



# Биология

---

Лекция 1

Вводная

Неорганические элементы клеток

Органические вещества



# Содержание лекции

---

- Биология как наука. Связь биологии с другими науками: биохимия, биофизика, бионика, геногеография и др. Роль и место биологии в формировании современной научной картины мира. Значение биологических знаний. История биологии. Значение цитологии для развития биологии и познания природы. Методы цитологии: микроскопия, хроматография, электрофорез, метод меченых атомов, дифференциальное центрифугирование, культура клеток
- Разнообразие биосистем. Организация биологических систем. Уровни организации биосистем: молекулярно генетический, органоидно-клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный (биогеоценотический), биосферный. Науки, изучающие биологические объекты на разных уровнях организации жизни. Общая характеристика жизни, свойства живых систем. Процессы, происходящие в биосистемах
- Химический состав клетки. Неорганические вещества клетки, их биологическая роль. Органические вещества клетки. Биологические полимеры. Белки. Структура и функции белковой молекулы. Ферменты, принцип их действия. Углеводы. Биологические функции углеводов. Липиды. Общий план строения. Гидрофильно-гидрофобные свойства. Классификация липидов. Биологические функции липидов. АТФ. Строение молекулы АТФ.

# Введение

- Биология как наука. Наука о живом.
- ~~Связь биологии с другими науками: биохимия (наука о химическом составе живых клеток и организмов, а также о лежащих в основе их жизнедеятельности химических процессах),~~
- Биофизика (раздел биологии, изучающий физические аспекты существования живой природы на всех её уровнях, начиная от молекул и клеток и заканчивая биосферой в целом; наука о физических процессах, протекающих в биологических системах разного уровня организации, и о влиянии на биологические объекты различных физических факторов),
- Бионика (прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги),
- Геногеография (научная дисциплина, изучающая географическое распространение генетических признаков живых организмов, в том числе человека, по различным географическим районам Земли.), и др.
- Роль и место биологии в формировании современной научной картины мира. Значение биологических знаний.
- История биологии.
- Значение цитологии для развития биологии и познания природы.
- Методы цитологии: микроскопия, хроматография (разделение и анализ смесей веществ, а также изучение физико-химических свойств веществ), электрофорез (перемещение частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) в жидкой или газообразной среде под действием внешнего электрического поля), метод меченых атомов (регистрация излучения изотопов, введенных в организм и накопленных в его тканях), дифференциальное центрифугирование, культура клеток

# Далее...

- **Разнообразие биосистем. Бесконечно**
- **Организация биологических систем. Уровни организации биосистем:** молекулярно генетический, органоидно-клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный (биогеоценотический), биосферный.
- **Науки, изучающие биологические объекты на разных уровнях организации жизни:** биология (цитология, генетика), экология
- **Общая характеристика жизни.** Жизнь-макромолекулярная открытая система, которой свойственны иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, обмен веществ, тонко регулируемый поток энергии. Особенности живого (Э. Шредингер и Л. Бауэр и др.): упорядоченность, компактность, системность.
- **Свойства живых систем** (самовоспроизведение, специфичность организации, упорядоченность структуры, целостность и дискретность, рост и развитие, обмен веществ и энергии, наследственность и изменчивость, раздражимость, движение, внутренняя регуляция, специфичность взаимоотношений со средой).
- **Процессы, происходящие в биосистемах** (обмен веществ и превращение энергии; самовоспроизведение, (наследственность и изменчивость); раздражимость и саморегуляция (гомеостаз); саморазвитие (онтогенез и филогенез))

# Связь процессов, происходящих в биосистемах, и различных уровней организации



Процесс – последовательная смена явлений, химических взаимодействий, качественных состояний

# Далее...



---

- Химический состав клетки. Неорганические вещества клетки, их биологическая роль.
- Органические вещества клетки. Биологические полимеры. Белки. Структура и функции белковой молекулы. Ферменты, принцип их действия. Углеводы. Биологические функции углеводов. Липиды. Общий план строения. Гидрофильно-гидрофобные свойства. Классификация липидов. Биологические функции липидов.
- АТФ. Строение молекулы АТФ. Биологические функции АТФ

# Элементы, содержащиеся в живых организмах

- В земной коре встречается около 100 химических элементов, но для жизни необходимы только 16 из них. **Наиболее распространены в живых организмах** (в порядке убывающего числа атомов) четыре элемента: водород, углерод, кислород и азот. На их долю приходится более 99% как массы, так и числа атомов, входящих в состав всех живых организмов.
- Однако в земной коре **первые четыре места по распространённости** занимают кислород, кремний, алюминий и натрий. Биологическое значение водорода, кислорода, азота и углерода связано в основном с их валентностью, равной соответственно 1, 2, 3 и 4, а также с их способностью образовывать более прочные ковалентные связи, нежели связи, образуемые другими элементами той же валентности.
- Главные элементы органических молекул: водород, углерод, азот, кислород, фосфор, сера
- Ионы: натрий  $2+$ , магний  $2+$ , хлор  $-$ , калий  $+$ , кальций  $2+$
- Микроэлементы: марганец, железо, кобальт, медь, цинк

# Важные химические свойства углерода:

- Его атомы сравнительно малы и атомная масса невелика.
- Он способен образовывать четыре прочные ковалентные связи.
- Он образует углерод-углеродные связи, строя таким путем длинные углеродные скелеты молекул в виде цепей и(или) колец.
- Он образует кратные ковалентные связи с другими углеродными атомами, а также с кислородом и азотом.
- Это уникальное сочетание свойств обеспечивает колоссальное разнообразие органических молекул. Разнообразие проявляется в размерах молекул, определяемых их углеродным скелетом, в химических свойствах, которые зависят от присоединенных к скелету элементов и химических групп, а также от степени насыщенности скелета, и, наконец, в различной форме молекул, определяемой геометрией, т. е. углами связей.



# Простые биологические молекулы

Больше всего в организмах содержится **воды** - от 60 до 95% общей массы организма. Во всех организмах также есть некоторые простые органические соединения, играющие роль «строительных блоков» для более крупных молекул:

## *Химические «строительные блоки» органических соединений*

<u><i>Малые молекулы</i></u>	<u><i>Соединения, которые из них синтезируются</i></u>
<i>Аминокислоты</i>	<i>Белки</i>
<i>Сахара (моносахариды)</i>	<i>Полисахариды и нуклеиновые кислоты</i>
<i>Жирные кислоты, глицерол и холин</i>	<i>Липиды</i>
<i>Ароматические азотистые основания</i>	<i>Нуклеиновые кислоты</i>

Таким образом, сравнительно небольшое число видов молекул дает начало всем более крупным молекулам и структурам живых клеток. По мнению биологов, эти немногие виды молекул могли синтезироваться в «первичном бульоне» (т. е. в концентрированном растворе химических веществ) в Мировом океане на ранних этапах существования Земли, еще до появления жизни на нашей планете. Простые молекулы строятся в свою очередь из еще более простых неорганических молекул, а именно - из диоксида углерода, из азота и воды.

# Химические и физические свойства воды

Свойства эти довольно необычны и связаны в основном с малыми размерами молекул воды, с полярностью ее молекул и с их способностью соединяться друг с другом водородными связями.

