

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Российский государственный профессионально-педагогический  
университет**

**А.С.Розенфельд**

**ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**Учебное пособие**

**Екатеринбург  
2004**

УДК 557.121.7 (075.8)

ББК 28.072 Я 73

Р 64

**Розенфельд А.С.** Основы биологической химии: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос.проф.-пед. ун-та, 2004. 40 с.

Задача предлагаемого пособия состоит в том, чтобы дать читателю представление о биохимической науке и ее содержании, познакомить с химическим составом тканей и биохимическими реакциями, протекающими в организме человека.

Пособие предназначено для студентов педагогических и психологических специальностей, изучающих биохимию.

Рецензенты: доктор педагогических наук, профессор В.И.Прокопенко (Уральский государственный педагогический университет); кандидат педагогических наук, доцент Т.А.Бобылева (Российский государственный профессионально-педагогический университет).

© Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2004

© Розенфельд А.С., 2004

## Введение

Необычайно богат и разнообразен мир живых существ, населяющих Землю. Они отличаются друг от друга не только величиной, формой, цветом, условиями существования, но и сложностью строения [1, 4].

Возникшие многие миллионы лет назад из неживой природы первые живые существа – бесформенные комочки протоплазмы – в результате непрерывного процесса развития все более усложнялись, и в конце концов появились наиболее сложные и высокоорганизованные животные. И самое совершенное животное, самое замечательное явление живой природы – это человек, который, в отличие от других животных, своим сознанием способен проникнуть в тайны природы.

В природе нет ничего более сложного по своему устройству, чем организм человека [3, 7]. Изумительны по своему многообразию проявления его жизнедеятельности. Все это многообразие в конечном счете вызывается одними и теми же силами. Общей основой всех проявлений жизнедеятельности являются химические реакции, протекающие в клетках и тканях живого организма.

Наука, которая исследует эти превращения, называется *биологической химией*.

Биологическая химия проникает во все отрасли науки и практики, связанные с изучением живых существ. Ботаника, зоология, генетика, медицина, практическое сельское хозяйство – все они пользуются достижениями биологической химии.

В небольшом по объему пособии невозможно дать полное представление о всех разделах биохимии. Поэтому мы ограничимся рассмотрением только тех из них, которые составляют сущность современной биохимии.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА

С точки зрения биохимика, тело состоит не только из органов, оно построено из астрономического количества отдельных клеток, которые можно рассмотреть только под микроскопом. В свою очередь, каждая клетка содержит большое число разнообразных химических соединений. Мы можем их выделить, очистить, определить молекулярный вес и структуру каждого.

Изучение химического состава клеток различных живых организмов показало, что, несмотря на видимое, иногда даже бросающееся в глаза несходство, скажем, печени и мозга или, например, улитки и человека, их объединяет общность строения составляющих клеток, а также сходство химических соединений, содержащихся в клетках.

Определение элементарного состава человеческого тела показало, что в нем преобладают три элемента: кислород, углерод и водород. Внимательно рассмотрев таблицу, легко понять, почему это так.

Основную массу нашего тела составляет вода, это и определяет высокое содержание в нем кислорода и водорода [9]. Большинство химических веществ, входящих в состав тела, являются соединениями углерода, которые также содержат водород и кислород, иногда азот и еще реже серу. Большая часть кальция и фосфора, присутствующих в теле, связана между собой, образуя фосфат кальция – основу костной ткани.

Из сотни химических элементов, обнаруженных на нашей планете, природой были выбраны только шесть для построения подавляющего большинства молекул живых систем: углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера. Свойства этих шести атомов столь разнообразны, что данного набора достаточно для построения почти всех необходимых клетке молекул. Лишь изредка, при построении молекул с какими-нибудь уникальными свойствами, возникает необходимость в иных атомах.

### Весовой состав тела человека

Классы составных частей	Вещества	Процент от веса тела
Химические элементы	Кислород	65
	Углерод	18
	Водород	10
	Азот	3
	Кальций	2
	Фосфор	1,1
	Калий	0,35
	Сера	0,25
	Натрий	0,15
	Хлор	0,15
	Магний, железо, марганец, медь, йод, цинк, кобальт	Следы
Вода и твердые вещества	Вода	60 – 80
	Общее количество твердых (сухих) веществ	20 – 40
Типы молекул веществ в организме	Белки	15 – 20
	Жиры	3 – 20
	Углеводы (полисахариды)	1 – 15
	Небольшие органические молекулы	1
	Неорганические молекулы	1

Помимо шести названных атомов известно еще двенадцать других, наличие которых имеет существенное значение для жизни: кальций, хлор, кобальт, медь, йод, железо, магний, марганец, молибден, калий, натрий и цинк.

Сведения о том, какие именно элементы и в каких количествах входят в состав клеток и организмов, представляют лишь относительную ценность. Для понимания смысла биохимических явлений надо знать, в виде каких соединений входит в клетки тот или иной элемент и каковы функции молекул соединения.

Есть виды молекул, которых в клетке миллиарды, и есть другие, которые могут присутствовать лишь в нескольких экземплярах. Молекулы, служащие клеточным "топливом", относятся к первой категории, а хромосомная ДНК – ко второй [6].

