Ирина Коновалова

Маргарита Журавкова

Молекулярная биология

Признаки живого

Биология — наука, изучающая живые организмы и их взаимодействии со средой обитания. Живыми называют организмы, обладающие следующими признаками:

Клеточное строение	Все живые организмы состоят из клеток. Исключение - вирусы, проявляющие свойства живого только в других организмах.
Единство химического состава	В состав организма входят соединения углерода – белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты. В неживой природе эти соединения не образуются. Основные органогены – C, O, N и H.
Рост, развитие, эволюция	Все организмы растут в течение своей жизни. **Рост** – увеличение в размере. **Развитие** – появление новых свойств и качеств. **Онтогенез** – индивидуальное развитие организма. **Филогенез** – историческое развитие видов. **Эволюция** – филогенез всего органического мира.
Саморегуляция	Поддержание постоянства внутренней среды организма (**гомеостаза**).
Раздражимость	Способность организма реагировать на внешние и внутренние раздражители (**рефлексы** - у животных; **тропизмы** и настии - у растений, **таксисы** – у простейших).
Ритмичность	Повторяющиеся изменения интенсивности физиологических функций живых организмов (суточные, сезонные и др.). Обеспечивает согласованность функционирования организма с изменениями в окружающей среде.
Приспособленность (адаптации)	В процессе филогенеза и под действием естественного отбора организмы приобретают приспособления к условиям окружающей среды. Организмы, не обладающие необходимыми адаптациями, вымирают.
Самовоспроизведение (размножение)	Способность живых систем воспроизводить себе подобных.
Наследственность и изменчивость	Наследственность - способность организма передавать свои признаки из поколения в поколение. Изменчивость - способность организмов приобретать новые признаки.
Дискретность и целостность	Живой организм состоит из отдельных единиц (дискретность). Но все они вместе взаимодействуют как единый организм (целостность).

Ирина Коновалова

Маргарита Журавкова

Обмен веществ и энергии	Совокупность биохимических реакций, происходящих в организме (поступление воды, O_2, питательных веществ и выделение продуктов обмена)
Открытость (энергозависимость)	Постоянное поступление энергии извне и удалении продуктов жизнедеятельности в окружающую среду

Уровни организации живого

Живая материя существует в форме биологических систем. **Биологические системы** — совокупность функционально связанных элементов или процессов, объединенных в целое для достижения биологически значимого результата.

Клетки, живые организмы и в целом жизнь на Земле – сложные системы. Для них характерна **иерархичность** – одни системы входят в состав других (систем более высокого уровня) в качестве их подсистем. На каждом более высоком уровне организации у биологических систем появляются новые свойства, которые на предыдущем уровне отсутствуют — **эмерджентность**.

Уровень организации	**Компоненты, образующие систему**	**Основные процессы**	**Науки, изучающие уровень**
Молекулярно-генетический (молекулярный)	Молекулы и их комплексы в составе клетки	Репликация, репарация, транскрипция, рецепция, мутации	Биохимия, биофизика, молекулярная биология
Клеточный	Клетки и органоиды клетки	Трансляция, деление клеток, фотосинтез	Цитология, цитогенетика, микробиология*
Органно-тканевый	Ткани и органы	Гистогенез, регенерация, обмен веществ	Анатомия, физиология
Организменный	Одно- или многоклеточный организм	Обмен веществ; раздражимость; размножение; онтогенез; нервно-гуморальная регуляция; наследственность, изменчивость	Анатомия, физиология, генетика
Популяционно-видовой	Группы родственных особей, объединенных общим генофондом и взаимодействием	Обмен генетической информации при скрещивании, изменение генофонда, выработка адаптаций; видообразование;	Экология, популяционая генетика, эволюция

	с окружающей средой	внутривидовые отношения	
Биоценотический	Биоценозы – совокупности растений, животных, грибов и микроорганизмов, взаимосвязанных между собой	Формирование пищевых цепей, межвидовые взаимоотношения	Биогеография, геоботаника, экология
Биогеоценотический (Экосистемный)	Биогеоценозы	Формирование пищевых цепей, межвидовые взаимоотношения и взаимоотношения со средой, сукцессии	Биогеография, экология
Биосферный	Биосфера	Глобальные биогеохимические циклы (круговороты веществ и энергии)	Экология

*Микробиологию можно добавить и к наукам, изучающим живое на организменном уровне, так как это наука о бактериях, а они одновременно и клетки, и организмы.

Молекулярный уровень организации. Химия клетки.

Методы молекулярной биологии

1. **Хроматография** – метод, основанный на разной скорость движения растворённых в специальном растворе веществ через адсорбент, скорость зависит от молекулярной массы (чем меньше масса, тем больше скорость).
2. **Полимеразная цепная реакция** (ПЦР) - метод, позволяющий выделить и синтезировать конкретную последовательность ДНК в достаточном для исследования объеме
3. **Электрофорез** - один из методов визуализации ПЦР. Из-за разного размера разные молекулы ДНК или белка будут проходить через специальный гель с разной скоростью и накапливаться на разном расстоянии от старта.
4. **Рентгеноструктурный анализ**. Позволяет получить изображение строения кристаллов органических веществ (например, так были открыты вторичная структура белка и двойная спираль ДНК).
5. **Моделирование**. Общий метод для многих наук. Позволяет работать с объектами, которые нельзя “пощупать” в естественном состоянии. Самая

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

известная модель в молекулярной биологии – это модель двухцепочечной спирали ДНК Дж. Уотсона и Ф. Крика.

6. **Биохимические методы** (титрование) – определение количества исследуемого вещества в растворе.
7. **Секвенирование** – определение последовательности мономеров в гетерополимере (белке или нуклеиновой кислоте).

Химический состав клетки. Вода.