**Полярность** - неравномерное распределение зарядов в молекуле. У воды один конец молекулы несет небольшой положительный заряд, а другой - отрицательный. Такую молекулу называют **диполем**. Более электроотрицательный атом кислорода притягивает электроны водородных атомов. В результате между молекулами воды возникает электростатическое взаимодействие, а, поскольку противоположные заряды притягиваются, молекулы как бы склонны «склеиваться».

Эти взаимодействия, более слабые, чем обычные ионные связи, называются **водородными связями**.

# Биологическое значение

## ВОДЫ




---

**ВОДА КАК РАСТВОРИТЕЛЬ.** Вода - превосходный растворитель для полярных веществ. К ним относятся ионные соединения, такие, как соли, а также некоторые неионные соединения, например, сахара и простые спирты.

Когда вещество переходит в раствор, его молекулы или ионы получают возможность двигаться более свободно и соответственно его реакционная способность возрастает. По этой причине в клетке большая часть химических реакций протекает в водных растворах.

Присущие воде свойства растворителя означают также, что вода служит средой для транспорта различных веществ. Эту роль она выполняет в крови, в лимфатической и экскреторной системах, в пищеварительном тракте и во флоэме и ксилеме растений.

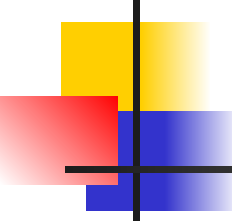
**ВОДА КАК РЕАГЕНТ.** Биологическое значение воды определяется и тем, что она представляет собой один из необходимых метаболитов, т. е. участвует в метаболических реакциях. Вода используется, например, в качестве источника водорода в процессе фотосинтеза, а также участвует в реакциях гидролиза.



**БОЛЬШАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ.** Удельной теплоемкостью воды называют количество теплоты в джоулях, которое необходимо, чтобы поднять температуру 1 кг воды на 1 °С. Вода обладает большой теплоемкостью. Это значит, что существенное увеличение тепловой энергии вызывает лишь сравнительно небольшое повышение ее температуры, потому что значительная часть этой энергии расходуется на разрыв водородных связей, ограничивающих подвижность молекул воды. Вода служит для многих клеток и организмов средой обитания, для которой характерно довольно значительное постоянство условий.

**БОЛЬШАЯ ТЕПЛОТА ИСПАРЕНИЯ.** Скрытая теплота испарения (или относительная скрытая теплота испарения) есть мера количества тепловой энергии, которую необходимо сообщить жидкости для ее перехода в пар, т. е. для преодоления сил молекулярного сцепления в жидкости. Испарение воды требует довольно значительных количеств энергии.

Энергия, необходимая молекулам воды для испарения, черпается извне, т. е., испарение сопровождается охлаждением. Это явление используется у животных при потоотделении, при тепловой одышке у млекопитающих или у некоторых рептилий.



**БОЛЬШАЯ ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕНИЯ.** Скрытая теплота плавления (или относительная скрытая теплота плавления) есть мера тепловой энергии, необходимой для расплавления твердого вещества (в нашем случае льда). Воде для плавления (таяния) необходимо сравнительно большое количество энергии. Справедливо и обратное: при замерзании вода должна отдать большое количество тепловой энергии. Это уменьшает вероятность замерзания содержимого клеток и окружающей их жидкости. Кристаллы льда особенно губительны для живого, когда они образуются внутри клеток.

**ПЛОТНОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ ВОДЫ ВБЛИЗИ ТОЧКИ ЗАМЕРЗАНИЯ.** Плотность воды от + 4 до 0 °С понижается, поэтому лед легче воды и в воде не тонет. **Вода - единственное вещество, обладающее в жидком состоянии большей плотностью, чем в твердом.**

Поскольку лед плавает в воде, он образуется при замерзании сначала на ее поверхности и лишь под конец в придонных слоях. Находясь на поверхности, лед быстрее и тает. То обстоятельство, что слои воды, температура которых упала ниже 4°С, поднимаются вверх, обуславливает перемешивание воды в больших водоемах. Вместе с водой циркулируют и находящиеся в ней питательные вещества.

## БОЛЬШОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ И КОГЕЗИЯ.

Когезия - это сцепление молекул физического тела друг с другом под действием сил притяжения, т.е., способность молекул воды сцепляться друг с другом, и **адгезия** – сцепление с другими веществами (стекло, волокно, бумага). На поверхности жидкости существует поверхностное натяжение-результат действующих между молекулами сил когезии, направленных внутрь. Благодаря поверхностному натяжению жидкость стремится принять такую форму, чтобы площадь ее поверхности была минимальной (в идеале - форму шара).

**ВОДА и ПРОЦЕСС ЭВОЛЮЦИИ.** Одним из главных факторов естественного отбора, влияющих на видообразование, является недостаток воды. Так, есть ограничения, с которыми связано распространение некоторых растений, имеющих подвижные гаметы. Все наземные организмы приспособлены к тому, чтобы добывать и сберегать воду; в крайних своих проявлениях - у ксерофитов, у обитающих в пустыне животных и т. п.



# Некоторые важные биологические функции воды

---

## у всех организмов

- Обеспечивает поддержание *структуры* (высокое содержание воды в протоплазме)
- Служит *растворителем* и средой для диффузии
- *Участвует* в реакциях гидролиза
- Служит средой, в которой происходит *оплодотворение*.
- Обеспечивает *распространение* семян, гамет и личиночных стадий водных организмов, а также семян некоторых наземных растений, например кокосовой пальмы



# Некоторые важные биологические функции воды

---

## у растений

- Обуславливает *осмос* (диффузию воды через полупроницаемые мембраны) и *тургесцентность* (от которых зависит многое: рост (увеличение клеток), поддержание структуры, движения устьиц и т. д.)
- Участвует в *фотосинтезе*
- Обеспечивает *транспирацию*, а также *транспорт* неорганических ионов и органических молекул
- Обеспечивает *прорастание* семян - набухание, разрыв семенной кожуры и дальнейшее развитие





# Некоторые важные биологические функции воды

---

## у ЖИВОТНЫХ

- Обеспечивает *транспорт* веществ
- Обуславливает *осморегуляцию*
- Способствует *охлаждению* тела (потоотделение, тепловая одышка)
- Служит одним из *компонентов смазки*, например в суставах. Несет *опорные функции* (гидростатический скелет) Выполняет *защитную функцию*, например в слезной жидкости и в слизи
- Способствует *миграции* (морские течения)

# Макромолекулы

Из простых органических молекул синтезируются более крупные макромолекулы. **Макромолекула** - это гигантская молекула, построенная из многих повторяющихся единиц; она представляет собой полимер, и звенья, из которых она состоит, называются мономерами.

**Существует три типа макромолекул: полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты.** Мономерами для них служат – соответственно - моносахариды, аминокислоты и нуклеотиды.

**Макромолекулы составляют около 90% сухой массы клеток.**

- Нуклеиновые кислоты и белки могут рассматриваться как «информационные» молекулы, а полисахариды таковыми не являются. Это означает, что в белках и нуклеиновых кислотах важна *последовательность* мономерных звеньев, и в них она варьирует гораздо сильнее, чем в полисахаридах, состав которых ограничивается обычно одним или двумя видами субъединиц.
- Липиды - молекулы, как правило, значительно более мелкие (средняя  $M = 750-2500$ ), но важные тем, что они обычно объединяются друг с другом в значительно более крупные группы молекул.

