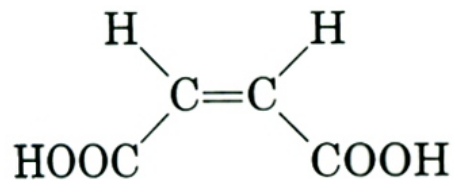
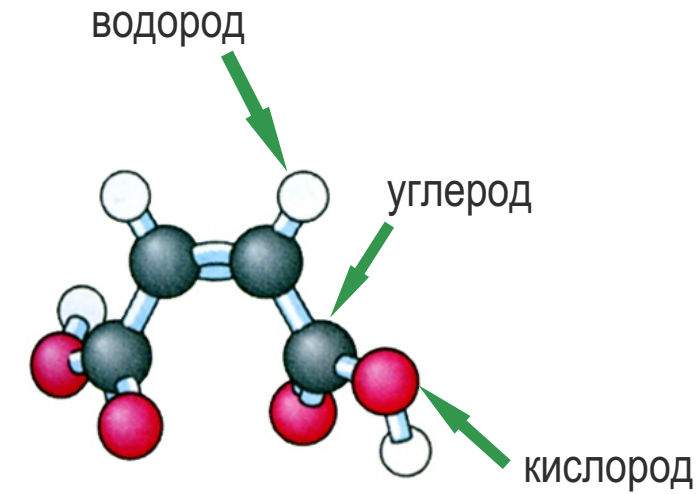
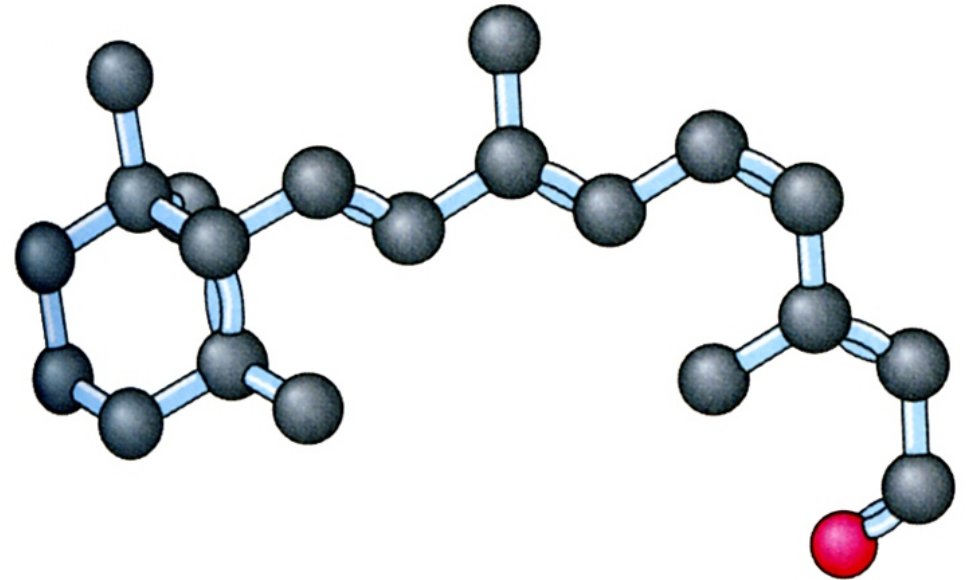


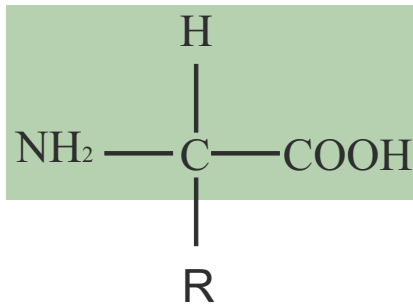
В живых организмах присутствует огромное количество разнообразных соединений, которые практически не встречаются в неживой природе и которые называют органическими соединениями. Каркасы молекул этих соединений построены из атомов углерода.



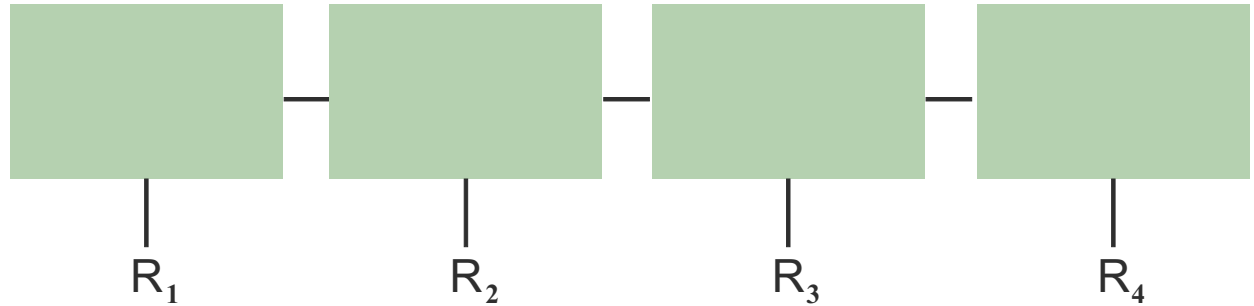
Малеиновая кислота



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.