Молекулярные веса соединений, содержащихся в клетке, варьируют от 18 (молекулярный вес воды) до нескольких миллиардов (ДНК). Все молекулы и атомы клетки могут быть объединены в три большие категории:

1) простые ионы (например,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) и сложные, или многоатомные ионы (например,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  или  $\text{HCO}_3^-$ );

2) малые органические молекулы, к которым относятся углеродосодержащие молекулы с молекулярным весом не более 1000;

3) большие органические молекулы, или макромолекулы, к которым относятся углеродосодержащие молекулы с молекулярным весом более 1000.

По назначению, в широком смысле этого слова, все молекулы клетки распределяются по сравнительно небольшому числу функциональных категорий. Молекула может быть либо "топливом", либо строительным блоком (служащим для построения других молекул или макромолекул), либо макромолекулой, либо элементом ионной среды.

Если молекула играет роль "топлива", то она превращается в такие продукты, как углекислый газ, вода, аммиак, которые затем выводятся. Макромолекулы сохраняются в клетке в течение более продолжительного времени. Некоторые из них существуют столько же, сколько живет сама клетка, другие разрушаются в процессе жизнедеятельности, и их запас должен пополняться за счет синтеза. Неорганические свободные ионы клетки, как правило, не расходуются, но они непостоянны в том смысле, что не остаются в клетке все время и то входят в клетку, то выходят из нее.

В живых системах различные молекулы выполняют множество разных функций. Для реализации этих функций молекулы должны обладать определенным комплексом физических и химических свойств. Например, физические и химические свойства любой органической молекулы определяются:

1) ее углеродным скелетом (числом и расположением атомов углерода);

2) природой функциональных групп (карбоксовая, гидроксильная, аминогруппа, альдегидная, сульфгидрильная);

3) природой связей между различными атомами данной молекулы;

4) трехмерным расположением атомов в молекуле.

В живом организме преобладают те молекулы, которые мы называем органическими.

К числу низкомолекулярных простых органических соединений относятся сахара, органические кислоты, аминокислоты и азотсодержащие циклические соединения [2].

Общая химическая формула простых сахаров представляет собой сочетание углерода и воды  $C_n(H_2O)_n$ , отсюда и другое название этих соединений – углеводы. Из числа сахаров в организме человека преобладает гексоза ( $n=6$ ) – глюкоза, важны и другие гексозы (галактоза, фруктоза), а также некоторые пентозы ( $n=5$ ) – рибоза и дезоксирибоза; триозы ( $n=3$ ) – глицериновый альдегид и диоксиацетон – являются промежуточными продуктами обмена углеводов. Сахара, не соединенные с другими сахарами, называют моносахаридами. Углеводы, образующиеся при соединении двух моносахаридов, называются дисахаридами (ахароза, лактоза, мальтоза). Из большого числа моносахаридов, соединенных по принципу "голова к хвосту", образуются молекулы полисахаридов (гликоген, крахмал, клетчатка).

Среди простейших органических веществ, входящих в состав клетки, имеется ряд родственных соединений, которые обладают кислыми свойствами и называются органическими (карбоновыми) кислотами. Наиболее простой из них является уксусная кислота, все же остальные можно рассматривать как более сложные производные уксусной кислоты [5 – 7]. Карбоновые кислоты могут содержать более одной карбоксильной группы (например, янтарная и лимонная кислоты), или в составе их молекулы может присутствовать длинная цепь атомов углерода, соединенная с карбоксильной группой (жирные кислоты). Аминокислоты являются компонентами, из которых построены белки. Все аминокислоты содержат по крайней мере одну аминогруппу и одну карбоксильную группу. Всего в живых организмах встречается 20 аминокислот.

К числу азотсодержащих циклических соединений относятся производные пурина и пиримидина. К наиболее распространенным производным пиримидина относятся цитозин, урацил, тимин, а пурина – аденин и гуанин. Эти вещества в организме в чистом виде не встречаются, они, как правило, связаны с рибозой или дезоксирибозой, а также с одной или несколькими фосфатными группами. Такие молекулы, состоящие из азотистого основания, пентозы и фосфата, известны в биохимии под названием нуклеотидов. Это название подчеркивает ту важную роль, которую данные соединения играют в построении нуклеиновых кислот.

В зависимости от числа фосфатных групп, присутствующих в молекуле, возможны моно-, ди- и трифосфаты нуклеотидов, к числу последних относится адениннуклеотидтрифосфат, хорошо известный под сокращенным названием АТФ.

Молекулы некоторых простых органических соединений используются в клетке для построения молекул гигантских размеров, называемых макромолекулами. Макромолекулы построены из сотен и даже тысяч молекул меньших размеров, соединенных химическими

связями в единое целое. Клетка использует многие замечательные свойства, присущие макромолекулам. К числу мономеров, способных к полимеризации, относятся сахара, которые образуют полисахариды, аминокислоты, образующие полипептиды или белки, а также нуклеотиды, которые образуют полинуклеотиды или нуклеиновые кислоты.