# Углеводы (сахариды)

Углеводами называют вещества с общей формулой  $C_x(H_2O)_y$ , где  $x$  и  $y$  могут иметь разные значения. Название «углеводы» отражает тот факт, что водород и кислород присутствуют в молекулах этих веществ в том же соотношении, что и в молекуле воды.

**Углеводы подразделяются на три главных класса: моносахариды, дисахариды и полисахариды.**

## Моносахариды

- Моносахариды - это простые сахара. В зависимости от числа атомов углерода в молекуле среди моносахаридов различают
  - триозы (3C),
  - тетрозы (4C),
  - пентозы (5C),
  - гексозы (6C)
  - гептозы (7C).

В природе наиболее часто встречаются пентозы и гексозы.

# Основные функции моносахаридов

- **Триозы**  $C_3H_6O_3$ , например глицеральдегид, дигидроксиацетон

Играют роль промежуточных продуктов в процессе дыхания (см. гликолиз), фотосинтезе и других процессах углеводного обмена

Глицеральдегид → Глицерол → Триацилглицеролы (липиды)

- **Тетрозы**  $C_4H_8O_4$  Встречаются в природе редко. главным образом у бактерий
- **Пентозы**  $C_5H_{10}O_5$ , например рибоза, рибулоза

Участвуют в синтезе нуклеиновых кислот; рибоза входит в состав РНК, дезоксирибоза - в состав ДНК. Участвуют в синтезе некоторых коферментов, например НАД, НАДФ. кофермента А, ФАД и ФМН Участвуют в синтезе АМФ, АДФ и АТФ

Участвуют в синтезе полисахаридов, называемых пентозанами (см. полисахариды). Рibuлозобисфосфат играет роль акцептора  $CO_2$  при фотосинтезе

- **Гексозы**  $C_6H_{12}O_6$ , например глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза

Служат источником энергии, высвобождаемой при окислении в процессе дыхания; глюкоза-обычный дыхательный субстрат и наиболее распространенный моносахарид

Участвуют в синтезе дисахаридов; моносахаридные единицы, связываясь друг с другом, образуют более крупные молекулы; соединения, в молекулу которых входит от 2 до 10 моносахаридов, называются олигосахаридами; среди олигосахаридов наиболее распространены дисахариды, состоящие из двух моносахаридов

# Производные моносахаридов

- **Сахарные спирты** - Например, глицерол, используемый при синтезе липидов. Сахарные спирты служат иногда запасной формой углеводов; такую функцию выполняет, например, маннитол у *Fucus* и в некоторых плодах.
- **Сахарные кислоты** играют важную роль в качестве промежуточных продуктов углеводного обмена. Некоторые из них, например глюкуроновая кислота, входят в состав полисахаридов, из которых состоят смолы, слизи и материал клеточных стенок. Витамин С (аскорбиновая кислота) представляет собой сахарную кислоту - производное гексозы.
- **Дезоксисахара** - Наиболее важное значение имеет дезоксирибоза, образующаяся путем дезоксигенирования рибозы и используемая в синтезе ДНК.
- **Аминосахара** - Пример - глюкозамин, использующийся в синтезе хитина и входящий в состав многих полисахаридов позвоночных. Другой пример - галактозамин, использующийся при образовании хряща.
- Моносахариды важны как источник энергии, а также как строительные блоки для синтеза более крупных молекул. В качестве строительных блоков они особенно пригодны благодаря своей высокой химической активности и большому структурному разнообразию.



# Дисахариды

---

- Дисахариды образуются в результате реакции конденсации между двумя моносахаридами, обычно гексозами. После того как моносахаридные единицы соединятся друг с другом, их называют остатками. Так, мальтоза состоит из двух остатков глюкозы.
- Среди дисахаридов наиболее широко распространены мальтоза, лактоза и сахароза:
- Глюкоза + Глюкоза = **Мальтоза**,
- Глюкоза + Галактоза = **Лактоза**,
- Глюкоза + Фруктоза = **Сахароза**.
- Мальтоза образуется из крахмала в процессе его переваривания (например, в организме животных или при прорастании семян) под действием ферментов, называемых амилазами. Расщепление мальтозы до глюкозы происходит под действием фермента, называемого мальтозой.
- Лактоза, или молочный сахар, содержится только в молоке.
- Сахароза, или тростниковый сахар, наиболее распространена в растениях. Здесь она в больших количествах транспортируется по флоэме. Иногда она откладывается в качестве запасного питательного вещества, так как метаболически она довольно инертна. Промышленным способом сахарозу получают из сахарного тростника или из сахарной свеклы; именно она и есть тот самый «сахар», который мы обычно покупаем в магазине.



# Полисахариды

---

- Эти соединения играют главным образом роль резерва пищи и энергии (например, крахмал и гликоген), а также используются в качестве строительных материалов (например, целлюлоза).
- Полисахариды удобны в качестве запасных веществ по ряду причин: большие размеры молекул делают их практически нерастворимыми в воде и, следовательно, они не оказывают на клетку ни осмотического, ни химического влияния; их цепи могут компактно свертываться; при необходимости они легко могут быть превращены в сахара путем гидролиза.
- Полисахариды, как уже было сказано, это полимеры моносахаридов. Полимеры пентоз называются пентозанами, а полимеры гексоз - гексозанами. Полимеры, построенные из остатков глюкозы - глюкозаны.

## ■ *Крахмал*

Крахмал - полимер глюкозы. У растений крахмал служит главным запасом «горючего», но его не бывает у животных, у которых его функцию выполняет гликоген. Крахмал запасается в клетках в виде крахмальных зерен. Их можно видеть в первую очередь в хлоропластах листьев, а также в органах, где запасаются питательные вещества, например в клубнях картофеля или в семенах злаков и бобовых. Крахмальные зерна имеют слоистую структуру и у разных видов растений различаются как по форме, так и по размерам.

## ■ *Гликоген*

Гликоген - это эквивалент крахмала, синтезируемый в животном организме, т. е. это тоже резервный полисахарид, построенный из остатков глюкозы; встречается гликоген и в клетках многих грибов. У позвоночных гликоген содержится, главным образом, в печени и в мышцах, иными словами, в местах высокой метаболической активности, где он служит источником глюкозы, используемой в процессе дыхания. В клетках гликоген отлагается в виде крошечных гранул, которые обычно бывают связаны с гладким эндоплазматическим ретикулулом.



- **Целлюлоза** также представляет собой полимер глюкозы.

В целлюлозе заключено около 50% углерода, находящегося в растениях. По общей массе целлюлоза на Земле занимает первое место среди всех органических соединений. Практически всю целлюлозу поставляют растения, хотя она встречается также у некоторых низших беспозвоночных и у одного класса грибов (у оомицетов). Целлюлозы так много на Земле потому, что у всех растений из нее построены клеточные стенки: в среднем 20-40% материала клеточной стенки - целлюлоза.