Молекулы строятся из атомов разных химических элементов. Живые системы содержат в себе почти всю таблицу Менделеева. В биологии принято делить все элементы на три группы по величине процентного содержания элемента в живых организмах.

Основу организма составляют 4 элемента – кислород, углерод, водород и азот. Их выделяют в группу **органогенов**.

Элементы в живых организмах

Макроэлементы (>0,001%)

Кислород
Водород
Углерод
Азот
органогены

Фосфор
Калий
Сера
Железо
Магний
Натрий
Кальций

Микроэлементы (0,001-0,000001%)

Бор
Кобальт
Медь
Молибден
Цинк
Ванадий
Йод
Бром

Ультрамикроэлементы (<0,000001%)

Уран
Радий
Золото
Ртуть
Берилий
Цезий
Селен

Также, как в химии, элементы объединяются в вещества, которые делятся на две большие группы: органические и неорганические.

Вещества

Неорганические

- Вода
- Минеральные соли
- Газы

Органические

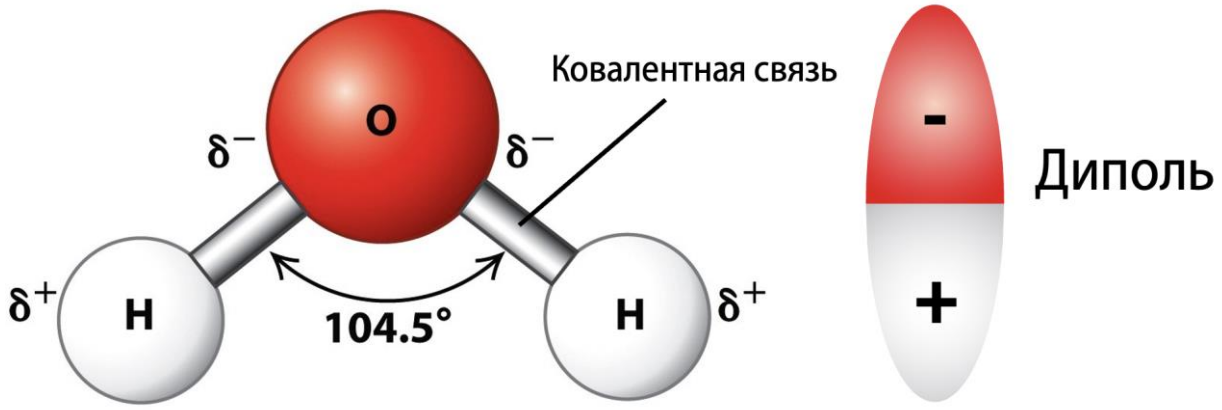
- Белки
- Липиды
- Углеводы
- Нуклеиновые кислоты
- АТФ

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

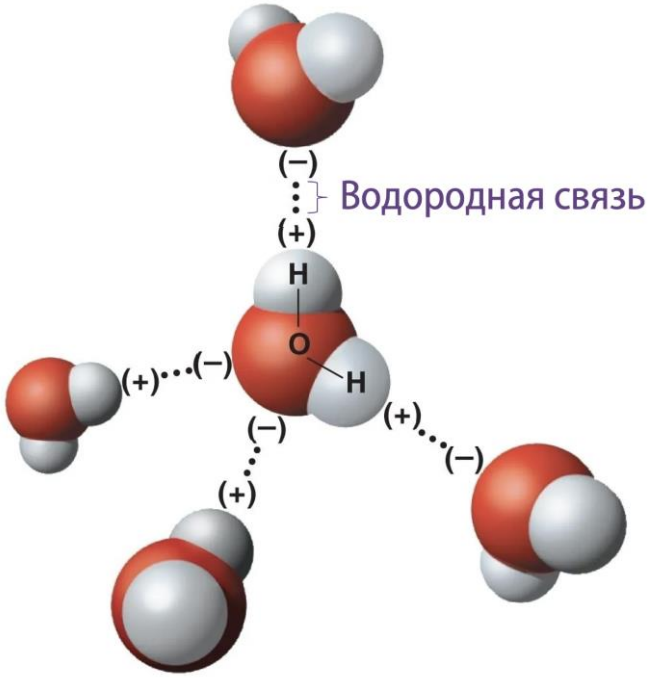
Неорганические вещества клетки

Вода

Молекула воды состоит из двух атомов водорода, которые ковалентными полярными связями прикрепляются к одному атому кислорода. На кислороде из-за его электроотрицательности формируется частичный отрицательный заряд, а на атомах водорода – частичный положительный заряд. За счёт этого молекула воды представляет из себя **диполь** с положительным и отрицательным полюсом. Подобные вещества называют **полярными**.



Благодаря такому строению молекул воды, между ними формируются **водородные связи** – формы связи между электроотрицательным атомом и атомом водорода H, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом. Благодаря водородным связям вода обладает многими уникальными свойствами.



1. **Сила сцепления молекул:**
   - транспирационный ток

Подтягивание воды по сосудам растений от корней к кроне происходит благодаря сцеплению молекул воды, которые обеспечивают такие явления как **адгезия** и **когезия**.

Адгезия – слипание поверхностей веществ различной природы.

Когезия – взаимное притяжение одинаковых молекул.

- Осмос (движение воды через полупроницаемую мембрану по градиенту концентрации);
- поддержание формы организмов (благодаря несжимаемости воды).

2. **Метаболические функции:**
   - донор электронов при фотосинтезе
   - гидролиз больших молекул
3. **Вода – полярный растворитель;**

Вещества, легко взаимодействующие с водой, называют **гидрофильными**. Им не обязательно иметь ионную природу, достаточно иметь полярные участки, к которым будут притягиваться молекулы воды, образуя водородные связи. Хорошо растворяются в воде, например, моно- и дисахариды, аминокислоты и спирты.