Основная особенность гигантских молекул биологического происхождения – их крайне выраженная индивидуальность, которая не присуща низкомолекулярным веществам. В длинных цепях, состоящих из множества повторяющихся звеньев, возникают новые возможности для разнообразных перестановок и изменений.

Большие молекулы – основа жизни: наши мышцы, кожа, волосы созданы из волокнистых белков; основу жировой ткани, которая находится под кожей, составляют слои других макромолекул – липидов.

Природа создала макромолекулы как инструмент для выполнения разнообразных задач, стоящих перед клеткой на молекулярном уровне. У каждого класса макромолекул имеется свой собственный набор свойств, определяющих, как именно может варьировать их структура и функция.

Строение полисахаридов может варьировать за счет изменения химической природы структурных единиц (сахаров), геометрической и оптической формы этих структурных единиц, природы ковалентных связей между структурными единицами. В результате возникли полисахариды, удобные либо как форма хранения сахаров (гликоген, крахмал), либо как прочный строительный материал для образования клеточных оболочек и защиты мягких тканей (клетчатка).

Набор аминокислот, из которых построены молекулы белков, весьма разнообразен. Какой-либо одной повторяющейся единицы в них нет, хотя и здесь мы находим повторяющийся элемент – пептидную связь, при помощи которой соединяются между собой аминокислоты. Изменение структуры белков достигается главным образом за счет изменения

последовательности аминокислот в полипептидной цепи, образования дисульфидных связей, образования спиралей и свертывания полипептидных цепей, объединения двух или нескольких белковых единиц в одну молекулу и, наконец, включения в молекулу белка определенного кофермента. Варьирование этих характеристик и породило в конце концов все фантастическое разнообразие белковых молекул, превосходно приспособленных для выполнения самых различных функций: структурных, регуляторных, каталитических, газообмена и др.

Нуклеиновые кислоты не принадлежат к числу макромолекул, обладающих многими функциями. Они были отобраны и усовершенствованы с одним назначением -- служить хранилищем информации, а также орудием для переписывания и перевода этой информации [1].

Существует всего два типа нуклеиновых кислот (ДНК, РНК), различающихся по составу структурных мономеров – нуклеотидов. Нуклеиновые кислоты представляют собой в высшей степени стабильные линейные макромолекулы.

Фосфолипиды, подобно нуклеиновым кислотам, более однородны по своим функциям в сравнении с белками. Эти соединения столь же существенны для мембран, как нуклеиновые кислоты для генетического аппарата клетки. Во всех мембранах фосфолипиды – обязательный компонент, и свойства мембран в значительной мере определяются входящими в их состав фосфолипидами. Мицеллярные структуры, образуемые фосфолипидами, и взаимодействие этих мицелл с белками имеют фундаментальное значение для построения мембран. Свойства фосфолипидных мицелл могут варьировать в зависимости от таких переменных, как длина цепей жирных кислот и число двойных связей в этих цепях, а также природа азотистого основания или многоатомного спирта, связанного с фосфатной группой эфирной связью.

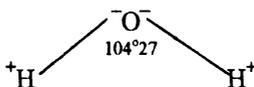
## ВОДА В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ, ЕЕ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Вода – самое распространенное вещество на Земле. Три четверти поверхности планеты покрыто морями, океанами, реками, озерами и ледниками. Вода является также основным компонентом живых организмов. Общее содержание воды в организме взрослого человека колеблется от 60 до 65%. Около 70% всего объема воды, содержащейся в организме, находится внутри клеток в составе клеточной протоплазмы, около 7% воды находится внутри кровеносных сосудов, а остальная часть приходится на долю межтканевой воды, омывающей клетки. В организме происходит постоянный обмен воды, среднесуточный расход ее, а следовательно, и потребление составляют около 2,5 л.

Огромная роль воды в жизни человека и природы послужила причиной того, что она была одним из первых соединений, привлечших внимание ученых. Тем не менее изучение воды еще далеко не закончено.

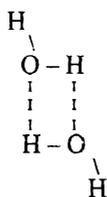
С точки зрения химии вода – простейшее соединение водорода с кислородом. Классическая формула воды  $H_2O$  была предложена в 1805 г. А.Гумбольдтом и Ж.Гей-Люссаком. Однако "простейшее" в химии далеко не всегда означает простое, ибо за ним стоят очень сложные физические и химические закономерности.

Оказывается, все многообразие свойств воды и необычность их проявления в конечном счете определяется физической природой атомов водорода и кислорода и способом их объединения в молекулу. В отдельно рассматриваемой молекуле воды ядра водорода и кислорода так расположены относительно друг друга, что образуют как бы равнобедренный треугольник со сравнительно крупным ядром кислорода в вершине и двумя мелкими ядрами водорода у основания:



Вследствие асимметричности распределения электрических зарядов электронного облака молекула воды обладает выраженными полярными свойствами: она является диполем, т.е. имеет разноименные полюсы зарядов.