Помимо того что целлюлоза является одним из структурных компонентов растительных клеточных стенок, она служит также и пищей для некоторых животных, бактерий и грибов.

Промышленное значение целлюлозы огромно. Из нее изготавливают, в частности, хлопчатобумажные ткани и бумагу.

- **Каллоза**

Каллоза - аморфный полимер глюкозы, встречающийся в разных частях растительного организма и часто образующийся в нем при повреждении или неблагоприятном воздействии. Особенно важную роль играет каллоза в ситовидных трубках флоэмы.

- **Инулин**

Этот полисахарид необычен в том отношении, что он представляет собой полимер фруктозы. Инулин играет роль резервного вещества главным образом в корнях и клубнях растений сем. Compositae, например у георгинов (*Dahlia*).

### Соединения, близкие к полисахаридам

- **Хитин**

По своей структуре и функции хитин очень близок к целлюлозе; это тоже структурный полисахарид. Хитин встречается у некоторых грибов, где он играет в клеточных стенках опорную роль благодаря своей волокнистой структуре, а также у некоторых групп животных (особенно у членистоногих) в качестве важного компонента их наружного скелета.

- **Гликопротеины и гликолипиды**

Гликопротеины и гликолипиды - это важные биологические соединения, содержащие ту или иную полисахаридную единицу, выполняющие многообразные функции.



# Липиды

---

- Липиды - это нерастворимые в воде органические вещества, которые можно извлечь из клеток органическими растворителями эфиром, хлороформом и бензолом.
- Настоящие липиды - это сложные эфиры жирных кислот и какого-либо спирта.
- Сложным эфиром называется продукт реакции между кислотой и спиртом:

«Этерификация»

Кислота + Спирт      →      Сложный эфир + Вода



# Компоненты липидов

---

- *Жирные кислоты*

Жирные кислоты содержат в своей молекуле кислотную группу  $\text{-COOH}$  (карбоксильную группу). «Жирными» их называют потому, что некоторые высокомолекулярные члены этой группы входят состав жиров.

Общая формула жирных кислот имеет вид  $\text{R} - \text{COOH}$ . В липидах радикал  $\text{R}$  представлен обычно длинной цепью углеродных атомов. Углеводородные хвосты гидрофобны.

Жирные кислоты и липиды, в молекулах которых нет двойных связей, называются **насыщенными**.

Иногда в жирных кислотах имеются одна или несколько двойных связей ( $\text{C}=\text{C}$ ) (например, в олеиновой кислоте). В этом случае жирные кислоты, а также содержащие их липиды называют **ненасыщенными**.

# Свойства и функции триацилглицеролов



- Триацилглицеролы - самые распространенные из липидов, встречающихся в природе. Их принято делить на **жиры и масла** в зависимости от того, остаются ли они твердыми при 20 °С (жиры) или имеют при этой температуре жидкую консистенцию (масла). Температура плавления липида тем выше, чем выше в нем доля ненасыщенных жирных кислот.
- Триацилглицеролы неполярны и вследствие этого практически нерастворимы в воде. Их плотность ниже, чем у воды, поэтому в воде они всплывают.

# Свойства и функции триацилглицеролов



В организме животных, впадающих в спячку, накапливается перед этим избыточный жир. У позвоночных жир отлагается еще и под кожей - в так называемой подкожной клетчатке, где он служит для теплоизоляции. Особенно выражен подкожный жировой слой у млекопитающих, живущих в холодном климате, и в первую очередь у водных млекопитающих, например у китов («китовый жир»), у которых он играет еще и другую роль - способствует плавучести.

В растениях обычно накапливаются масла, а не жиры. Семена, плоды и хлоропласты часто весьма богаты маслами, а некоторые семена, как, например, семена кокосовой пальмы, клещевины, сои или подсолнечника, служат сырьем для получения масла промышленным способом. Одним из продуктов окисления жиров является вода. Эта метаболическая вода очень важна для некоторых обитателей пустыни, в частности для кенгуровой крысы; жир, запасаемый в ее организме, используется именно для этой цели.



# Функции различных липидов, не относящихся к жирам или маслам

---

- **Воска.** Используются у растений и животных главным образом в качестве водоотталкивающего покрытия: образуют дополнительный защитный слой на кутикуле эпидермиса некоторых органов растений, например листьев, плодов и семян (в основном у ксерофитов); покрывают кожу, шерсть и перья; входят в состав наружного скелета насекомых (см. хитин). Из воска пчелы строят соты
- **Фосфолипиды** Компоненты мембран
- **Стероиды** Желчные кислоты, например холевая кислота. Входят в состав желчи. Соли желчных кислот способствуют эмульгированию и солюбилизации липидов в процессе переваривания
- Половые гормоны, например эстроген, прогестерон, тестостерон
- Холестерол (у растений отсутствует)
- Витамин D - при его недостатке развивается рахит
- Сердечные гликозиды, например гликозиды наперстянки, применяемые при сердечных заболеваниях
- Адренокортикотропные гормоны (кортикостероиды), например альдостерон, кортикостерон, кортизон
- **Терпены** Вещества, от которых зависит аромат эфирных масел растений, например ментол у мяты, камфора
- Гиббереллины - ростовые вещества растений
- Фитол, входящий в состав хлорофилла и витамин К
- Холестерол - производное терпенов с 6 изопреновыми единицами
- Каротиноиды - фотосинтетические пигменты
- Натуральный каучук - линейный полимер изопрена
- **Липопротеины** Из липопротеинов состоят мембраны. В форме липопротеинов переносятся с кровью и лимфой липиды, т.е. липопротеины - это транспортная форма липидов.
- **Гликолипиды** Компоненты клеточных мембран, особенно в миелиновой оболочке нервных волокон и на поверхности нервных клеток, а также компоненты мембран хлоропластов



# Аминокислоты

---

В клетках и тканях встречается свыше 170 различных аминокислот. В составе белков обнаруживаются лишь 26 из них; обычными же компонентами белка можно считать лишь 20 аминокислот.

Растения синтезируют все необходимые им аминокислоты из более простых веществ. В отличие от них животные не могут синтезировать все аминокислоты, в которых они нуждаются; часть из них они должны получать в готовом виде, т. е. с пищей. Эти последние принято называть незаменимыми аминокислотами. «Незаменимые» вовсе не означает, что эти аминокислоты в качестве компонентов животных белков в чем-то важнее остальных. «Незаменимы» они лишь в том смысле, что организм животного не способен их синтезировать.

- **Редкие аминокислоты** образуются путем модификации соответствующих исходных аминокислот уже после того, как эти последние включатся в полипептидную цепь.
- ***Аминокислоты, которые не входят в состав белков***

Таких кислот известно свыше 150. Они встречаются в клетках в свободном или связанном виде, но никогда не обнаруживаются в составе белков. Так,  $\gamma$ -аминомасляную кислоту можно обнаружить только в нервной ткани. Она выполняет функцию ингибитора нейромедиаторов и играет важную роль в центральной нервной системе.



# СВЯЗИ

---

Аминокислоты способны образовывать ряд химических связей с различными реакционноспособными группами, что крайне важно для структуры и функции белков.