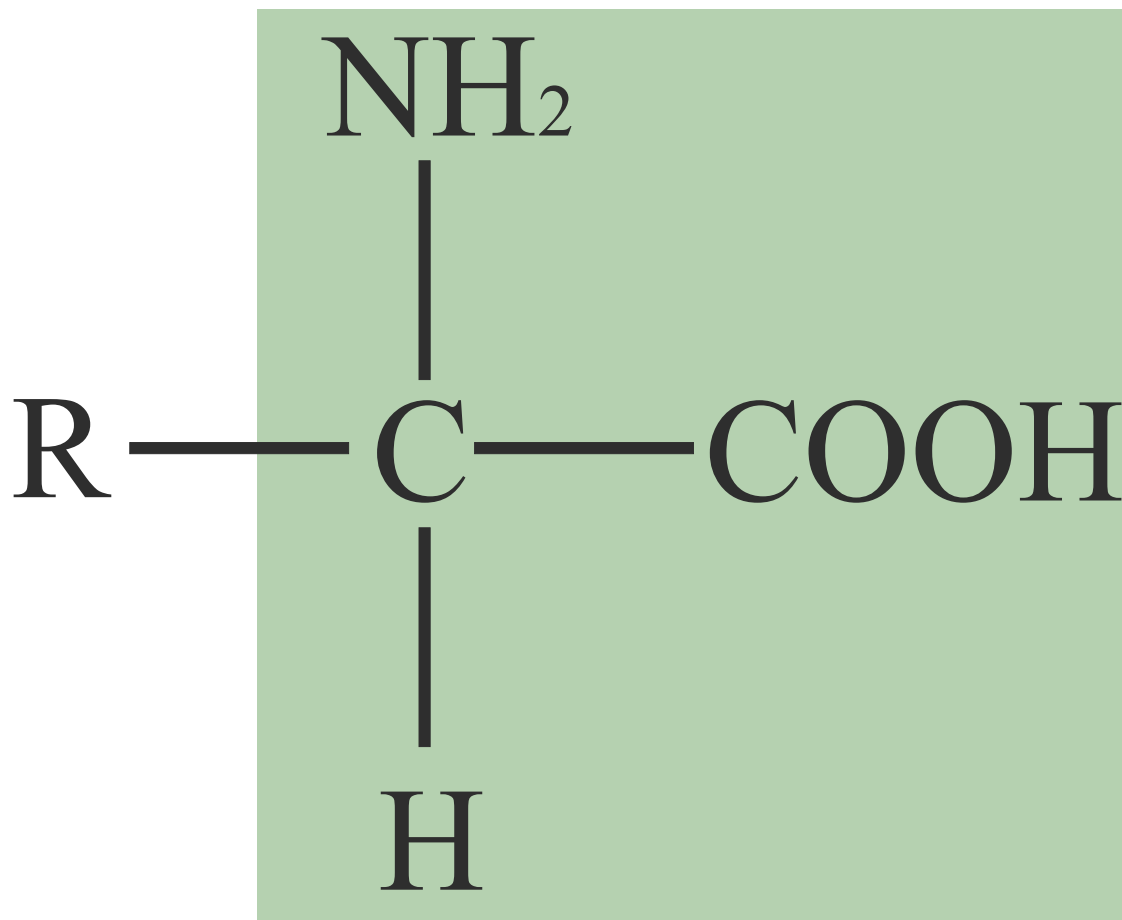
**мономер – аминокислота**



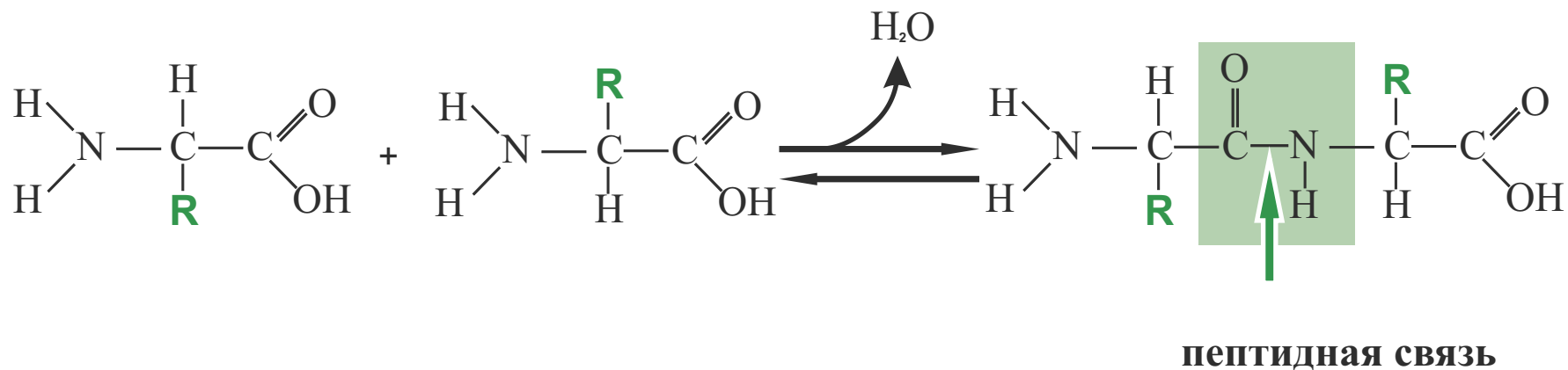
**гетерополимер – пептид**

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 (-NH<sub>2</sub>), 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.

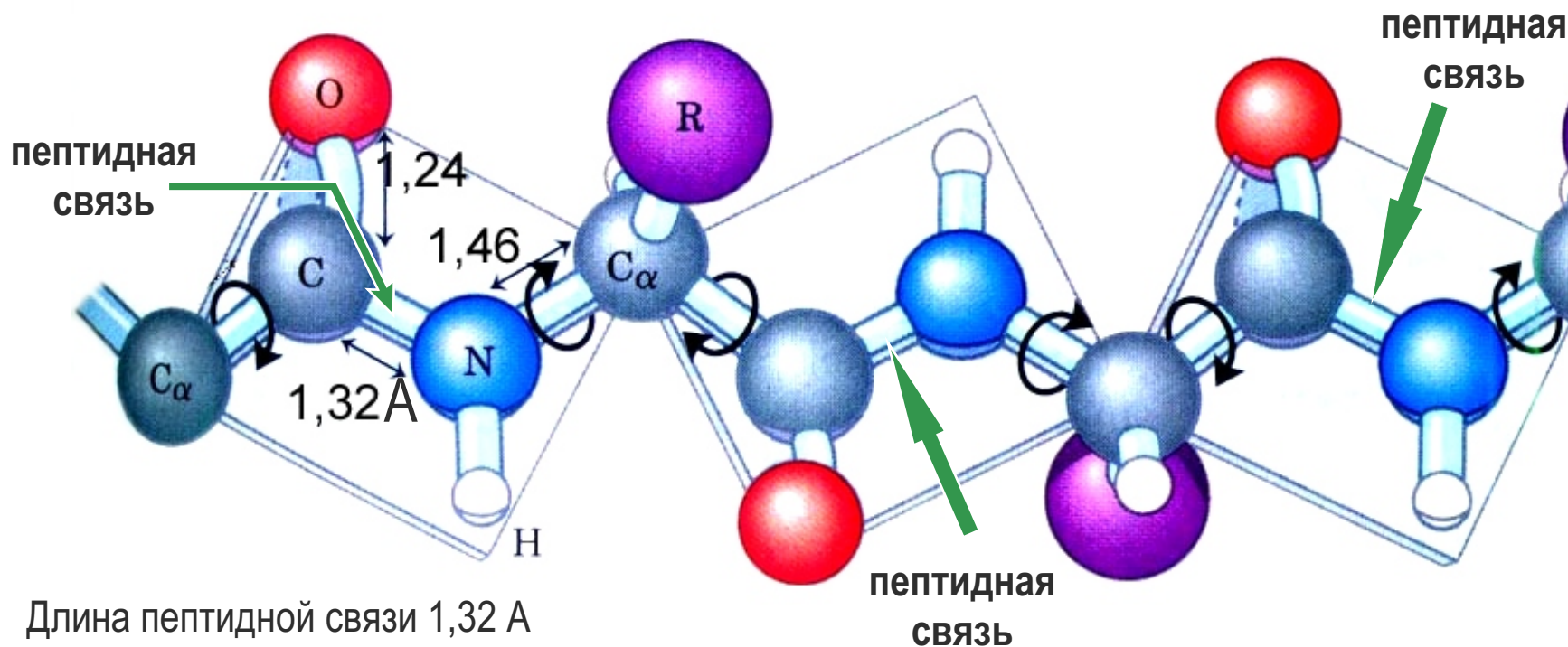


В белковых молекулах последовательно расположенные молекулы аминокислот соединяются друг с другом ковалентно, образуя длинные неразветвленные полимерные цепи. Аминокислоты в цепи расположены таким образом, что аминогруппа одной аминокислоты взаимодействует с карбоксильной группой другой. При взаимодействии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