При этом **не все гидрофильные вещества растворимы в воде**, некоторые из них не могут растворяться просто в силу своего огромного размера. Моносахариды имеют полярные участки и растворимы в воде, и когда они поликонденсируются, полярные участки никуда не исчезают. Поэтому молекулы воды прилипают к волокнам целлюлозы, но разделить их они не могут. При движении по сосудам растений молекул воды прилипают к стенкам сосудов, и вода поднимается против силы тяжести.

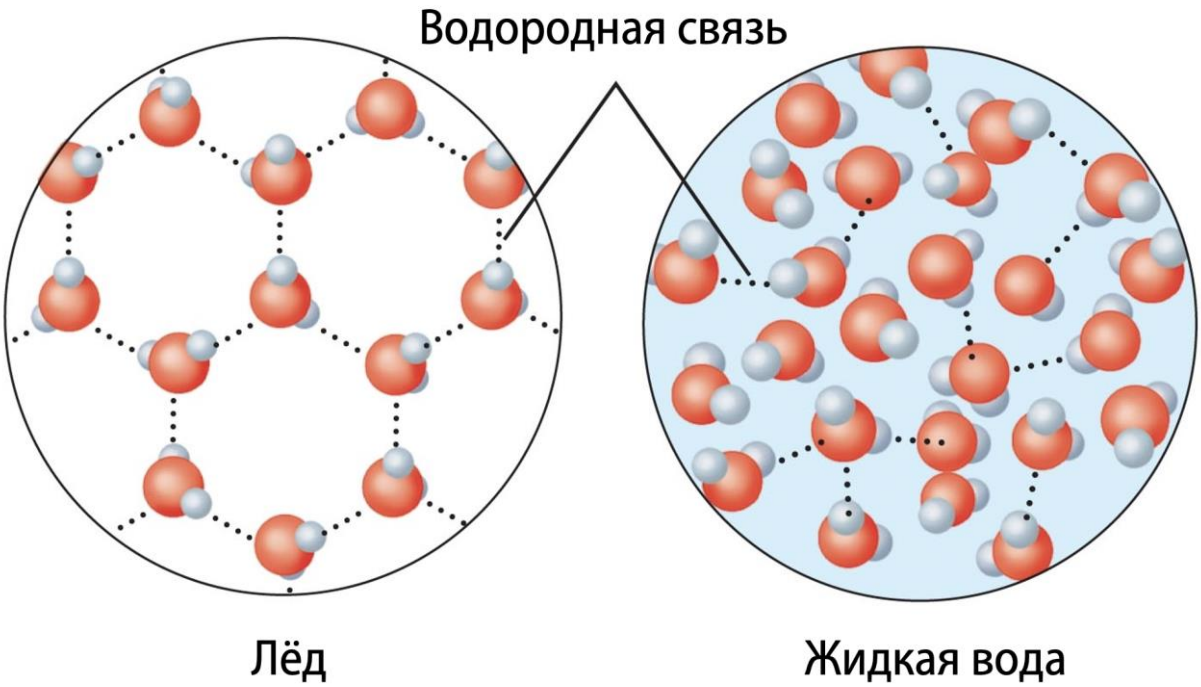
Вещества по отношению к воде

Гидрофильные	Гидрофобные
Полярные	НЕполярные
1. Ионы	1. Липиды
2. Моносахариды	2. Некоторые белки
3. Аминокислоты	3. Нерастворимые соли
4. Спирты	

И есть вещества, не способные образовывать водородные связи с водой, они не имеют ионного строения и неполярны. Такие вещества называются **гидрофобными**, они отталкивают от себя воду. Это, в первую очередь, липиды. Гидрофобные вещества взаимодействуют с гидрофобными, а гидрофильные – с гидрофильными.

4. **Смазывающие свойства**: околосердечная сумка, суставы, плевральная жидкость;

5. **Расширение при замерзании.**



У жидкой воды водородные связи между молекулами постоянно разрушаются и образуются заново. При охлаждении воды до 0° скорость движения молекул настолько замедляется, что водородные связи становятся стабильными. Образуется кристаллическая решётка, в которой каждая молекула формирует водородные связи с четырьмя другими молекулами (здесь рисунок 2D, ещё одна водородная связь будет направлена «назад», и там ещё такой же слой молекул).

За счет этой особенности лед имеет меньшую плотность, чем жидкая вода, и всплывает на поверхность водоема, что является важнейшим фактором для выживания организмов водоема – водоёмы обычно не промерзают насквозь.

6. **Высокая теплоёмкость воды**

позволяет поддерживать климат на Земле относительно стабильным – большая часть планеты покрыта водой. В светлое время суток и летом вода поглощает и удерживает большое количество тепла. В тёмное время суток и зимой вода медленно отдаёт это тепло в атмосферу, нагревая её. Это сглаживает колебания температур на прилегающей к океану суше. Близкие к океану районы имеют меньшие суточные и сезонные колебания температуры, климат там очень мягкий. Минимальны и температурные колебания внутри самого океана, поэтому он –благоприятная среда для обитания различных организмов.

Кроме того, поскольку все живые организмы состоят по большей части из воды, благодаря её высокой теплоёмкости им намного проще поддерживать собственный тепловой баланс.

Ирина Коновалова

Маргарита Журавкова

Минеральные соли в клетке и в организме.

- Минеральные соли
  - Растворимые (ионы солей)
    - Катионы: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}
    - Анионы: $H_2PO_4^-$, Cl^-, HCO_3^-
  - Нерастворимые: $Ca_3(PO_4)_2$, $CaCO_3$

Катионы и анионы солей участвуют в поддержании осмотического давления и буферности растворов в клетке, в проведении нервного импульса, входят в состав органических молекул. **Нерастворимые минеральные соли** в комплексе с органическими веществами являются составными частями внутренней и наружной опорной системы (скелет позвоночных, раковины моллюсков, панцирь членистоногих и др).