## ■ Пептидная связь

Эта связь образуется в результате выделения молекулы воды при взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой. Реакция, идущая с выделением воды, называется реакцией конденсации, а возникающая ковалентная азот-углеродная связь - пептидной связью. Соединение, образующееся в результате конденсации двух аминокислот, представляет собой дипептид. На одном конце его молекулы находится свободная аминогруппа, а на другом - свободная карбоксильная группа. Благодаря этому дипептид может присоединять к себе другие аминокислоты. Если таким образом соединяется много аминокислот, то образуется полипептид.

## ■ Ионная связь

При подходящем значении pH ионизированная аминогруппа может взаимодействовать с ионизированной карбоксильной группой, в результате чего возникает ионная связь. В водной среде ионные связи значительно слабее ковалентных; они могут разрываться при изменении pH среды.





# СВЯЗИ

---

- **Дисульфидная связь**

Когда соединяются две молекулы цистеина, их –SH-группы, оказавшиеся по соседству, окисляются и образуют дисульфидную связь. Дисульфидные связи могут возникать как между разными полипептидными цепями, так и между различными участками одной и той же полипептидной цепи. Это обстоятельство играет важную роль в белковой структуре.

- **Водородная связь**

Электроположительные водородные атомы, соединенные с кислородом или азотом в группах –ОН или –NH, стремятся обобществить электроны с находящимся по соседству электроотрицательным атомом кислорода, например с кислородом группы =СО. Образующаяся в результате этого водородная связь слаба, но такие связи возникают очень часто, так что общий их вклад в стабильность молекулярной структуры (например, структуры шелка) весьма значителен.



# Белки

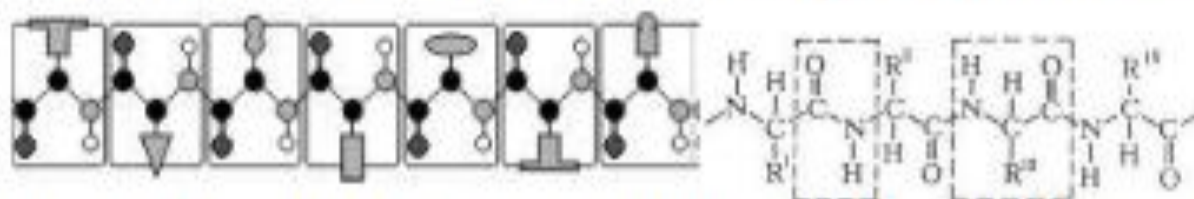
---

Пространственная организация белковых молекул. Выполнение белками определенных специфических функций зависит от их **конформации** — пространственной конфигурации молекулы белка.

Клетке энергетически невыгодно держать белки в развернутой форме — в виде цепочки, поэтому полипептидные цепи подвергаются укладке, приобретая определенную трехмерную структуру, или **конформацию**.

## Уровни пространственной организации белков. Первичная структура белка

- Первичная структура белка – линейная цепь аминокислот, расположенных в определенной последовательности и соединенных между собой пептидными связями.



- Каждый индивидуальный белок имеет уникальную первичную структуру. Замена всего лишь одной аминокислоты на другую в полипептидной цепочке приводит к изменению свойств и функций белка.
- Например, замена в  $\beta$ -субъединице гемоглобина шестой глутаминовой аминокислоты на валин приводит к тому, что молекула гемоглобина в целом не может выполнять свою основную функцию – транспорт кислорода; в таких случаях у человека развивается заболевание – серповидноклеточная анемия.

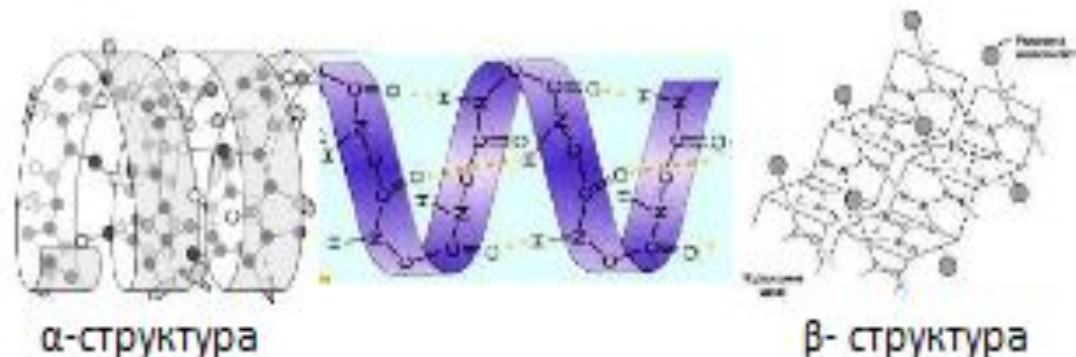
# Вторичная структура белка

Вторичная структура – упорядоченно уложенная полипептидная цепь в  $\alpha$ -спираль ( $\alpha$ -структура – имеет вид растянутой пружины) или  $\beta$ -складчатый слой ( $\beta$ -структура – имеет вид листа, сложенного в гармошку).

Витки спирали укрепляются водородными связями, возникающими между карбоксильными группами и аминогруппами. Практически все CO– и NH– группы принимают участие в образовании водородных связей.

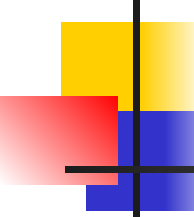
Они слабее пептидных, но, повторяясь многократно, придают данной конфигурации устойчивость и прочность.

На уровне вторичной структуры существуют белки: фиброин (шелк, паутина), кератин (волосы, ногти), коллаген (сухожилия).

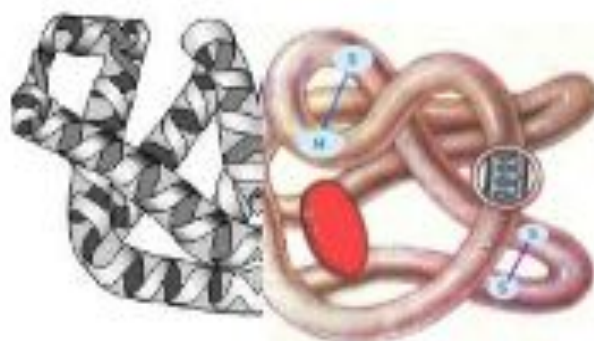




# Третичная структура

- 
- Третичная структура – многократно свернутая полипептидная цепь в виде  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -складчатого слоя в трехмерное образование – глобулу (имеет вид клубка).
  - Формируется в результате возникновения химических связей (водородных, ионных, дисульфидных) и установления гидрофобных взаимодействий между радикалами аминокислот.
  - Основную роль в образовании третичной структуры играют гидрофильно-гидрофобные взаимодействия.
  - В водных растворах гидрофобные радикалы стремятся спрятаться от воды, группируясь внутри глобулы, в то время как гидрофильные радикалы в результате гидратации (взаимодействия с диполями воды) стремятся оказаться на поверхности молекулы.

