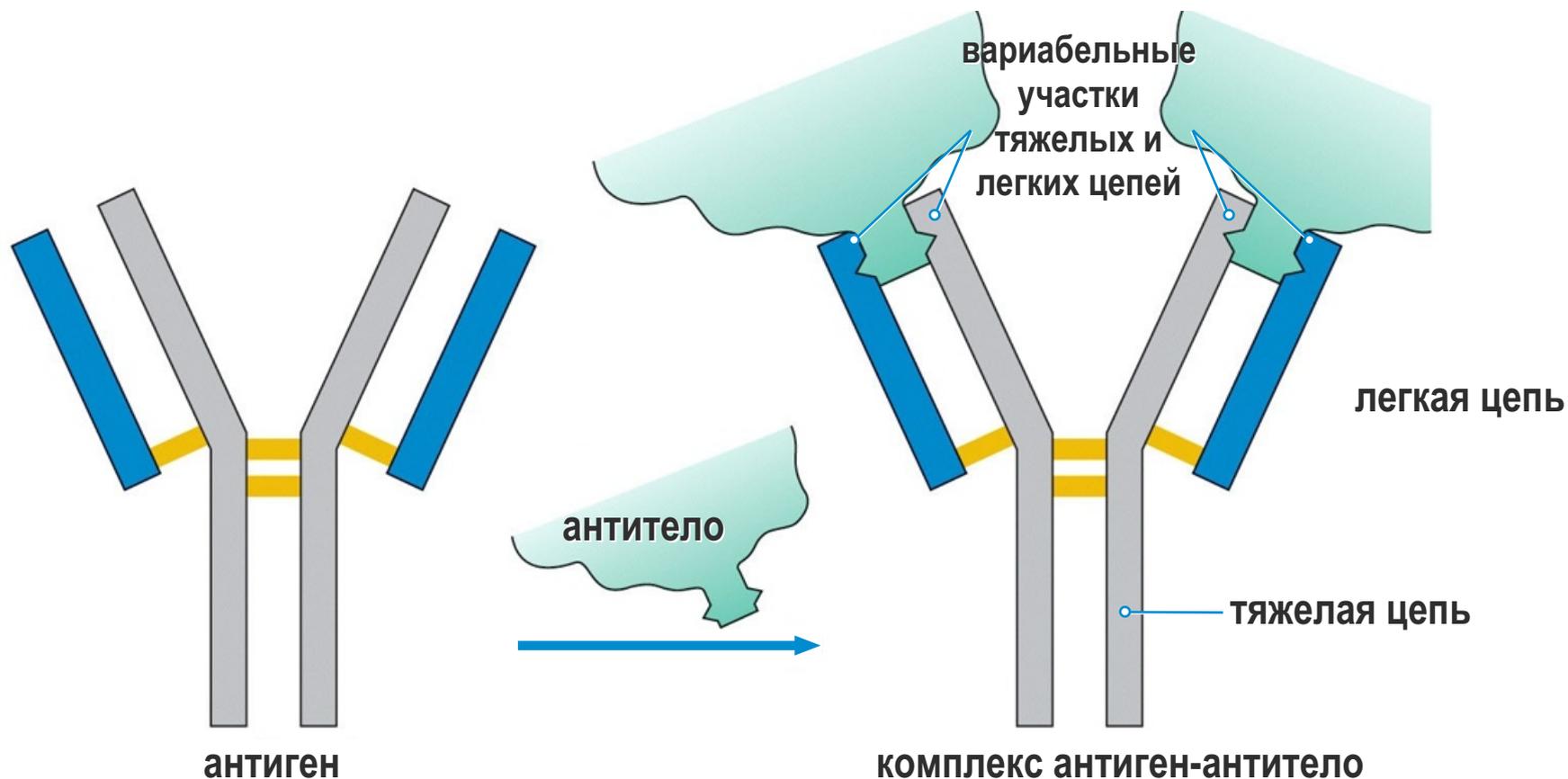
гексамер инсулина



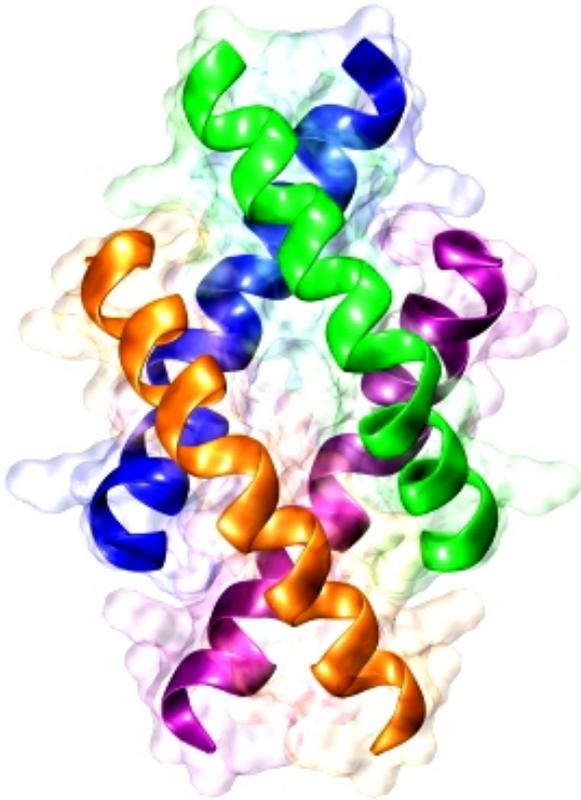
мономер инсулина

Шесть молекул инсулина, связанные в гексамер, удерживаются в гексамерном комплексе атомом цинка, расположенным в центре комплекса. Инсулин хранится в виде гексамерного комплекса, а действует на клетку мономер инсулина.

Кроме того, белки способны осуществлять защитную функцию. При попадании в организм животных или человека вирусов, бактерий, чужеродных белков или других полимеров в организме происходит синтез специальных защитных белков, которые называют антителами или иммуноглобулинами. Эти белки связываются с чужеродными полимерами. Связывание антител с белками вирусов или бактерий подавляет их функциональную активность и останавливает развитие инфекции. Антитела обладают уникальным свойством: они способны отличать чужеродные белки от собственных белков организма. Такой механизм защиты организма от возбудителей заболеваний называют иммунитетом