Далее приводим краткий перечень основных макро- и микроэлементов и их функций.

Калий и натрий

1. Трансмембранный потенциал клетки.
2. Проведение нервного импульса.
3. Активация ферментов.
4. Осмотическое давление.
5. Калий – ослабление сердечной деятельности у человека.

Кальций

1. Свёртывание крови.
2. Сокращение мышц.
3. Регуляция сердечной деятельности у человека.
4. Проведение внутриклеточных сигналов.
5. Внутренний и наружный скелеты (костная ткань, эмаль зубов, раковины моллюсков).

Магний

1. Компонент молекулы хлорофилла.

Фосфор

1. Входит в состав фосфолипидов.
2. Входит в состав нуклеотидов (ДНК и РНК).
3. Входит в состав АТФ.
4. Поддержание pH клетки (фосфатный буфер).

5. Костная ткань, эмаль зубов (гидроксиапатит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$).

Сера

1. Входит в состав аминокислот (метионин и цистеин).
2. Входит в состав витаминов (тиамин (B_1) и биотин (B_7)).
3. H_2S – хемосинтез бактерий.

Йод

1. Входит в состав тироксина (гормона щитовидной железы).

Хлор

1. Поддержание потенциала клеточной мембраны.
2. HCl – активация пищеварительных ферментов, обеззараживание пищи.

Железо

1. Перенос кислорода в составе гемоглобина.
2. Депонирование кислорода в составе миоглобина.
3. Перенос электронов в составе цитохромов.

Буферные системы

Отдельно остановимся на двух важнейших буферных системах, которые позволяют сохранять постоянной кислотность внутренней среды клеток и организмов.

Величина pH определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^-, образующихся при диссоциации воды, кислот и оснований. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода (pH>7) по сравнению с ионами OH-, то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов H^+ (pH<7)- кислую. Это один из важнейших факторов внутренней среды живых систем, который должен поддерживаться на определенном уровне, так как влияет на структуру белковых молекул.

При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению уровня pH. Чтобы не происходило резких изменений pH внутри живых систем, существуют буферные системы, которые сглаживают эти перепады.

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

Бикарбонатная буферная система

При увеличении концентрации ионов H^+ в среде

$$H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$$

При уменьшении концентрации ионов H^+ в среде

Фосфатная буферная система

При увеличении концентрации ионов H^+ в среде

$$H^+ + HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^-$$

При уменьшении концентрации ионов H^+ в среде

Газы

В ходе обмена веществ в клетке в качестве реагентов и продуктов могут выступать газообразные неорганические вещества.

Кислород является основным окислителем, благодаря которому большинство живых организмов добывают энергию в ходе клеточного дыхания.

Углекислый газ является источником углерода для создания органических молекул, а также продуктом полного окисления органики.

Органические вещества клетки

Углеводы и липиды.

Углеводы

- Моносахариды
  - Гексозы
    1. Глюкоза
    2. Фруктоза
    3. Галактоза
  - Пентозы
    1. Рибоза
    2. Дезоксирибоза
- Олигосахариды (дисахариды)
  1. Сахароза
  2. Лактоза
  3. Мальтоза
- Полисахариды
  - Структурные
    1. Целлюлоза
    2. Муреин
    3. Хитин
  - Запасные
    1. Крахмал
    2. Гликоген

Моносахариды, Олигосахариды: Гидрофильные, Сладкие, Растворяются в воде

Полисахариды: Гидрофильные, Несладкие, Не растворяются в воде

Ирина Коновалова

Маргарита Журавкова

Функции:

1. **Структурная** (из полисахаридов состоят клеточные стенки, хитиновый покров членистоногих);
2. **Энергетическая**;
3. **Сигнальная** (углеводы на поверхности клетки улавливают сигналы извне);
4. **Запасающая** (Накопление крахмала у растений и гликогена у животных и грибов. По мере необходимости из этих полимеров легко освобождается глюкоза.).

Липиды

Липиды

Простые жиры
- Жиры (глицирин+жирные кислоты)
- Воска

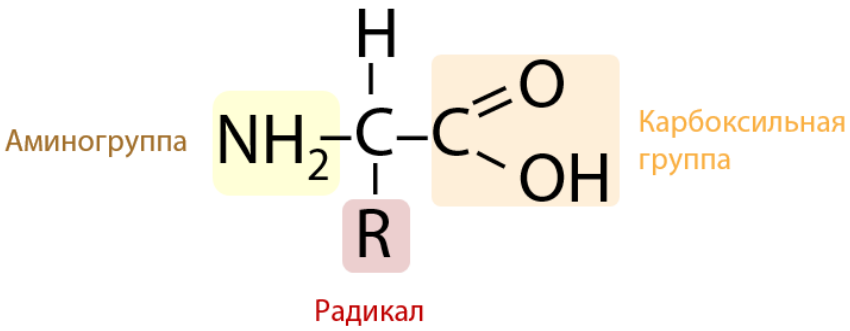
Липоиды
- Стероидные гормоны
- Холестерин
- Жирорастворимые витамины

Сложные липиды
- Липопротеиды (липид + белок)
- Гликолипиды (углевод+липид)
- Фосфолипид (липид+остаток фосфорной кислоты)