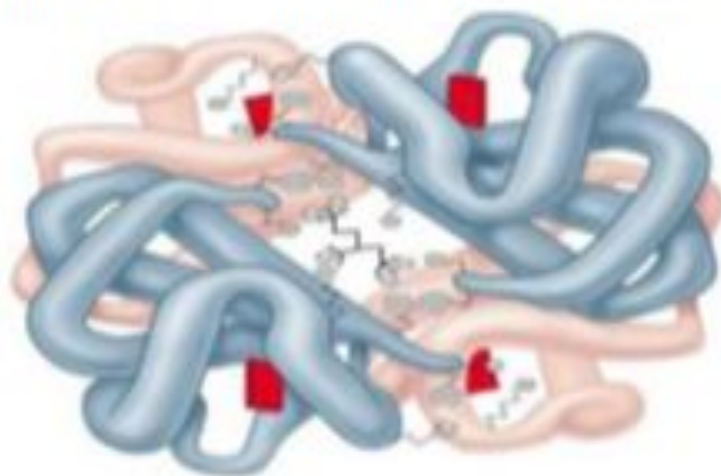
# Третичная структура белка



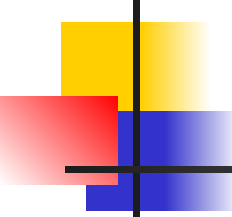
- У некоторых белков третичная структура стабилизируется дисульфидными ковалентными связями, возникающими между атомами серы двух остатков цистеина.
- На уровне третичной структуры существуют ферменты, антитела, некоторые гормоны.

# Четвертичная структура белка

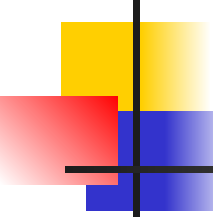
Четвертичная структура – сложный комплекс нескольких (двух, трех и более) молекул белка, обладающих третичной структурной организацией. Характерна не для всех белков. Такой комплекс также рассматривается как белок, состоящий из нескольких субъединиц.

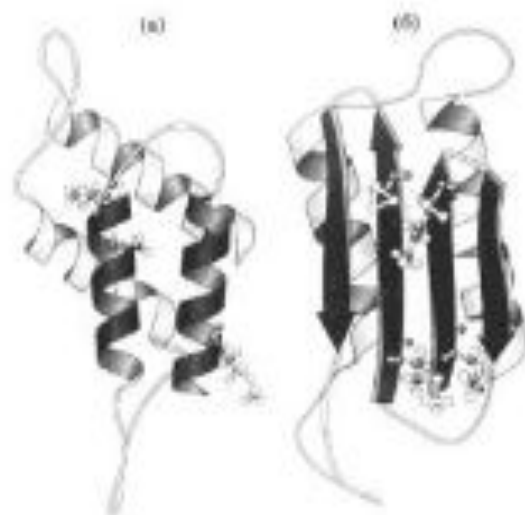




- 
- Субъединицы удерживаются в молекуле благодаря ионным, гидрофобным и электростатическим взаимодействиям.
  - Иногда при образовании четвертичной структуры между субъединицами возникают дисульфидные связи.
  - Наиболее изученным белком, имеющим четвертичную структуру, является *гемоглобин*. Его молекула состоит из четырех связанных между собой молекул.
  - Другим примером может служить гормон поджелудочной железы – *инсулин*, включающий две субъединицы.
  - В состав четвертичной структуры некоторых белков включаются помимо белковых субъединиц и разнообразные небелковые компоненты.
  - Тот же гемоглобин содержит сложное гетероциклическое соединение, в состав которого входит железо (гем).



- 
- Если по каким-либо причинам пространственная конформация белков отклоняется от нормальной, белок не может выполнять свои функции.
  - Например, причиной «коровьего бешенства» (губкообразной энцефалопатии) является аномальная конформация прионов – поверхностных белков нервных клеток.



- Молекула белка-приона в норме (а) и аномальная (б)

# Свойства белков

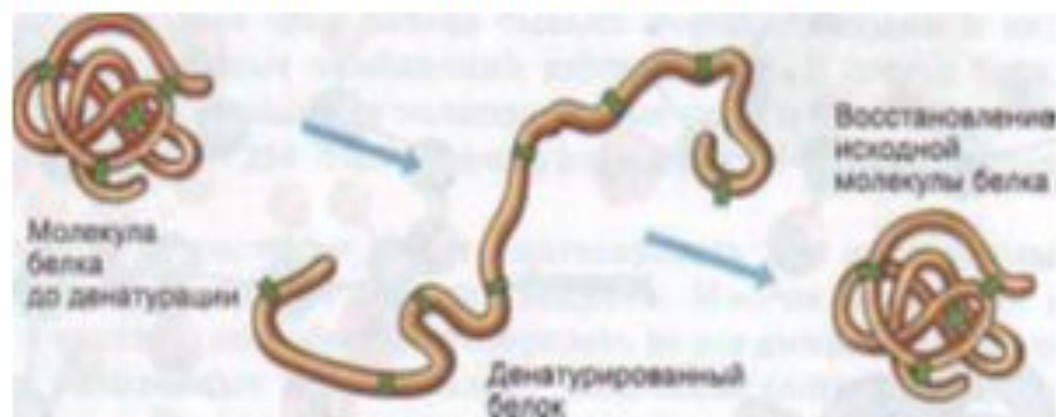
- 
- Белки, как и другие неорганические и органические соединения, обладают рядом физико-химических свойств, вытекающих из их структурной организации. Это во многом обуславливает функциональную активность каждой молекулы:
  - **Амфотерность.** Белки сочетают в себе основные и кислотные свойства, определяемые радикалами аминокислот: чем больше кислых аминокислот в белке, тем ярче выражены его кислотные свойства, и наоборот.
  - **Буферность.** Способность отдавать и присоединять  $H^+$  определяют буферные свойства белков. В кислой среде белки проявляют слабощелочные свойства и нейтрализуют кислоты. В щелочной среде они реагируют как слабые кислоты. Один из самых мощных буферов – гемоглобин в эритроцитах, поддерживающий рН крови на постоянном уровне.
  - **Химическая активность.** Есть белки в химическом отношении *активные* (ферменты) и химически *неактивные*.
  - **Термолабильность.** Белки термолабильны, т.е. проявляют свою активность в узких температурных рамках.



- 
- **Растворимость в воде.** Есть белки растворимые (глобулярные белки, например, фибриноген) и нерастворимые, выполняющие механические функции (фибриллярные белки: фиброин, кератин, коллаген). Белки – преимущественно водорастворимые молекулы и, следовательно, могут проявлять свою функциональную активность только в водных растворах.
  - **Устойчивость.** Белки делят на устойчивые к воздействию различных условий внешней среды и крайне неустойчивые. Внешние факторы (действие повышенной температуры, ультрафиолетовое излучение, тяжелые металлы и их соли, изменение рН, радиация, обезвоживание и др.) могут вызывать разрушение структурной организации белков.

# Денатурация белка

- Утрата белковой молекулой своей структурной организации называется **денатурацией**. Причиной денатурации является разрыв связей, стабилизирующих определенную структуру белка.
- Первоначально рвутся наиболее слабые связи, а при ужесточении условий и более сильные. Поэтому вначале разрушается самая слабая структура – четвертичная, затем третичная, вторичная и при более жестких условиях – первичная.
- Изменение пространственной конфигурации приводит к изменению свойств белка и, как следствие, делает невозможным выполнение белком свойственных ему биологических функций.