Под воздействием диполей воды на поверхности погруженных в нее веществ межатомные или межмолекулярные силы ослабевают в 80 раз [2]. Интересно, что, растворяя различные химические вещества, сама вода проявляет большую устойчивость, что характеризует ее как инертный растворитель. Это очень важно для всех живых организмов на нашей планете, поскольку необходимые им тканям питательные вещества поступают в водных растворах в сравнительно мало измененном виде. Для более полного объяснения высокой растворяющей способности воды необходимо рассмотреть еще одно ее свойство – способность образовывать водородные связи, возникающие между ядрами водорода и неподеленными электронами кислорода, благодаря чему происходит объединение молекул воды. В жидком состоянии наиболее устойчивые объединения можно представить в виде двоянных молекул:



Макромолекулярная структура воды с большим количеством полостей позволяет ей, разорвав водородные связи, присоединять молекулы или части молекул других веществ, тем самым способствуя их растворению. Молекулы воды, "обволакивая" частицы растворенных веществ, образуют дисперсные (раздробленные) системы. При этом

распределенное вещество называется дисперсной фазой, а вода – дисперсионной средой.

В зависимости от размера частиц дисперсной фазы дисперсные системы принято разделять на три большие группы: истинные растворы, коллоидные растворы и грубодисперсные системы (взвеси, эмульсии).

Примерами истинных растворов могут служить растворы большинства минеральных и органических кислот и оснований, солей, простых органических соединений.

Высокомолекулярные соединения (белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты) образуют растворы с водой, близкие по свойствам к коллоидным. Коллоидное состояние – одна из наиболее распространенных форм существования веществ на Земле. Коллоидными системами являются большинство минералов, растительные и животные организмы, вирусы.

Пыль, дым и туман представляют собой грубодисперсные системы типа твердое вещество в газе и жидкость в газе. Суспензиями называют взвеси порошков в жидкостях.

Эмульсии – это грубодисперсные системы, состоящие из двух практически не смешивающихся жидкостей. Для эмульсий характерна агрегативная неустойчивость. Устойчивые эмульсии получаются только в присутствии поверхностно-активных веществ (эмульгаторов). Например, такой способностью обладают белки, обеспечивающие создание устойчивых эмульсий жира молока, плазмы крови, протоплазмы клеток.

Биологические жидкости (плазма крови, лимфа) являются многокомпонентными дисперсными системами.

Вода обладает исключительно высокой теплоемкостью: по сравнению с другими веществами она способна воспринимать гораздо большее количество тепла, существенно не нагреваясь. Этим объясняется исключительно важная роль воды в поддержании постоянной температуры у теплокровных.

Среди необычных свойств воды следует отметить и ее исключительно высокое поверхностное натяжение. В этом отношении из всех жидкостей вода уступает только ртути. Особенно наглядно проявляется поверхностное натяжение в прилипании воды ко многим поверхностям – смачивании. При изучении его было установлено, что все те многочисленные вещества, которые легко смачиваются водой, непременно имеют в своем составе молекулы с атомами кислорода. Этот факт позволяет объяснить природу смачивания за счет образования молекулами поверхностного слоя воды дополнительных водородных связей с “чужими” атомами кислорода.

Смачивание и поверхностное натяжение лежат в основе явления, названного капиллярностью. Капиллярность имеет огромное значение для эволюции жизни на нашей планете. Именно она поддерживает жизнедеятельность самых разнообразных растительных форм, давая им возможность “всасывать” водные растворы питательных солей из глубины в десятки метров. Капиллярными явлениями во многом обусловлено движение крови и тканевых жидкостей.

## **ОБМЕН ВЕЩЕСТВ – ОСНОВА ЖИЗНИ**

Самым важным проявлением жизнедеятельности является процесс, который называется обменом веществ. Суть обмена веществ, или *метаболизма*, заключается в поступлении в организм из внешней среды различных веществ (кислород, вода, пищевые вещества и т.д.), усвоении и использовании их в процессе жизнедеятельности и выделении образовавшихся продуктов обмена во внешнюю среду.

Как процесс, состоящий из отдельных химических реакций, метаболизм подчиняется всем законам химии. Однако его течение и направление в целом определяются уже не химическими законами, а теми, которые составляют общую основу жизни и деятельности живых

организмов, т.е. биологическими законами. Прекращение обмена веществ определяет состояние биологической смерти, т.е. необратимого угасания жизненных функций.

Принято различать две стороны обмена веществ: диссимиляцию (катаболизм) и ассимиляцию (анаболизм). Диссимиляция – процессы распада веществ, клеточных структур. Ассимиляция – совокупность процессов синтеза, построения клеточных структур. Процессы ассимиляции и диссимиляции неразрывно связаны: диссимиляция обеспечивает процессы ассимиляции исходными продуктами и энергией.

Соотношение между этими сторонами обмена веществ может изменяться в возрастном аспекте и в зависимости от состояния здоровья. Всякое усиление деятельности организма, особенно мышечной, усиливает в обмене веществ процессы диссимиляции [6].

Назначение обмена веществ и энергии заключается прежде всего в обеспечении пластических нужд организма, т.е. в доставке химических веществ, необходимых для построения всех структурных элементов и восстановления распадающихся в организме и теряемых организмом веществ.