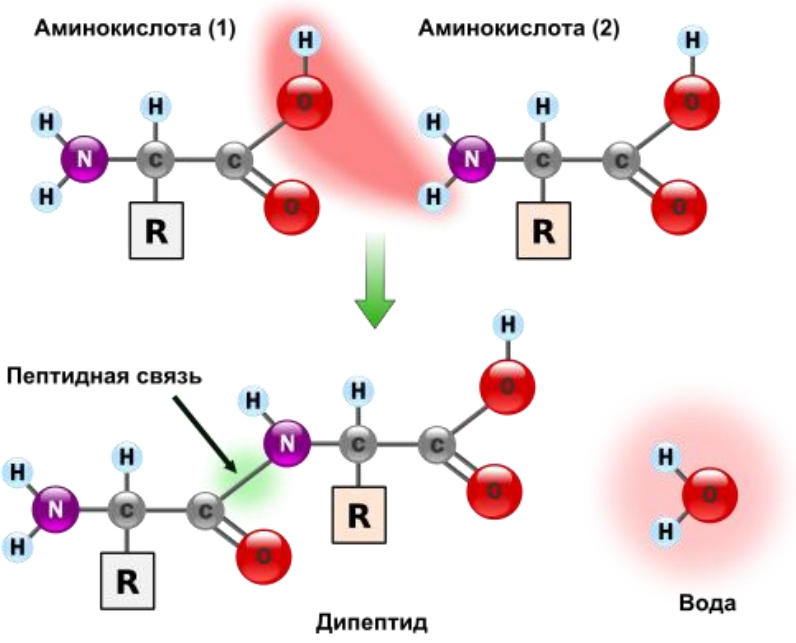
Функции
- Энергетическая
- Запасающая
- Депо воды
- Защитная
- Структурная
- Регуляторная
- Сигнальная

Белки.

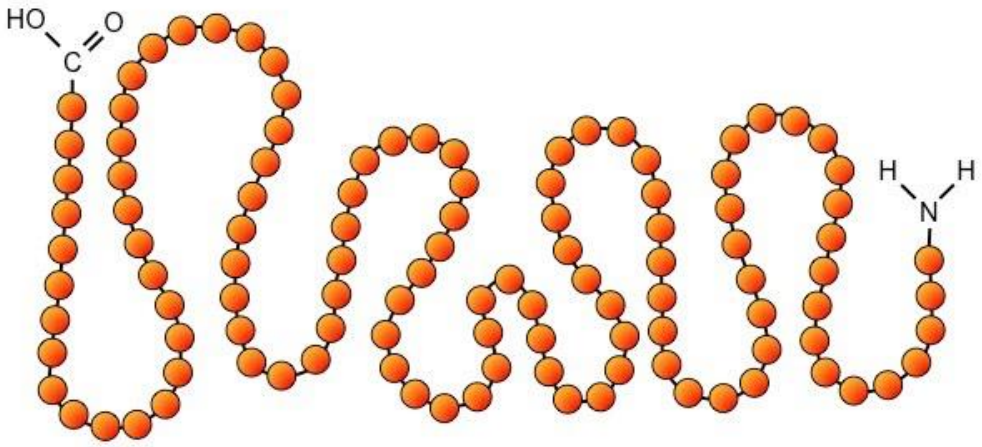
Белки - высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединённых в цепочку **пептидными связями**. Пептидная связь образуется между аминогруппой одной аминокислоты и карбоксильной группой другой аминокислоты



Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

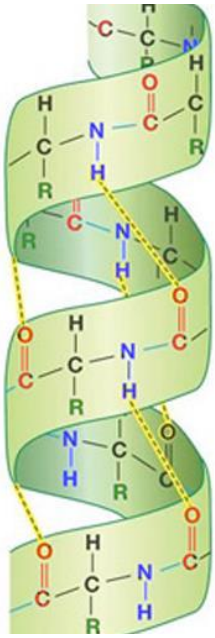


Дальше к дипептиду прицепляется ещё аминокислота и получается трипептид, и т.д. В результате образуется длинная цепочка аминокислот, которая называется полипептид. Это **первичная структура** белковой молекулы.

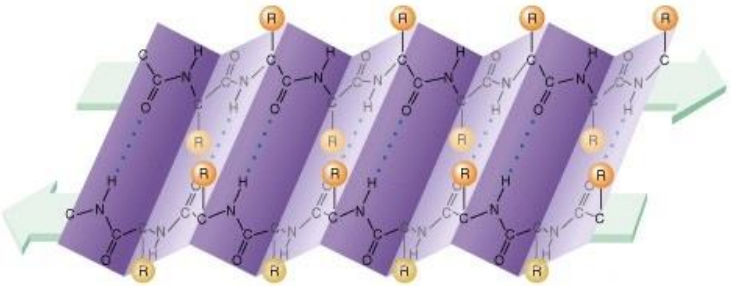


После синтеза полипептида он сразу же сворачивается либо в α —спираль(1), либо β —слой (2). Это **вторичная структура** белка. Такое скручивание происходит за счет образования водородных связей между CO- и NH-группами аминокислотных остатков. Радикалы аминокислотных остатков в образовании вторичной структуры не участвуют.

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова



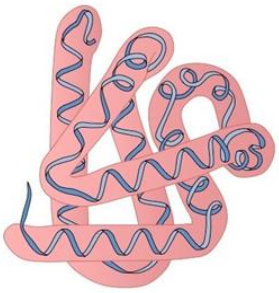
1



2

После этого некоторые белки остаются на втором уровне организации. Другие из-за особенностей строения входящих в них аминокислотных радикалов сворачиваются в глобулу (**глобулярные белки**) или складываются в вытянутые тяжи (**фибриллярные белки,** например, **коллаген** и **кератин**) за счет образования водородных (между полярными аминокислотами), гидрофобных (между неполярными аминокислотами), ионных (между аминокислотами с электрическим зарядом) и дисульфидных связей (между серосодержащими аминокислотами). Это **третичная структура** белка.