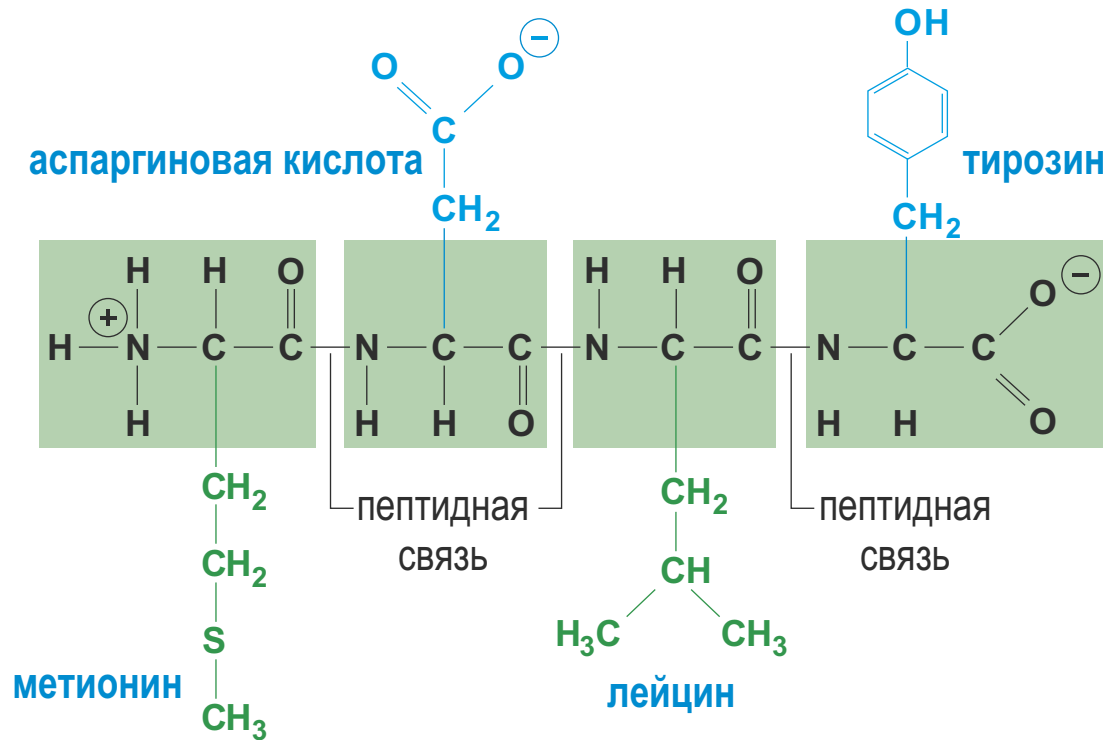


Равновесие в представленной реакции сдвинуто влево, поэтому синтез пептидов и белков осуществляется другим образом. Однако данная реакция дает представление об образовании пептидной связи.

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.

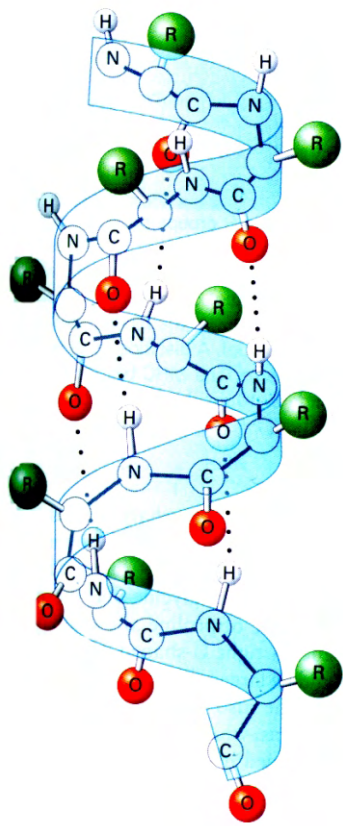


химическая структура участка полипептидной цепи, состоящего из четырех аминокислот

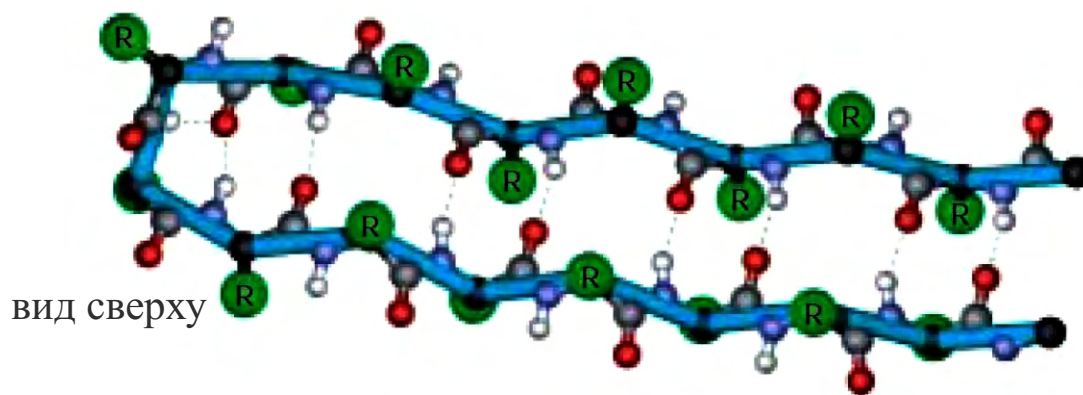
первичная последовательность того же участка, где аминокислоты представлены в виде международных трехбуквенных обозначений



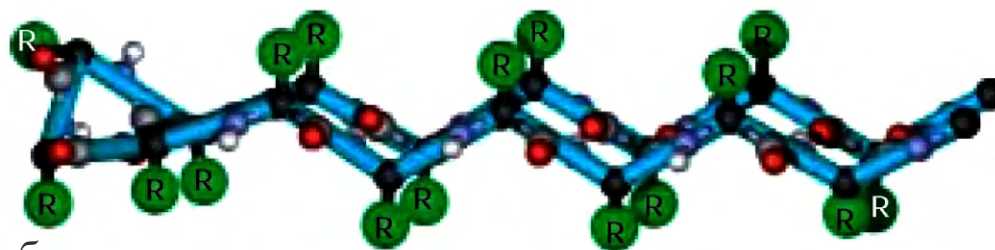
Белковая молекула в нативном (неповрежденном) состоянии обладает характерной для неё пространственной структурой, или конформацией. Она определяется тем, как сворачивается полипептидная цепь белка в растворе. Чаще всего отдельные участки полипептидной цепи сворачиваются в спираль ( $\alpha$ -спираль)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



$\alpha$ -спираль



вид сверху

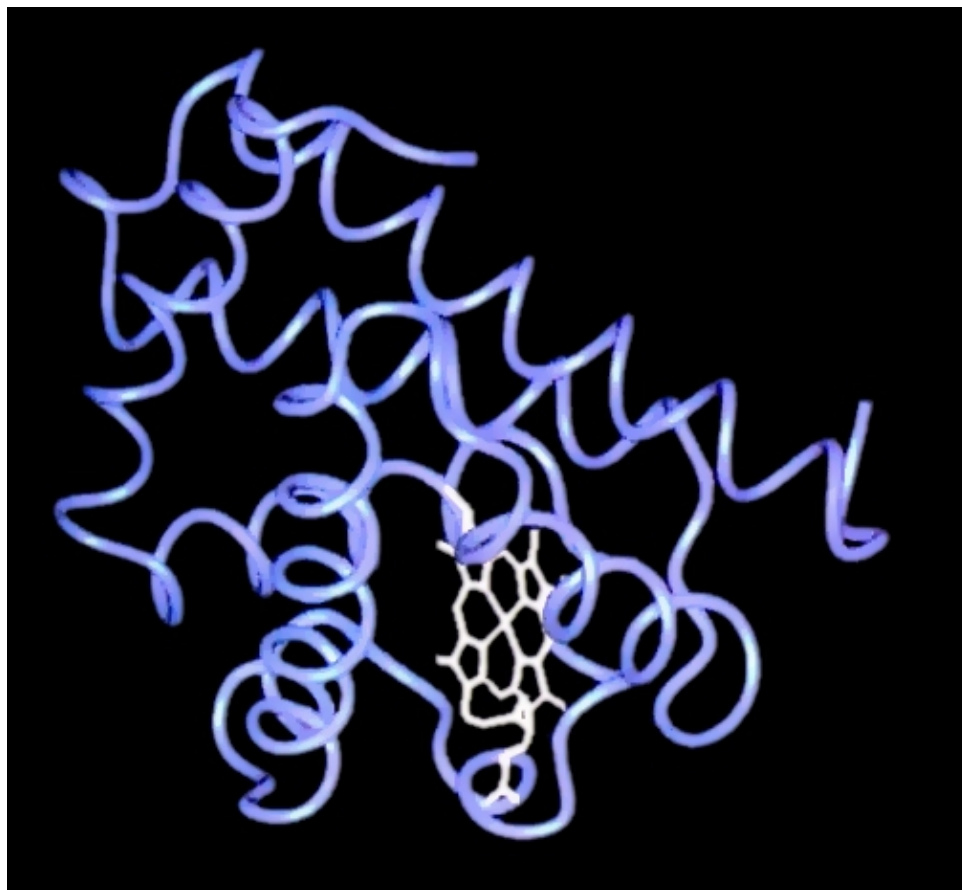


вид сбоку

$\beta$ -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).