Вторым важнейшим биологическим назначением обмена веществ является обеспечение жизненных функций организма энергией. В процессе превращения сложных органических веществ в организме происходит расщепление, при этом их потенциальная химическая энергия освобождается и превращается в тепловую, механическую и электрическую. Энергия, освобождающаяся в процессе метаболизма, необходима для поддержания температуры тела, для совершения работы, для обеспечения процессов синтеза структуры и функции всех клеточных элементов.

Обмен веществ и превращения энергии составляют единое целое, подчиняясь универсальному закону естествознания – закону сохранения материи и энергии.

Химическая энергия, заключенная в молекулах органических веществ, выполняющих роль биологического топлива (глюкоза, жирные кислоты, некоторые аминокислоты), является единственным доступным источником энергии в организме животного и человека.

Наиболее яркой чертой биохимических превращений пищевых веществ является четкое деление сложного процесса на отдельные последовательные стадии. На каждой стадии метаболизма исходные молекулы различных энергетических веществ постепенно утрачивают свои характерные особенности и химическую индивидуальность. На определенной стадии обмена углеводов, жиров и белков в клетках образуются одинаковые или сходные соединения, которые далее подвергаются более или менее однотипным превращениям. Эти изменения – подготовительный этап основного процесса высвобождения энергии, который всегда представляет собой окисление или серию окислений.

Другой важной особенностью стадийного механизма является выделение или поглощение энергии малыми порциями. Слишком бурное выделение энергии могло бы повредить клетку.

Пути энергетического обмена углеводов, жиров и белков имеют свои специфические особенности. Но наряду с этим существуют и общие закономерности, позволяющие выделить три этапа обмена веществ:

- 1) превращение пищевых веществ в органах пищеварения;
- 2) межклеточный обмен веществ;
- 3) образование конечных продуктов метаболизма.

На первом этапе происходит последовательное расщепление сложных химических компонентов пищи в пищеварительном тракте до

низкомолекулярных соединений (рис. 1) и последующее всасывание их в кровь и лимфу.

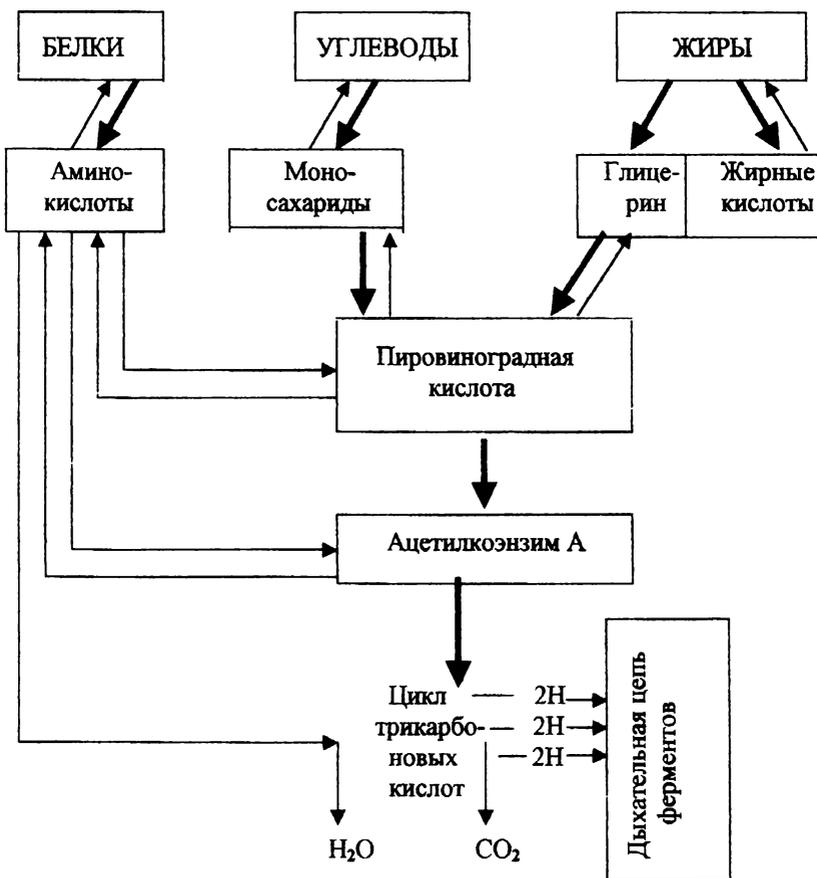


Рис.1. Схема взаимосвязи обмена белков, жиров и углеводов

Белки расщепляются до аминокислот, сложные углеводы – до моносахаридов, жиры – до глицерина и жирных кислот. Количество выделяемой при этом энергии невелико и составляет около 1% от потенциальной химической энергии. Значение первого этапа обмена веществ заключается главным образом в образовании простых химических

соединений, которые могут в дальнейшем служить источником получения энергии при их превращениях в периферических тканях и органах, куда они доставляются током крови [5, 9].

Второй этап обмена веществ объединяет превращения аминокислот, моносахаридов, глицерина и жирных кислот. Превращение перечисленных энергетических веществ происходит по различным специфичным путям, так называемым субстратным циклам превращений (межуточный обмен).