Глобулярные и фибриллярные белки

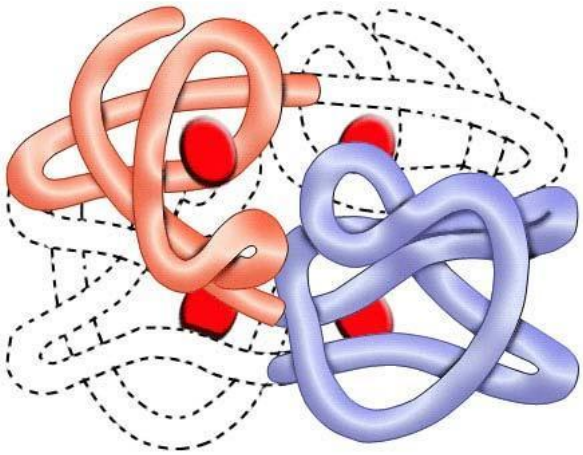


Глобулярный белок

Фибриллярный белок

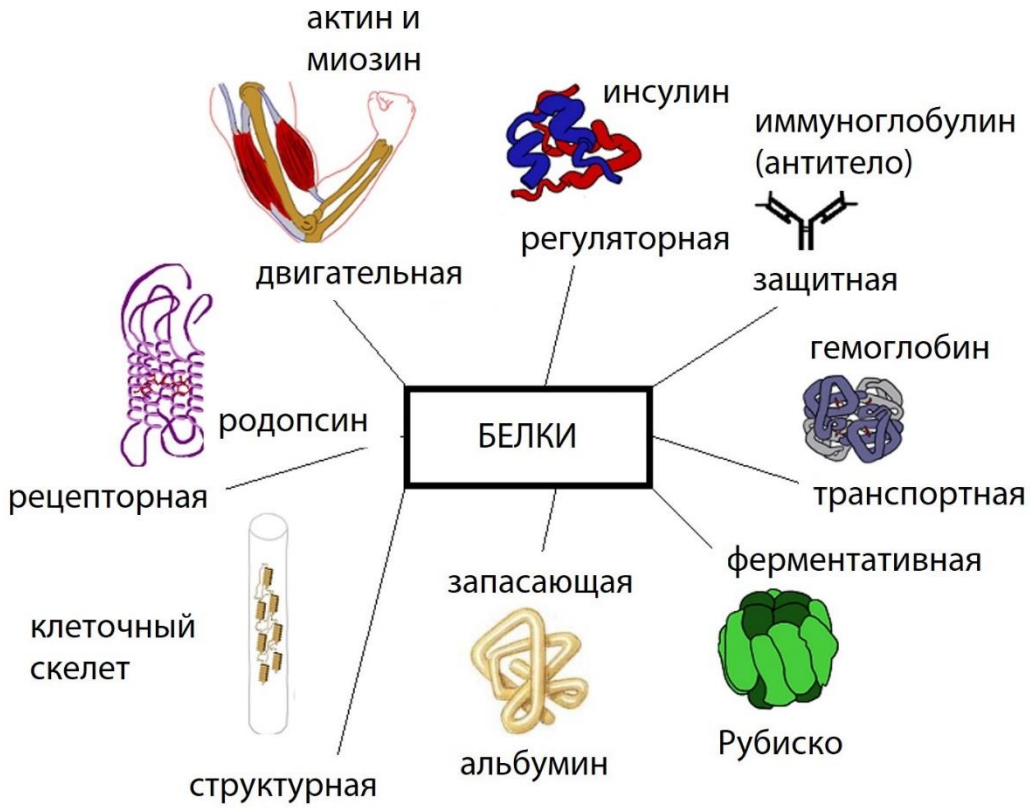
Внутримолекулярные связи	Межмолекулярные связи
Растворим в солевых растворах	**Не**растворим в воде и солевых растворах, набухают при намокании
Ферментативная, защитная, структурная, сигнальная, транспортная функции	Структурная, двигательная функции

Некоторые белки состоят из нескольких таких глобул, которые связываются между собой межмолекулярными взаимодействиями между глобулами. Это **четвертичная структура** белка.



Белок гемоглобин

Функции белков

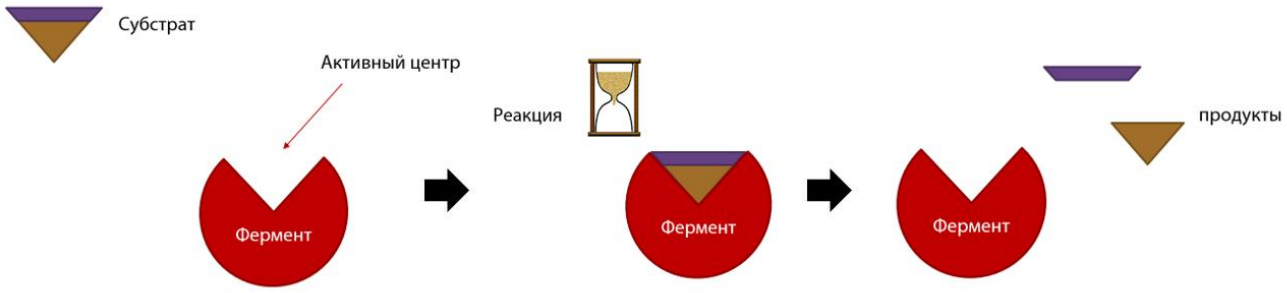


Ферменты - специализированные белки, ускоряющие химические реакции в клетках (биологические катализаторы).

Исходное вещество, преобразуемое ферментом, называют **субстратом**, а образующиеся в результате реакции вещества - **продуктами**. Непосредственно с молекулой субстрата взаимодействует часть молекулы фермента, которая называется **активный центр**.