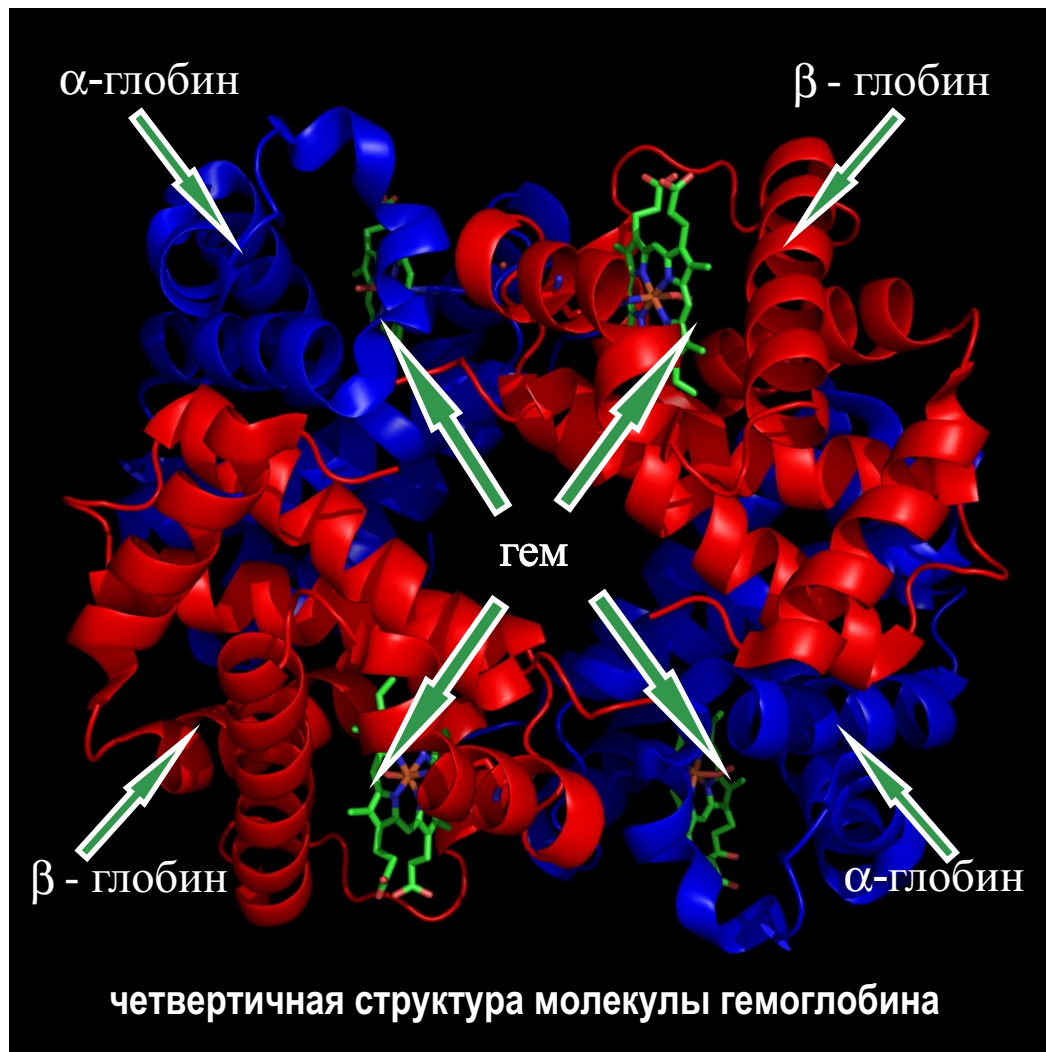
Третичная структура белка – способ пространственной укладки полипептидной цепи в глобулу или фибриллу. Поддерживается за счет ковалентных (S-S), гидрофобных, водородных и ионных связей.