Важность этапа междуточного обмена веществ заключается в том, что он обеспечивает образование небольшого числа ключевых соединений, которые обеспечивают перекрестную взаимосвязь между различными путями обмена веществ, а также между процессами синтеза и распада. Таким соединением, например, является пировиноградная кислота, играющая роль связующего звена между углеводами, жирами и большинством аминокислот. Однако основным ключевым продуктом междуточного обмена веществ является активированная уксусная кислота – ацетилкоэнзим ~ А (ацетил ~ КоА).

Ацетил ~ КоА содержит богатую энергией сульфидную связь  $\text{CH}_3\text{CO-S} \sim \text{CoA}$ , легко подвергается дальнейшему окислению до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в так называемом цикле трикарбоновых кислот (цикл Кребса), а также служит объединяющим звеном обмена белков, жиров и углеводов.

Ацетилкоэнзим ~ А – соединение чрезвычайной важности, он играет исключительную роль в обмене веществ: 2/3 всех углеродных атомов углеводов в обмене веществ образуют ацетил ~ КоА и, пройдя через него, вступают в разнообразные реакции; через него проходит подавляющее большинство атомов углерода жиров и 50% углеродных атомов аминокислот.

Процессы междуточного обмена веществ приводят к синтезу специфичных для организма белков, жиров, углеводов и их

надмолекулярных комплексов (нуклеопротеидов, липопротеидов), т.е. к образованию структурных компонентов клеток.

Наряду с этим процессы межклеточного обмена веществ являются важным источником энергии. Основная часть энергии (2/3) освобождается в результате реакций окисления в цикле Кребса. Окисляемые в нем карбоновые кислоты подвергаются дегидрированию, т.е. от них отщепляется по два атома водорода, которые затем передаются по цепи дыхательных ферментов на кислород, что в конечном итоге обеспечивает образование воды. Но не менее важной в биологическом отношении является энергетическая сторона этого процесса. В результате окислительно-восстановительных превращений, происходящих при транспортировке атомов водорода по цепи дыхательных ферментов, имеет место выделение энергии, часть которой высвобождается в виде тепла, а другая часть запасается и сохраняется путем превращения ее в энергию особых химических соединений, называемых макроэргами, т.е. богатыми энергией. Основным макроэргом в организме человека и животных является аденозинтрифосфат (АТФ). Именно в АТФ аккумулируется основная часть энергии, выделяемой в процессе биологического окисления, а энергия, выделяющаяся в виде тепла, обеспечивает поддержание постоянной температуры тела.

## **ФЕРМЕНТЫ**

То, что в основе процессов жизнедеятельности лежат химические превращения, ни у кого не вызывает сомнений. Любую биохимическую реакцию, протекающую в живом организме, можно в принципе исследовать в химической лаборатории обычными химическими методами.

Главной особенностью химических реакций, протекающих в живом организме, является их исключительно высокая скорость и удивительная

целенаправленность, а объясняется это участием в них биологических катализаторов – ферментов.

Исторически сложилось так, что первые биологические катализаторы были выделены из дрожжей, отсюда и произошло их название "энзимы" ("эн зюме" по-гречески означает "в закваске"). Спиртовое брожение называли раньше ферментацией, "ферменты" – второе название биокатализаторов.

Поскольку в живой клетке протекает множество разнообразных реакций, в ней должно быть огромное количество всевозможных ферментов, и это действительно так. Число известных к настоящему времени ферментов превышает тысячу. Разумеется, не в каждой клетке любого живого организма находятся все известные нам ферменты. Однако в большинстве клеток насчитывается не менее двухсот различных ферментов.

Все ферменты имеют белковую природу. Молекулы одних ферментов состоят только из белковой части. Это простые ферменты, к ним относятся ферменты пищеварительного тракта. Молекулы других ферментов кроме белковой части содержат и соединения небелковой природы (нуклеотиды, металлы и др.). Это сложные ферменты, их белковая часть называется апоферментом, небелковая – коферментом (коэнзимом). К ним относятся ферменты внутриклеточного обмена.

В каталитическом процессе участвует не вся молекула фермента, а только ее часть, которая называется активным центром фермента.

Если молекула фермента состоит только из белковой части, то его активный центр представляет собой сочетание атомных групп, входящих в состав аминокислотных остатков. Это гидроксил аминокислоты серина, сульфгидрильная группа цистеина, карбоксильная группа аспарагиновой и глутаминовой кислот, аминогруппа лизина. Из этих групп и формируются активные центры простых ферментов.

В сложных ферментах в формировании активного центра принимает участие и кофермент. Прочность связи кофермента с апоферментом может быть различной, при непрочной связи один и тот же кофермент может участвовать в формировании молекул нескольких ферментов, катализирующих одну и ту же реакцию, но с различными субстратами. Субстратом называют вещество, на которое действует фермент. В современных представлениях о механизме действия ферментов все большее распространение получает взгляд, согласно которому активный участок молекулы фермента не является "жесткой" конструкцией, а представляет собой лабильную, подвижную систему из нескольких атомных групп. Взаимодействие этой системы с молекулой субстрата ведет к разрывам некоторых химических связей и возникновению новых, причем меняется не только субстрат, но и фермент.