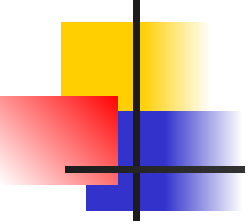




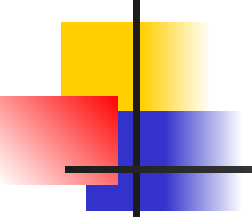
# Ренатурация

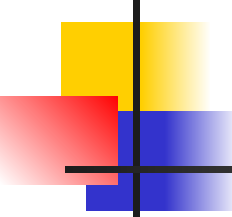
- Если изменение условий среды не приводит к разрушению первичной структуры молекулы, то при восстановлении нормальных условий среды полностью воссоздается структура белка и его функциональная активность.
- Например, такому процессу подвергаются рецепторные белки мембраны.
- *Процесс восстановления структуры белка после денатурации называется ренатурацией.*
- Это свойство белков полностью восстанавливать утраченную структуру широко используется в медицинской и пищевой промышленности для приготовления некоторых медицинских препаратов, например, антибиотиков, вакцин, сывороток, ферментов; для получения пищевых концентратов, сохраняющих длительное время в высушенном виде свои питательные свойства.

# ФУНКЦИИ БЕЛКОВ:

- 
- **Структурная (строительная)** - Белки участвуют в образовании клеточных и внеклеточных структур: входят в состав клеточных мембран (липопротеины, гликопротеины), волос (кератин), сухожилий (коллаген) и т.д.
  - **Регуляторная** - Гормоны белковой природы принимают участие в регуляции процессов обмена веществ. Например, гормон инсулин регулирует уровень глюкозы в крови, способствует синтезу гликогена, увеличивает образование жиров из углеводов.
  - **Двигательная** - Особые сократительные белки обеспечивают все виды движения клеток и организма в целом. Например, сократительные белки актин и миозин обеспечивают сокращение мышц у многоклеточных животных.

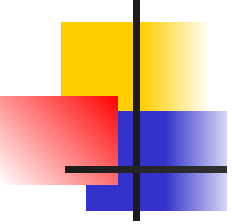


- 
- **Защитная** - В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (антигенов) образуются особые белки – антитела, способные связывать и обезвреживать их; интерфероны – универсальные противовирусные белки. Фибрин, образующийся из фибриногена, способствует остановке кровотечений. Многие живые существа для защиты выделяют белки – токсины, которые в большинстве случаев являются ядами. Некоторые организмы вырабатывают антитоксины, подавляющие действие этих ядов.
  - **Сигнальная** - В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою структуру в ответ на действие факторов внешней среды, таким образом, осуществляя прием сигналов из внешней среды и передачу команд в клетку.
  - **Каталитическая** - Обеспечивается белками-катализаторами – ферментами, которые ускоряют биохимические реакции, происходящие в клетках. Например, рибулезобифосфаткарбоксилаза катализирует фиксацию CO<sub>2</sub> при фотосинтезе.

- 
- **Транспортная** - Белок крови гемоглобин присоединяет кислород и транспортирует его от легких ко всем тканям и органам, а от них в легкие переносит углекислый газ; в состав клеточных мембран входят особые белки, которые обеспечивают активный и строго избирательный перенос некоторых веществ и ионов из клетки во внешнюю среду и обратно
  - **Запасающая** - В организме животных белки, как правило, не запасаются, исключение: альбумин яиц, казеин молока. Но благодаря белкам в организме могут откладываться про запас некоторые вещества, например, при распаде гемоглобина железо не выводится из организма, а сохраняется, образуя комплекс с белком ферритином.
  - **Энергетическая** - При расщеплении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж. Сначала белки распадаются до аминокислот, а затем до конечных продуктов – воды, углекислого газа и аммиака. Однако в качестве источника энергии белки используются только тогда, когда другие источники (углеводы и жиры) израсходованы. Аминокислоты, высвобождающиеся при расщеплении белковых молекул, используются для построения новых белков.



# Ферменты



**Ферменты** – это белковые молекулы, которые синтезируются живыми клетками. В каждой клетке насчитывается более сотни различных ферментов. С помощью ферментов химические реакции идут с высокой скоростью, при температуре, подходящей для данного организма.

Т.о., **ферменты** – это биологические катализаторы, которые облегчают протекание химической реакции и за счет этого увеличивают её скорость. Как катализаторы они не изменяют направление реакции и не расходуются в процессе реакции.

**Ферменты-биокатализаторы** – вещества, увеличивающие скорость химических реакций.

- Все ферменты – глобулярные белки с третичной или четвертичной структурой. Ферменты могут быть простыми, состоящими только из белка, и сложными.
- Сложные ферменты состоят из белковой и небелковой части (белковая часть – апофермент, а добавочная небелковая – кофермент). В качестве кофермента могут выступать витамины – Е, К, В групп:





# Механизм действия ферментов:

Фермент взаимодействует с субстратом и образует короткоживущий **фермент-субстратный комплекс**. По завершении реакции фермент-субстратный комплекс распадается на продукты и фермент. **Фермент в итоге не изменяется**: по окончании реакции он остается таким же, каким был до неё, и может теперь взаимодействовать с новой молекулой субстрата.



Две аминокислоты взаимодействуют между собой в активном центре фермента, между ними образуется пептидная связь. Новое вещество (дипептид) покидает активный центр фермента, поскольку оно по своей структуре не соответствует этому центру

## Гипотеза «Ключ-замок» Э. Г. Фишера

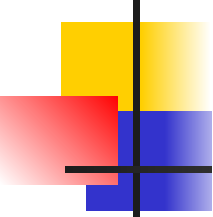
- В 1890 году Э. Г. Фишер предлагает гипотезу «ключа и замка», где ключ сравнивается с субстратом, а замок – с ферментом. **Гипотеза гласит:** субстрат подходит к ферменту, как ключ подходит к замку. Избирательность действия фермента связана со строением его активного центра

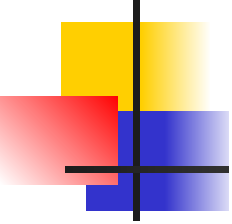


Э.Г. Фишер

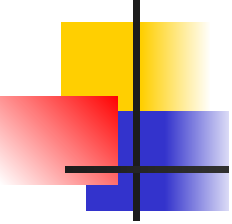




- 
- В первую очередь, на активность фермента влияет температура. С повышением температуры скорость химической реакции возрастает. Увеличивается скорость молекул, у них появляется больше шансов столкнуться друг с другом.
  - За пределами оптимальной температуры скорость реакции снижается вследствие денатурации белков. Когда температура снижается, скорость химической реакции тоже падает. В тот момент, когда температура достигает точки замерзания, фермент инактивируется, но при этом не денатурирует.
  - Для длительного хранения продуктов широко используют способ быстрого замораживания. Оно останавливает рост и развитие микроорганизмов, а также инактивирует ферменты, находящиеся внутри микроорганизмов, и предотвращает разложение продуктов питания.
  - Кроме этого, активность ферментов зависит ещё от pH среды (кислотности – то есть показателя концентрации ионов водорода).
  - В большинстве случаев, ферменты работают при нейтральном pH, т. е. при pH около 7. Но существуют ферменты, которые работают либо в кислой и сильнокислой, либо в щелочной и сильнощелочной среде. Например, один из таких ферментов – пепсин, он находится у нас с вами в желудке, работает в сильнокислой среде и расщепляет белки.
  - Ферменты подвержены действию активаторов и ингибиторов. Некоторые ионы, например, ионы металлов Mg, Mn, Zn активируют ферменты. Другие же ионы (к ним относятся ионы тяжелых металлов, а именно Hg, Pb, Cd), наоборот, подавляют активность ферментов, денатурируют их белки