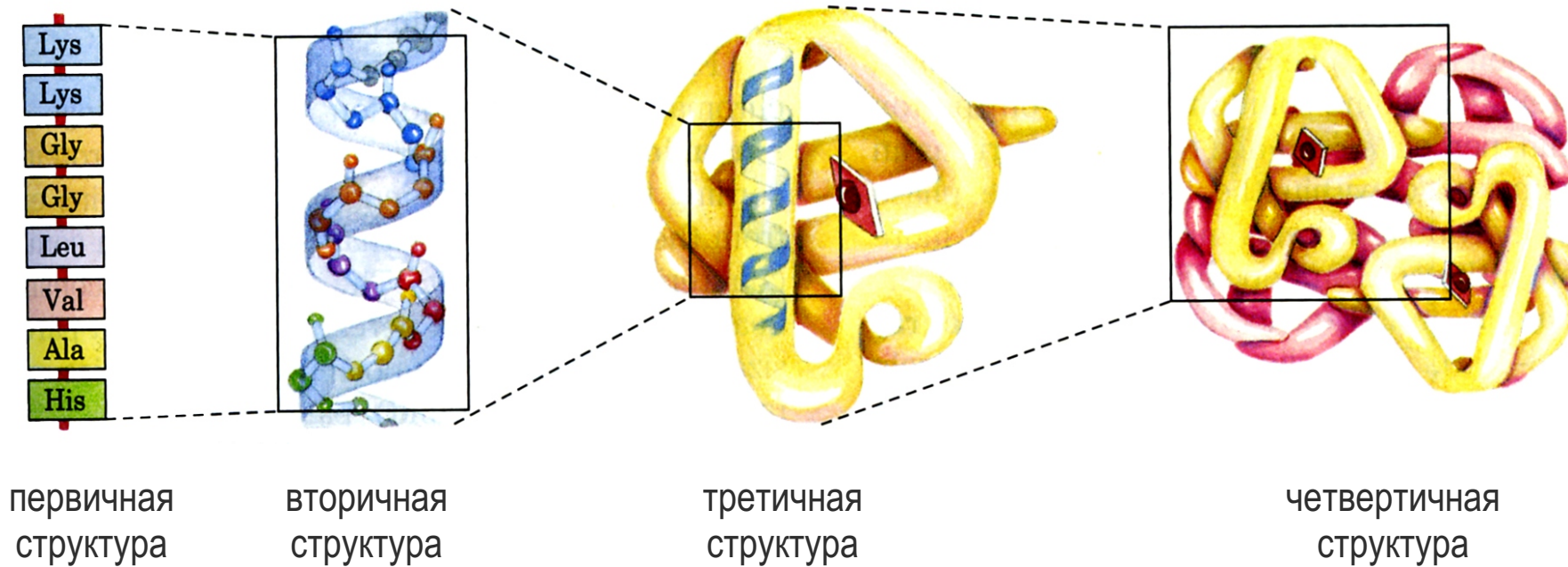
**третичная структура миоглобина**



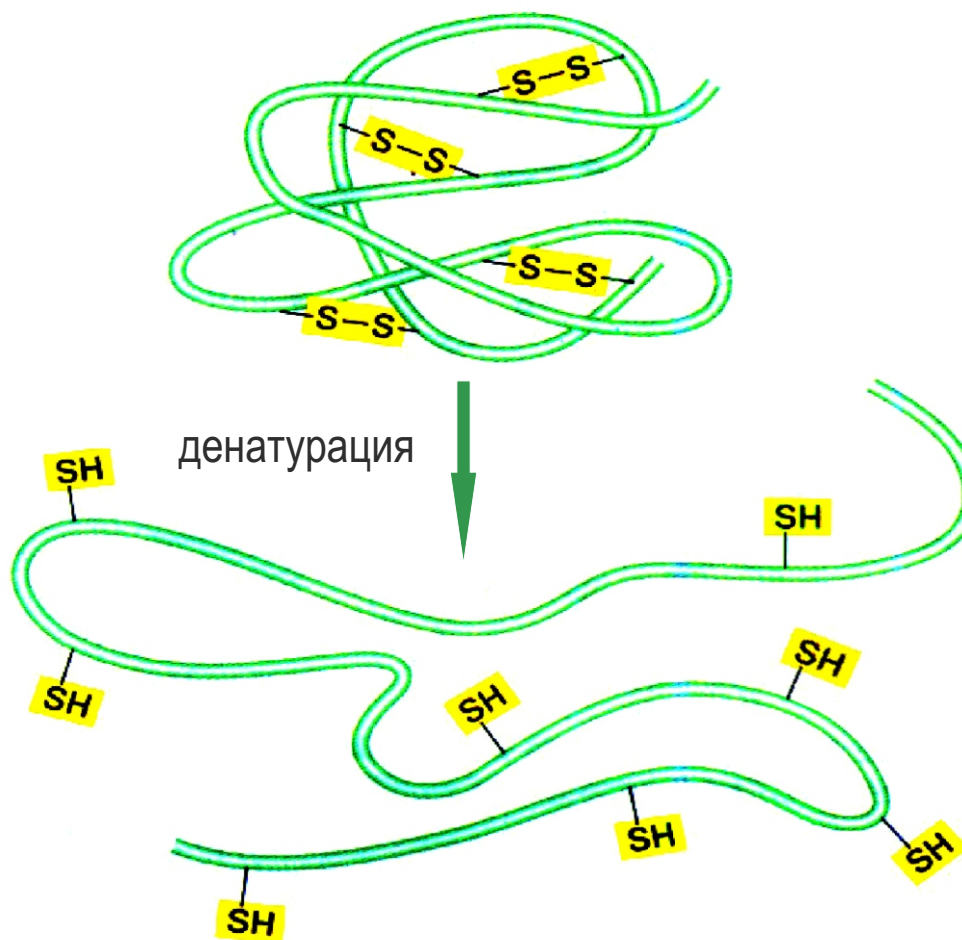
Многие белки состоят из нескольких полипептидных цепей одинаковой или различной структуры. При объединении таких цепей образуется сложный белок, для которого характерна четвертичная структура. Такие белки называют олигомерами, а входящие в состав олигомера отдельные полипептидные цепи — мономерами.



# Вторичная, третичная и четвертичная структура белка определяются его первичной структурой



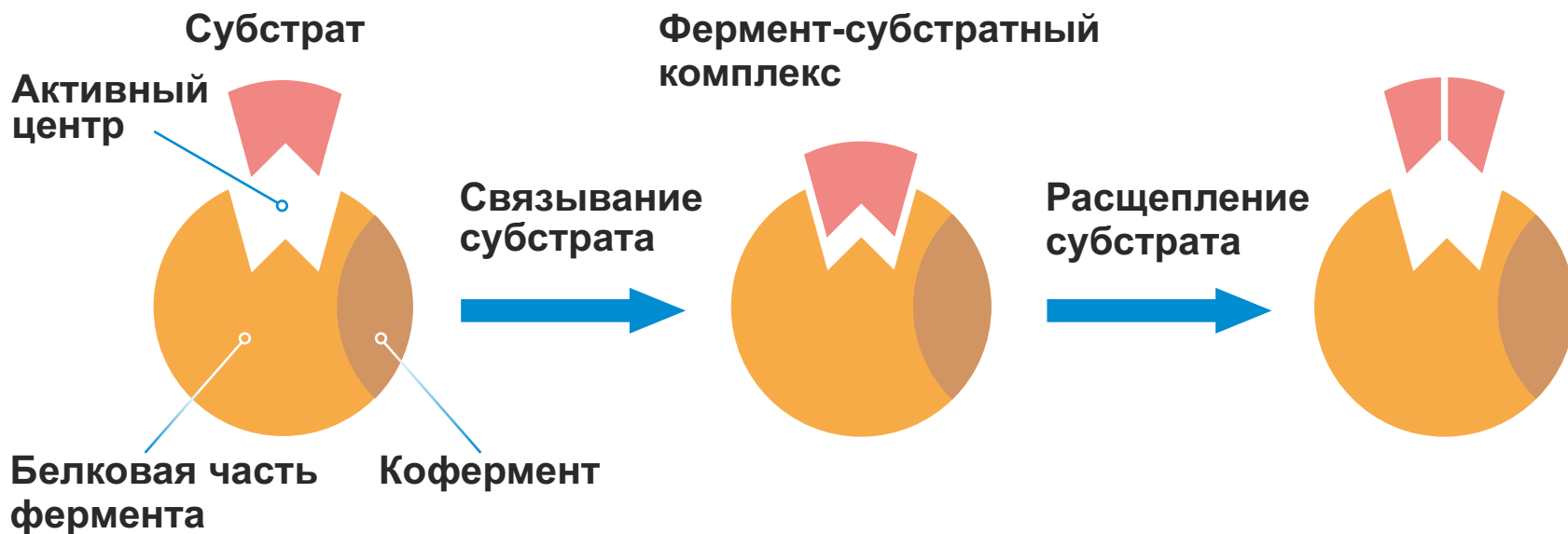
Большая часть белковых молекул способна сохранять свою биологическую активность, то есть способность выполнять свойственную им функцию только в узком диапазоне температур и кислотности среды. При повышении температуры или изменении кислотности до экстремальных значений разрушается четвертичная, третичная 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.