Каким же образом действуют ферменты? Первым шагом в механизме действия фермента является создание комплекса со своим субстратом. Роль фермента заключается в том, что он "вылавливает" молекулы субстрата и "концентрирует" их на себе. Такой концентрационный эффект приводит зачастую к тысячекратному и даже большему ускорению реакции [1, 2].

Но далеко не всякое столкновение между молекулами приводит к реакции. Для того чтобы реакция все-таки произошла, молекулы должны быть соответствующим образом ориентированы относительно друг друга. Ориентирование ферментом реагирующих молекул приводит приблизительно к тысячекратному дополнительному ускорению реакции. Концентрационный и ориентационный эффекты действия фермента обеспечиваются его активным центром. В формировании активного центра фермента большую роль играет третичная структура, так как функциональные группы, образующие активный центр фермента, в первичной структуре могут находиться на значительном удалении друг от

друга, оказываясь не способными к так называемому полифункциональному взаимодействию. В этом суть третьего важного принципа биокатализа. В результате полифункционального взаимодействия появляется возможность одновременного воздействия на молекулу субстрата нескольких атакующих групп фермента или серии атак на превращающуюся химическую связь. Иначе говоря, появляется возможность согласованного взаимодействия нескольких реагирующих групп, что, как правило, неосуществимо в обычных химических реакциях.

В связи с тем что ферменты являются катализаторами, к ним можно с полным успехом отнести все закономерности катализа, но, в отличие от неорганических катализаторов, ферменты наделены особыми свойствами, обусловленными в основном их белковой природой.

Одно из наиболее поразительных свойств – специфичность, отличающая их от подавляющего большинства неорганических катализаторов. Высокая специфичность действия ферментов представляет собой одну из важнейших особенностей живой материи. Только благодаря этой тонкой избирательности ферментативного катализа возможна строгая упорядоченность и взаимозависимость отдельных ферментативных реакций, составляющих чрезвычайно сложный и многообразный процесс обмена веществ, лежащий в основе жизни.

Специфичность ферментов проявляется по-разному и может быть выражена в разной степени. Различают специфичность по отношению к типу химической реакции, катализируемой ферментом, и специфичность по отношению к субстрату.

Специфичность по отношению к реакции свойственна всем без исключения ферментам. Каждый фермент катализирует какую-либо одну химическую реакцию или группу реакций одного типа.

Специфичность фермента по отношению к субстрату может быть абсолютной, когда фермент действует на один-единственный субстрат, и

может быть относительной, когда фермент действует на группу субстратов, сходных по химическому строению.

Характерной особенностью ферментов является их чувствительность к нагреванию. При температуре 0 °С ферменты мало активны. В нормальных условиях при повышении температуры (в пределах от 0 до 40–50 °С) на каждые 10° скорость ферментативной реакции обычно увеличивается примерно вдвое. Большинство ферментов теплокровных животных максимальную активность проявляют при 37–40 °С. При дальнейшем повышении температуры активность ферментов снижается, и при температуре 70–80 °С происходит полная потеря активности большинства ферментов вследствие тепловой денатурации белка, сопровождающейся нарушением структуры его молекулы.

Ферменты также чрезвычайно чувствительны к кислотности среды (рН). Это объясняется тем, что от степени кислотности зависят многие свойства белковых молекул, в частности функциональное состояние тех группировок, которые определяют электрический заряд молекулы и ее способность взаимодействовать с субстратами.

Чувствительность ферментов к изменению кислотности выражается в том, что каждый из них имеет свой, характерный для него интервал рН, при котором он проявляет максимальную активность. Даже незначительное отклонение рН в обе стороны от оптимального значения приводит к быстрому падению активности.

Большинство ферментов организма человека обладает максимальной активностью при значениях рН, близких к 7, так как рН почти всех жидкостей организма тоже близок к этой величине.

Кроме этих факторов очень сложное и разнообразное влияние оказывает состав реакционной среды, в которой протекает ферментативная реакция. В этой среде находятся различные химические соединения,

которые могут активировать ферменты (активаторы) или подавлять их активность (ингибиторы).

## **ВИТАМИНЫ**

Далеко позади осталось время, когда витамины представлялись таинственными веществами неведомого строения, когда об их свойствах могли судить лишь на основании заболеваний, вызываемых их отсутствием в пище. Ученые установили химические формулы витаминов, получили их в чистом виде.

Оказалось, что по своей природе витамины представляют собой низкомолекулярные вещества различного строения. Они являются незаменимыми факторами питания, так как большая часть из них в организме не синтезируется, а если и синтезируется, то в недостаточном количестве. Суточная потребность человека в витаминах определяется в миллиграммах и даже в микрограммах. В таких минимальных дозах они оказывают на организм мощное биологическое действие.

В настоящее время известно 20 витаминов [3, 8]. При изучении их свойств было обнаружено, что все они являются регуляторами обмена веществ. Но на основной вопрос, чем объясняется исключительно высокая биологическая активность витаминов, ответить оказалось не так просто. Поэтому наиболее крупным достижением химии витаминов явилось доказательство существования связи между витаминами и ферментами. Как оказалось, большинство витаминов являются коферментами, т.е. активными компонентами молекул сложных ферментов. Иногда витамины служат сырьем для синтеза коферментов.