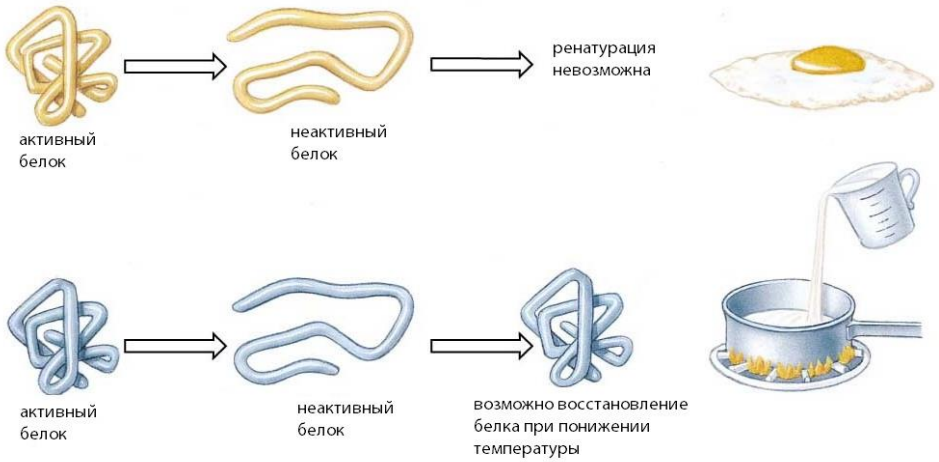
Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

Субстрат присоединяется к активному центру фермента, где происходят его преобразования, после чего продукты реакции покидают активный центр.



Денатурация – изменение структуры и потеря белком его природных свойств. Потеря белком любой из структур, кроме первичной, обратима (белок может восстановиться). Процесс восстановления белком своей нативной структуры называется **ренатурацией**.

Потеря первичной структуры, т.е. разрыв цепочки аминокислот, необратим, в таком случае белок теряет свои свойства.



Условия, приводящие к денатурации белков (факторы денатурации):

1. Высокая температура (от 40 до 60 °С – обратимая денатурация, выше 60 °С – необратимая);
2. Рентгеновское излучение;
3. Ультрафиолетовое излучение;
4. Растворы солей металлов (натрий, калий, кальций, магний – обратимая денатурация, соли тяжёлых металлов – необратимая денатурация);
5. Концентрированные растворы кислот и щелочей;
6. Органические растворители.

Нуклеиновые кислоты. Свойства генетического кода.

Нуклеиновые кислоты — это длинные полимерные цепочки, состоящие из множества мономеров - нуклеотидов.

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

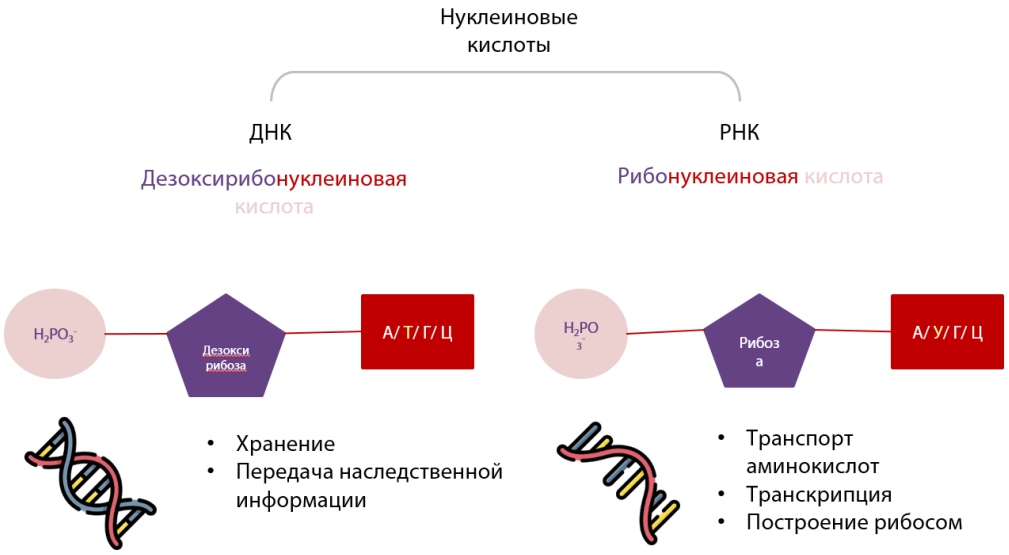
Что представляет собой нуклеотид? Каждый нуклеотид содержит:

1. **Остаток фосфорной кислоты**;
2. Пятиуглеродный **сахар** (дезоксирибозу или рибозу);
3. **Азотистое основание** (одно из четырёх: аденин, гуанин, цитозин, тимин у ДНК, урацил вместо тимина у РНК).

В клетках встречаются **два типа нуклеиновых кислот: ДНК и РНК.**

В состав нуклеотидов ДНК входит сахар дезоксирибоза и азотистые основания аденин, **тимин**, гуанин и цитозин. Молекула ДНК двухцепочечная и закручена в спираль.

В состав нуклеотидов РНК входит сахар рибоза и азотистые основания аденин, **урацил**, гуанин и цитозин. Молекула РНК одноцепочечная, может иметь сложную трёхмерную конфигурацию и состоит из относительно небольшого количества нуклеотидов (по сравнению с ДНК).



Нуклеиновые кислоты выполняют важнейшую биологическую роль в клетке: ДНК является хранителем наследственной информации. С помощью последовательности нуклеотидов ДНК закодированы все белки клетки. А РНК помогают при синтезе этих белков, то есть отвечают за реализацию наследственной информации.

Есть три типа РНК:

1. **Информационная** РНК (иРНК) или матричная РНК (мРНК) переносит информацию о строении белка от ДНК на рибосомы;
2. **Рибосомальная** РНК (рРНК) входит в состав рибосом;
3. **Транспортная** РНК (тРНК) переносит аминокислоты к рибосомам.

Запомните, что все типы РНК синтезируются в ядре на матрице ДНК. Подробнее об этих процессах и о биосинтезе белка будет в теме Метаболизм.