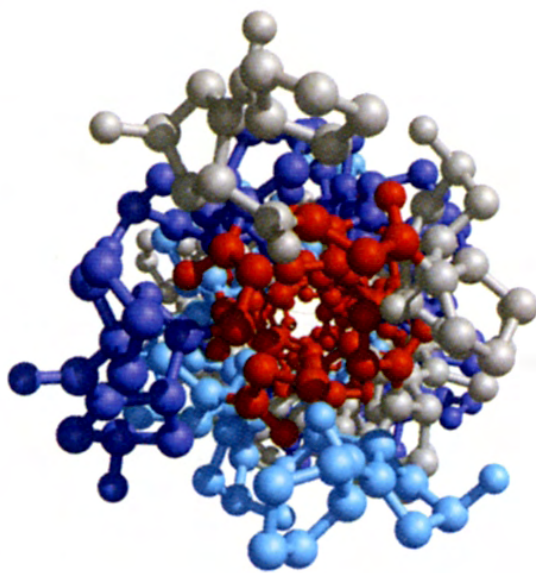


молекула спиральной структуры

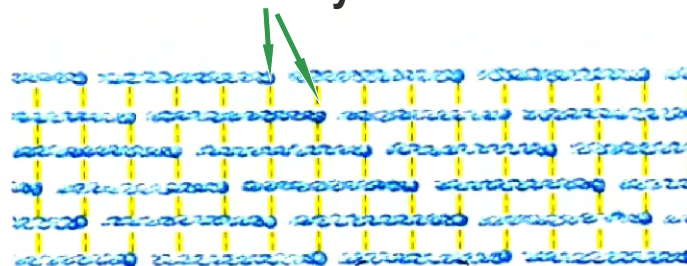


тройная спираль коллагена

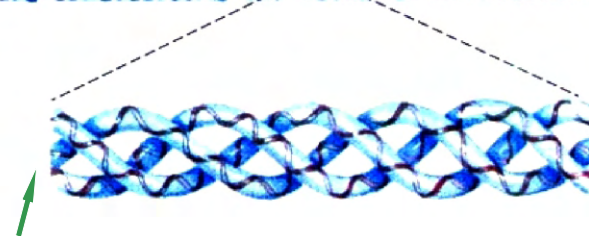
вид сверху на тройную спираль коллагена



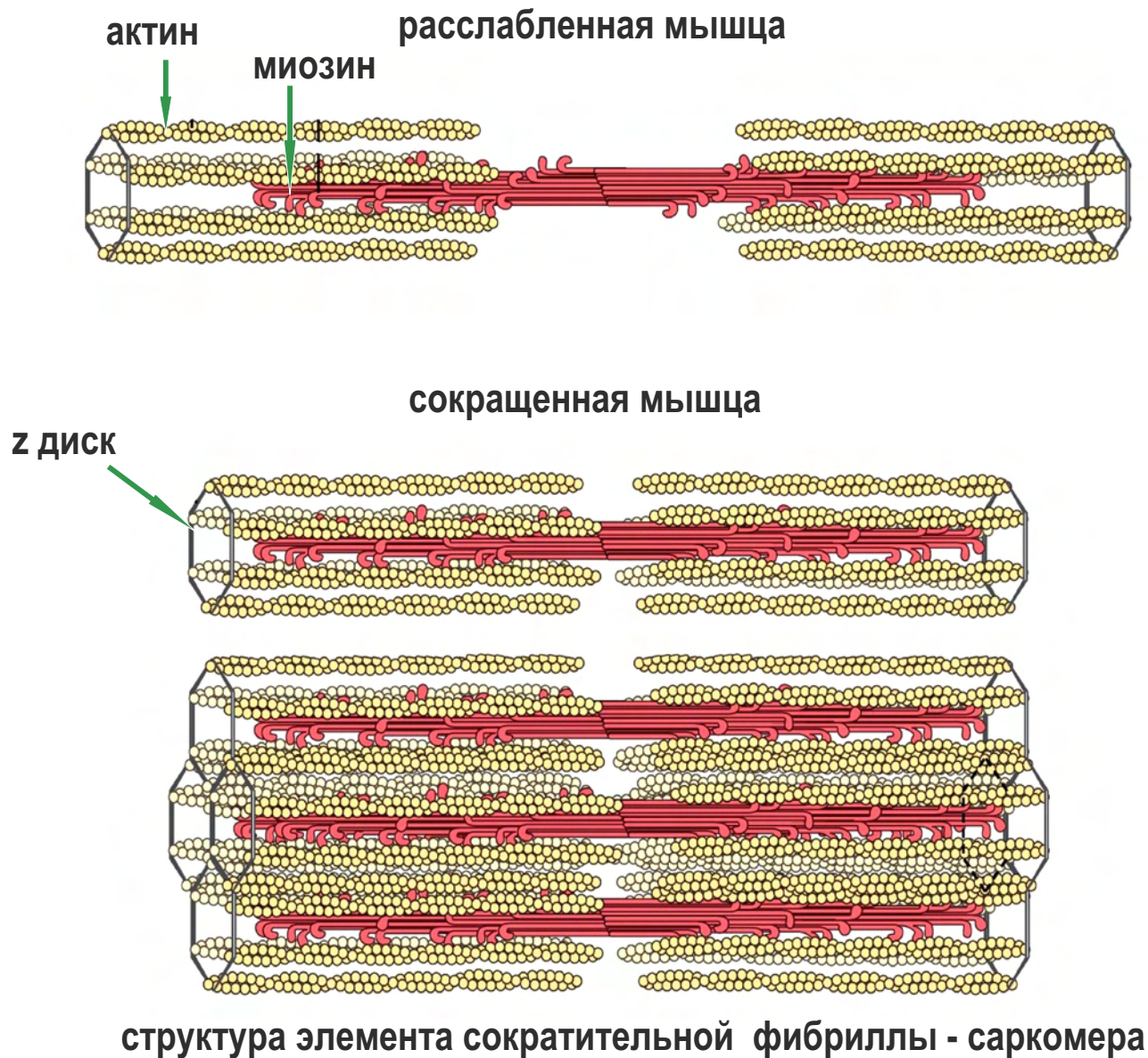
головки молекул коллагена



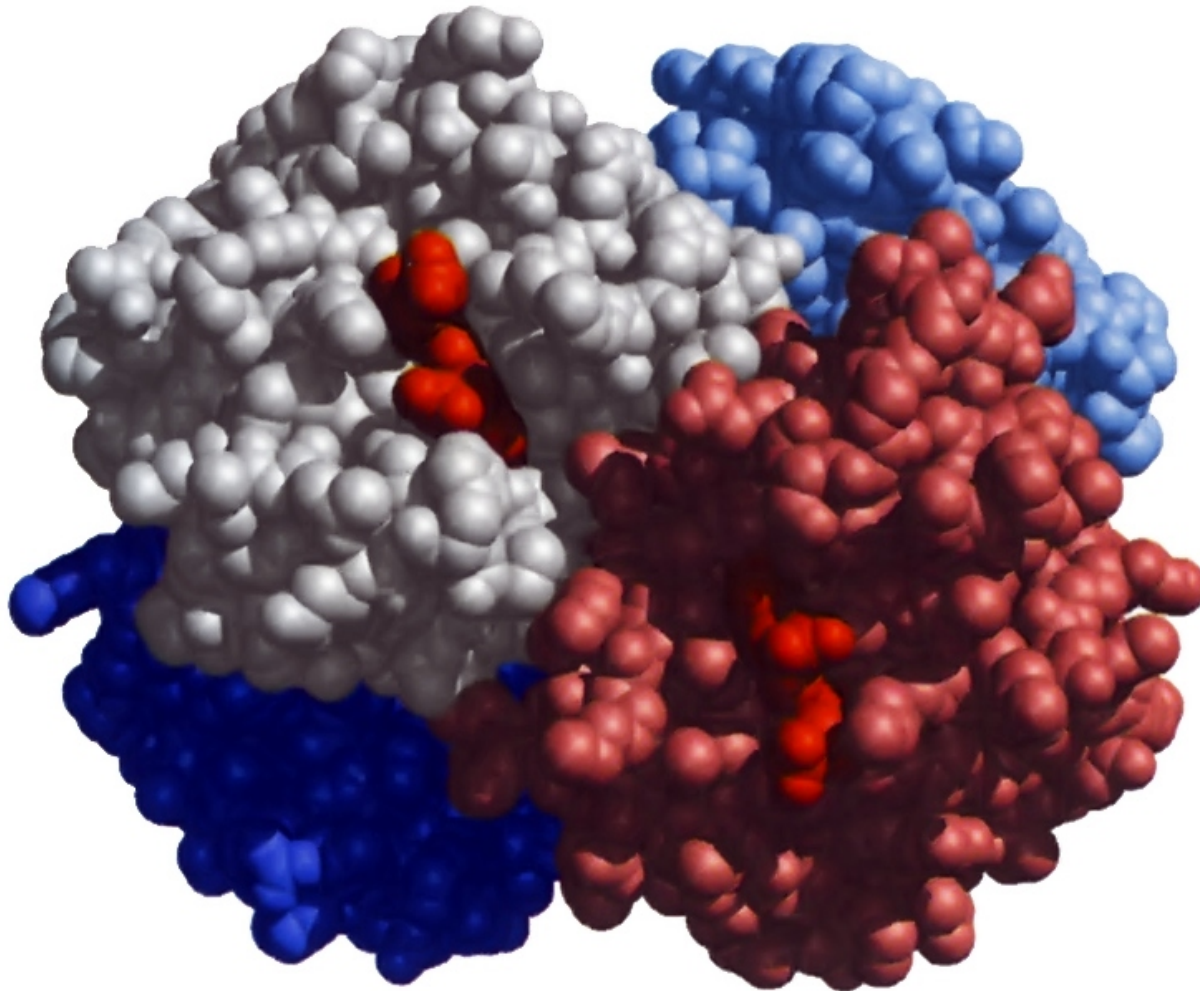
тройная спираль коллагена



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.