Многие живые существа для обеспечения защиты выделяют белки и пептиды, называемые токсинами, которые в большинстве случаев являются сильными ядами. Например, в составе яда пчелы обнаружен токсин мелиттин, который представляет собой пептид из 26 аминокислот. Пептидная цепь свернута в α -спираль, из четырех таких спиралей образуется тетрамерный комплекс.

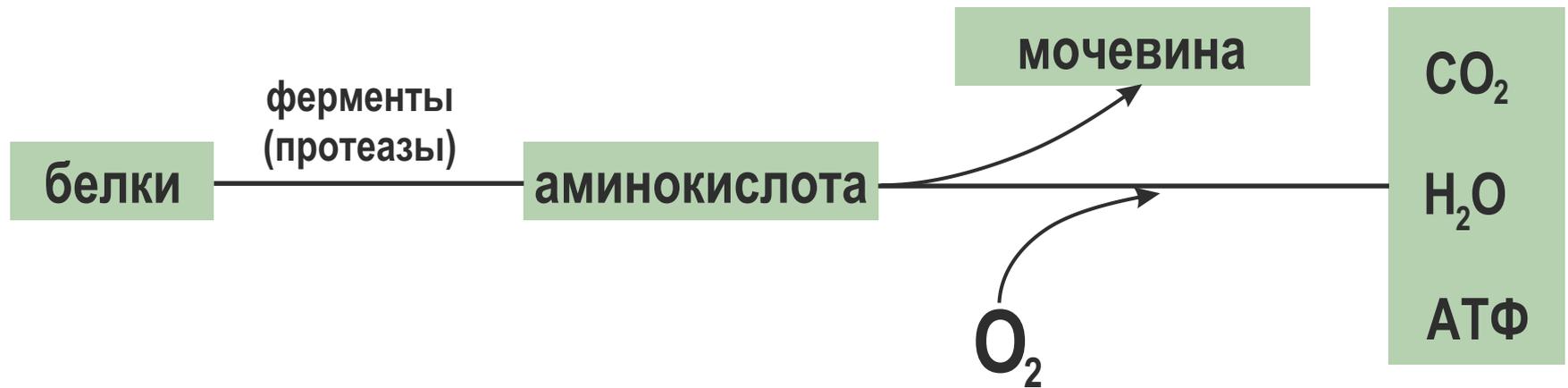


мелиттин



пчела медоносная

При недостатке питания у животных резко усиливается распад белков до входящих в его состав аминокислот, последние после соответствующих превращений, связанных с утилизацией аминогруппы, могут использоваться в качестве источника энергии (энергетическая функция белков).



Сначала белки под действием ферментов, расщепляющих пептидные связи (протеазы), превращаются в отдельные аминокислоты. Затем в ходе нескольких последовательных реакций аминогруппы белков связываются с СО₂ с образованием мочевины (у человека).

Углеродные скелеты аминокислот окисляются до СО₂ и Н₂О с выделением энергии, которая запасается в виде АТФ.