Ирина Коновалова
Маргарита Журавкова

АТФ

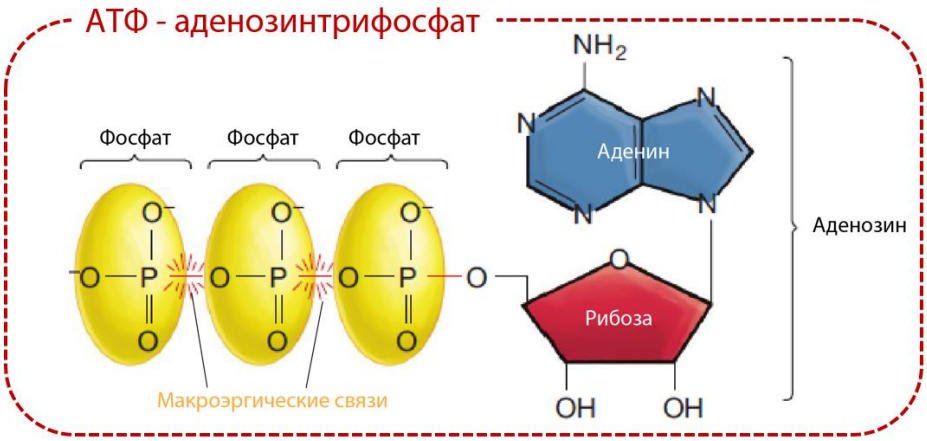
Аденозинтрифосфат (АТФ) является универсальным источником энергии в клетке.

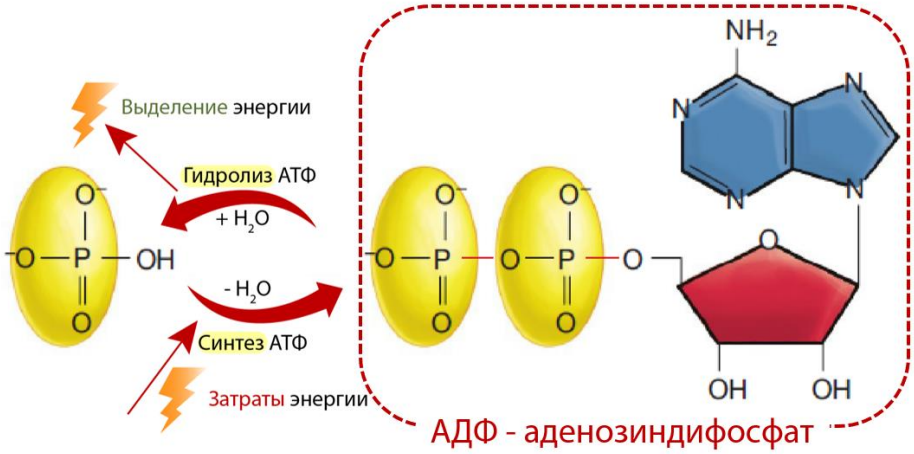
Молекула АТФ включает:

1. **Аденин** – азотистое основание
2. **Рибозу** – пятиуглеродный сахар
3. **3 остатка фосфорной кислоты** – два из них присоединяются друг к другу макроэргическими связями (такими, при разрушении которых высвобождается большое количество энергии).

При гидролизе 1 моль АТФ освобождается более 30 кДж (7,3 ккал) энергии.

Основная функция – поставляет энергию для большинства химических реакций, протекающих в живой клетке, обеспечивая энергией все процессы жизнедеятельности.



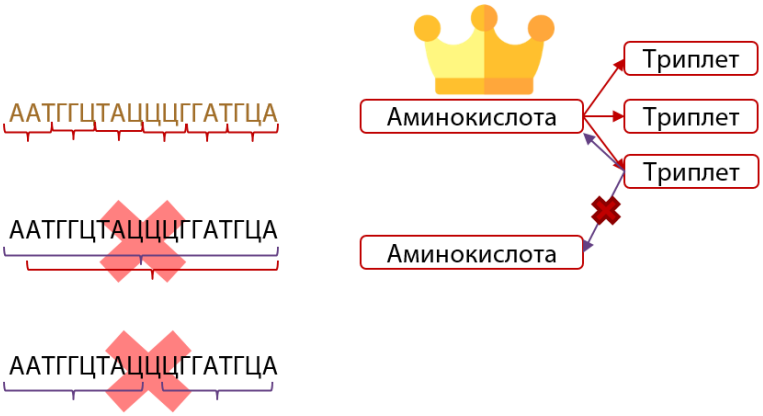


Ирина Коновалова

Маргарита Журавкова

Свойства генетического кода

1. Триплетность
2. Избыточность
3. Специфичность
4. Универсальность
5. Непрерывность
6. Неперекрываемость



Триплет— комбинация из трёх последовательно расположенных нуклеотидов в молекуле нуклеиновой кислоты. Триплеты на иРНК называют **кодонами**, т.к. в них закодирована последовательность расположения аминокислот в белках.

Свойства генетического кода:

1. **Триплетность** – каждой аминокислоте соответствует сочетание из трёх нуклеотидов. Всего таких сочетаний 64; из них 61 кодон смысловой, т.е. соответствует какой-либо из 20 аминокислот, а три кодона –не соответствуют аминокислотам. Когда такой кодон попадает в рибосому, синтез полипептидной цепи прекращается, поэтому их называют стоп-кодоны;
2. **Избыточность** (вырожденность) – аминокислоты кодируются более чем одним кодоном;
3. **Специфичность** (однозначность) – каждый кодон соответствует только одной аминокислоте;
4. **Универсальность** – все организмы, живущие на Земле, имеют один и тот же генетический код, т.е. одинаковые аминокислоты кодируются у разных организмов одними и теми же кодонами;
5. **Непрерывность** – между кодонами нет промежутков;
6. **Неперекрываемость** – конечный нуклеотид одного кодона не может служить началом другого.