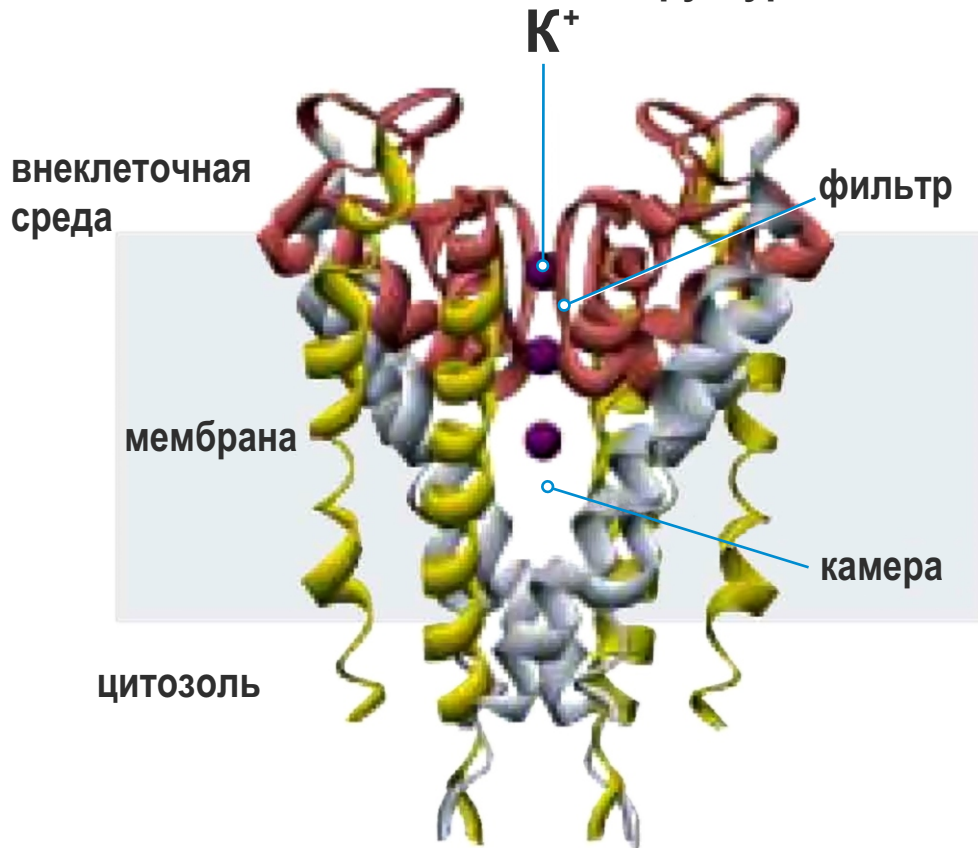


**пространственная модель молекулы гемоглобина**

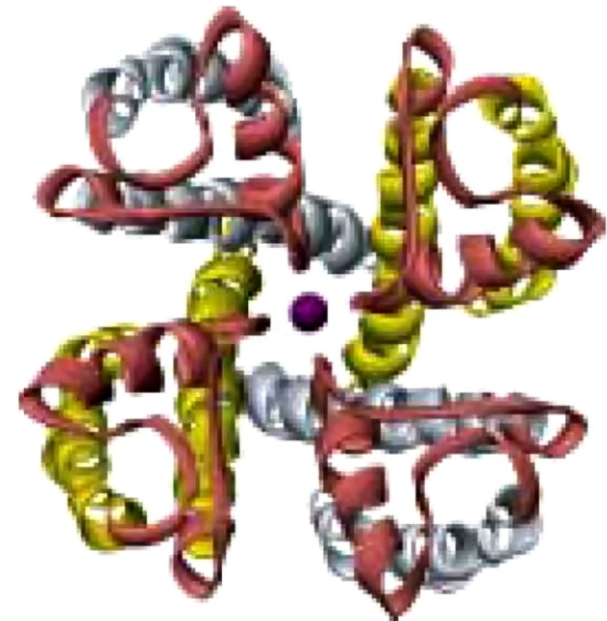


К транспортным белкам относятся также белки, встроенные в биологические мембраны и осуществляющие перенос различных веществ через эти мембраны. Они делятся на каналы, обеспечивающие переход ионов через мембрану по градиенту концентрации (т.е. от высокой концентрации к низкой) и насосы, переносящие ионы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

### структура калиевого канала



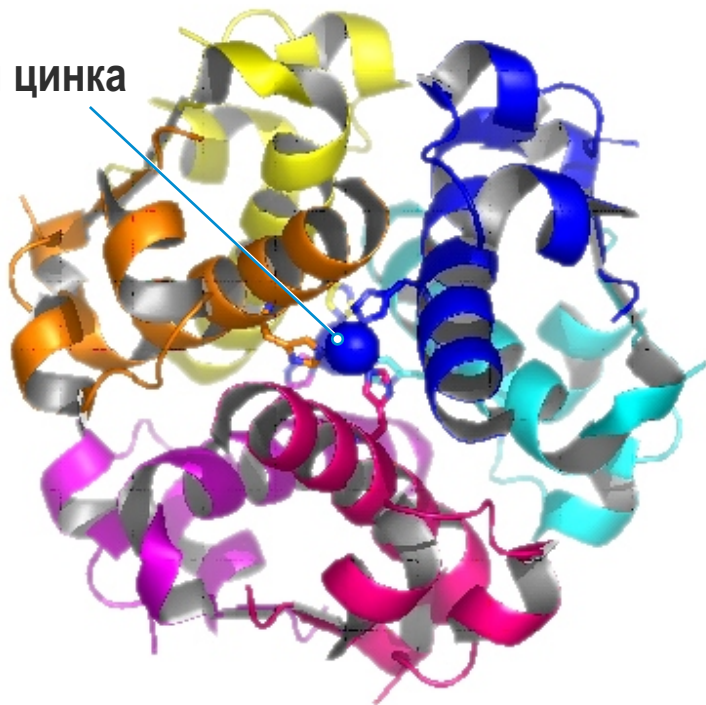
вид сбоку



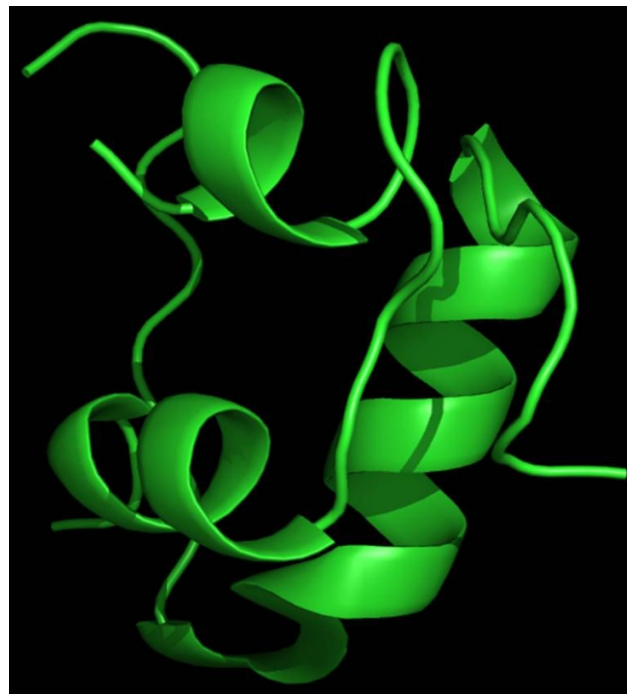
вид сверху с внутренней стороны мембраны

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.