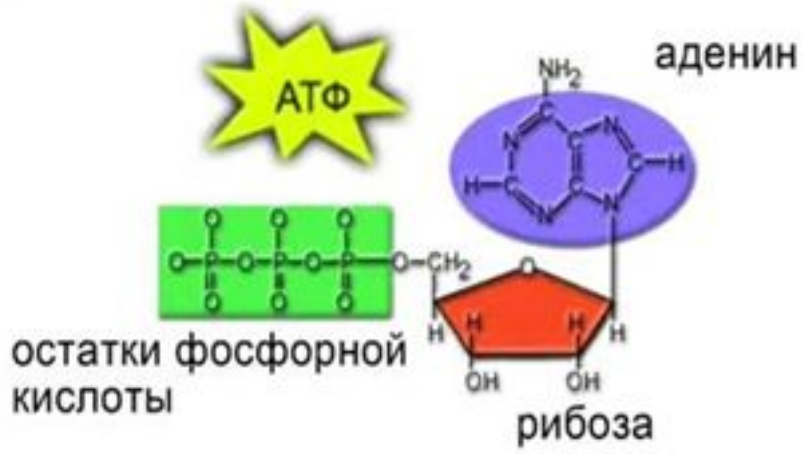
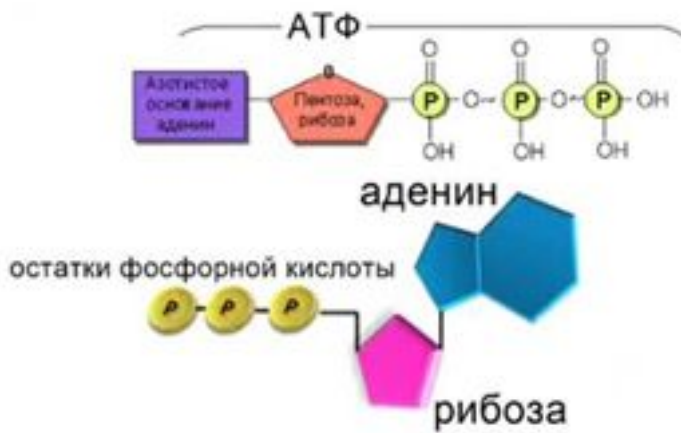
- 
- Ферменты сейчас принято именовать с помощью рабочих названий, состоящих из названия субстрата, на который действует фермент, и окончания «аза».
  - Например, если вещество — лактоза, то есть молочный сахар, то лактаза — это фермент который его преобразует. Если сахароза (обыкновенный сахар), то фермент, который его расщепляет, — сахараза. Соответственно, ферменты, которые расщепляют протеины, носят название протеиназы.
  - Ферменты групп **амилаз, протеаз и липаз** применяются в медицине. Они расщепляют крахмал, белки и жиры. Все эти ферменты, как правило, входят в состав комбинированных препаратов, таких как фестал и панзинорм, и используются, в первую очередь, для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта
  - Такие ферменты как **амилаза** расщепляют крахмал и поэтому широко используются в пищевой промышленности. В пищевой промышленности используется протеиназа, расщепляющая белки, и липазы, расщепляющие жиры. Ферменты амилазы используются в хлебопечении, виноделии и пивоварении.
  - **Протеазы** используются для смягчения мяса и при изготовлении готовых каш.
  - **Липазы** используются в производстве сыра.
  - Ферменты широко используются в косметической промышленности, входят в состав кремов, некоторые ферменты входят в состав стиральных порошков.



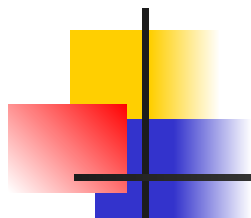


## Структура и функции АТФ

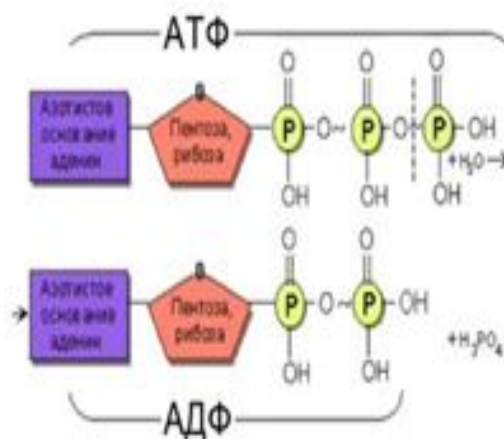
- Нуклеиновые кислоты состоят из нуклеотидов. В клетке нуклеотиды могут находиться в связанном состоянии или в свободном состоянии. В свободном состоянии они выполняют ряд важных для жизнедеятельности организма функций.
- К таким свободным нуклеотидам относится молекула АТФ или аденозинтрифосфорная кислота (аденозинтрифосфат). Как и все нуклеотиды, АТФ состоит из пятиуглеродного сахара – рибозы, азотистого основания – аденина, и, в отличие от нуклеотидов ДНК и РНК, трех остатков фосфорной кислоты

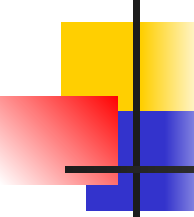






- Важнейшая функция АТФ состоит в том, что она является универсальным хранителем и переносчиком энергии в клетке.
- Все биохимические реакции в клетке, которые требуют затрат энергии, в качестве ее источника используют АТФ.
- При отделении одного остатка фосфорной кислоты, АТФ переходит в АДФ (аденозиндифосфат). Если отделяется ещё один остаток фосфорной кислоты (что случается в особых случаях), АДФ переходит в АМФ (аденозинмонофосфат)



- 
- При отделении второго и третьего остатков фосфорной кислоты освобождается большое количество энергии, до 40 кДж. Именно поэтому связь между этими остатками фосфорной кислоты называют макроэргической и обозначают соответственным символом.
  - При гидролизе обычной связи выделяется (или поглощается) небольшое количество энергии, а при гидролизе макроэргической связи выделяется намного больше энергии (40 кДж). Связь между рибозой и первым остатком фосфорной кислоты не является макроэргической, при её гидролизе выделяется всего 14 кДж энергии.
  - Макроэргические соединения могут образовываться и на основе других нуклеотидов, например ГФ (гуанозинтрифосфат) используется как источник энергии в биосинтезе белка, принимает участие в реакциях передачи сигнала, является субстратом для синтеза РНК в процессе транскрипции, но именно АТФ является наиболее распространенным и универсальным источником энергии в клетке.
  - АТФ содержится как в цитоплазме, так и в ядре, митохондриях и хлоропластах