атом цинка



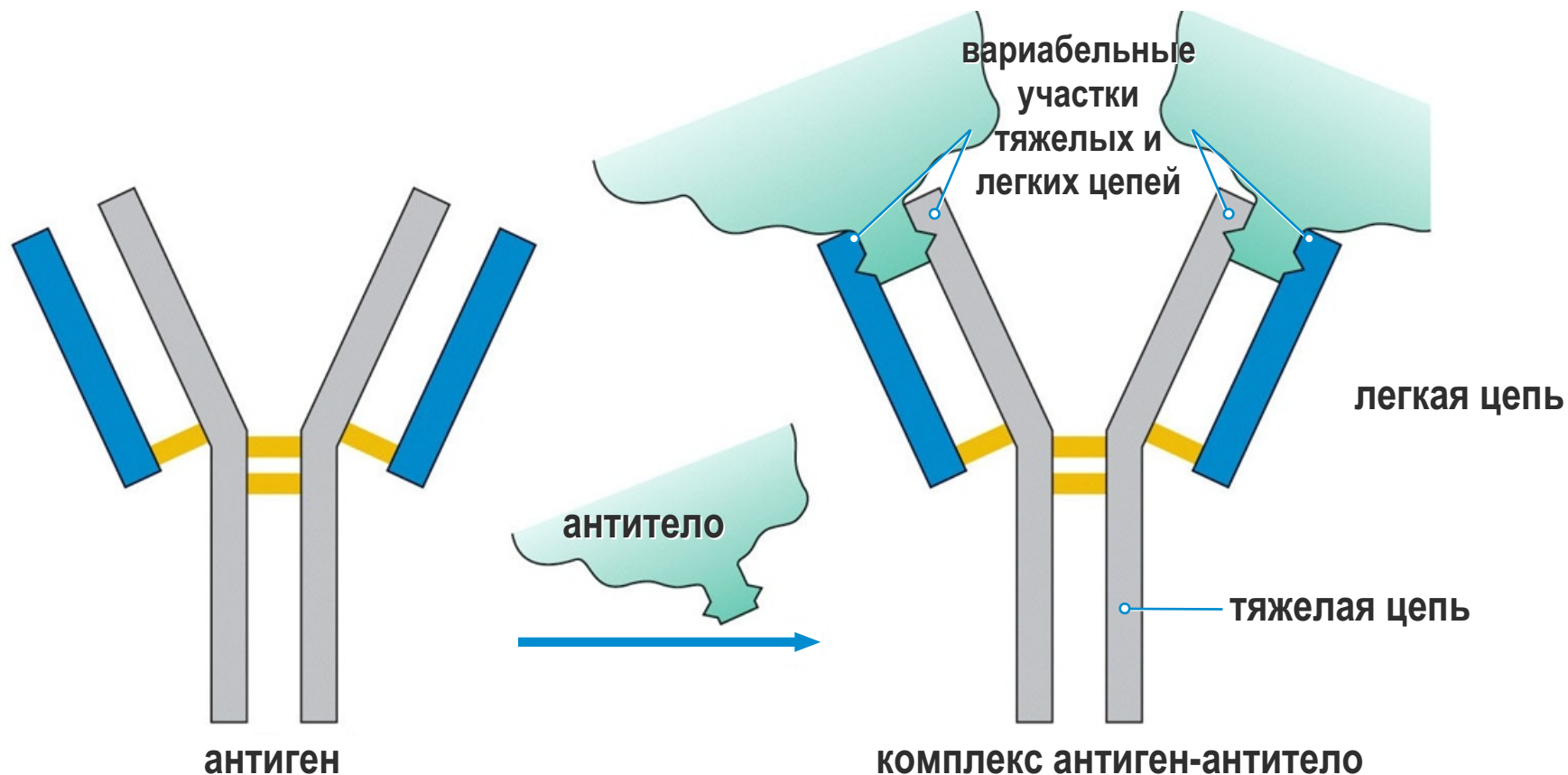
**гексамер инсулина**



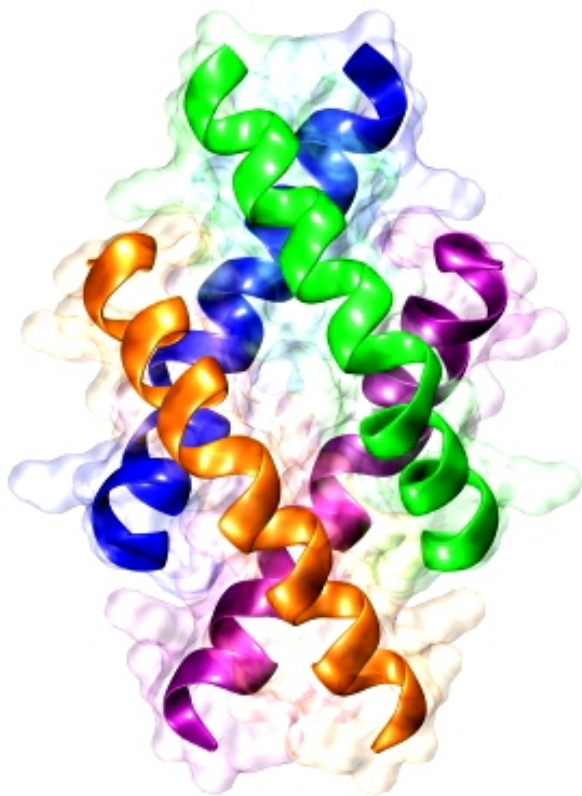
**мономер инсулина**

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  $\alpha$ -спираль, из четырех таких спиралей образуется тетрамерный комплекс.

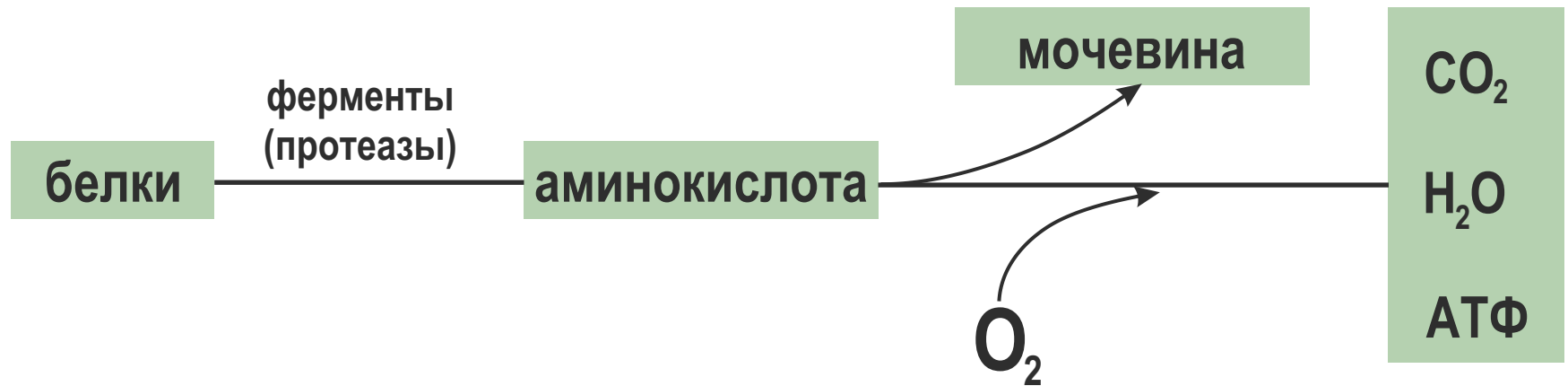


**мелиттин**



**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 СО<sub>2</sub> с образованием мочевины (у человека).

Углеродные скелеты аминокислот окисляются до СО<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>О с выделением энергии, которая запасается в виде АТФ.