Каждый витамин выполняет присущую ему в организме функцию, и отсутствие его влечет за собой соответствующее заболевание, характеризующееся специфическими внешними проявлениями – симптомами. Но по ним можно лишь в общей форме составить некоторое

представление о функции, которую выполняет тот или иной витамин в организме. Важно знать, через какие молекулярные превращения осуществляется это воздействие.

Как показали исследования, витамины входят в состав ферментных систем, катализирующих различные типы химических реакций: переноса атомов водорода (электронов), переноса химических групп, синтеза, изомеризации и расщепления углерод-углеродных связей.

При изучении влияния витаминов на обмен веществ было также установлено, что в регуляции обмена различных химических веществ и процессов основную роль играют преимущественно водорастворимые витамины.

В процессе тканевого дыхания основную роль играют витамины РР и В<sub>2</sub>. Эти витамины входят соответственно в состав коферментов НАД и ФАД ферментов дегидрогеназ, катализирующих отщепление и перенос атомов водорода от окисляемых субстратов на кислород. В этом процессе также участвует витамин С (аскорбиновая кислота), но его участие связано со способностью аскорбиновой кислоты легко отдавать и присоединять атомы водорода.

В обмене белков большую роль играет витамин В<sub>6</sub>, который выполняет роль кофермента трансаминаз, катализирующих отщепление и перенос аминогрупп от аминокислот. С участием этого витамина происходит также отщепление карбоксильной группы от аминокислот с образованием биологически активных соединений – аминов.

В энергетическом обмене углеводов важную роль играет стадия превращения пировиноградной кислоты, которую углеводы используют как источник энергии. Через пировиноградную кислоту организм строит из продуктов распада углеводов, а также жиров и белков множество необходимых ему соединений. Чтобы вступить на такой путь превращений, включиться в эти процессы синтеза, пировиноградная

кислота должна предварительно преобразоваться в ацетилкоэнзим А. В состав молекул ферментов, катализирующих это превращение, входят витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР.

В обмене липидов значительное место занимает синтез жирных кислот. Исходными продуктами в этом процессе являются ацетилкоэнзим-А и СО<sub>2</sub>. Однако атом углерода обычной углекислоты не может присоединиться к углеродным атомам ацетилкоэнзима-А без предварительной активации. Его активирование происходит с помощью биотинового фермента, в состав которого входит витамин Н (биотин).

Приведенные примеры показывают, что материалом для построения коферментов служат водорастворимые витамины.

В последние годы выяснилось, что другая группа витаминов – жирорастворимые – играет существенную роль в работе биологических мембран – компонентов клеток, которые имеют особое значение в жизненных процессах.

Доказательства этого положения можно разбить на две группы: во-первых, обнаружение жирорастворимых витаминов в составе биомембран; во-вторых, выявление нарушений в их строении и функции при недостатке или избытке этих витаминов.

По-видимому, жирорастворимые витамины оказывают влияние на каталитическую активность внутриклеточных ферментов, связанных с биомембранами, регулируя прочность этой связи, процессы фиксирования и освобождения ферментов.

Источниками витаминов для человека являются преимущественно растения, способные их синтезировать.

При недостаточном поступлении витаминов с продуктами питания наблюдается гиповитаминоз. Он, не переходя в явно выраженное заболевание, тянется месяцами, оставаясь нераспознанным. Общими симптомами этого состояния независимо от того, дефицитом каких

витаминов оно вызвано, являются снижение работоспособности, быстрая утомляемость, плохой сон, потеря аппетита и др.

Недостаточное поступление витаминов бывает зимой, весной и в начале лета, когда пища бедна овощами, зеленью, фруктами. В эти периоды года необходимо применять витаминные препараты в рекомендуемых дозах. Следует помнить, что избыток витаминов так же вреден для здоровья, как и их недостаток.

## БИОЭНЕРГЕТИКА

Клетки живых организмов, подобно машинам, созданным человеком, выполняют определенную работу. Так же, как и машинам, им требуется для этого энергия (топливо).

Единственным источником энергии в организме человека является химическая энергия, заключенная в определенных молекулах пищи. В клетках энергия химических связей высвобождается в ходе процессов распада. Молекулы различных соединений, выполняющих роль биологического топлива (глюкоза, жирные кислоты, некоторые аминокислоты), претерпевают ряд последовательных химических изменений. Эти изменения – подготовительный этап основного процесса высвобождения энергии, который представляет собой окисление или серию окислений.

Наиболее распространенный в живой природе путь окисления субстратов – отщепление от них электронов и протонов, иначе говоря, атомов водорода [1 – 5]. Пара отщепленных от субстрата атомов водорода перехватывается следующим звеном цепи, и оно восстанавливается за счет окисления промежуточного соединения, отдавшего водород.

Процесс окисления одного вещества, отдающего электроны, всегда сопряжен с восстановлением другого, захватившего эти электроны, или, как говорят в таких случаях, являющегося акцептором электронов.

Так как процесс биологического окисления является многоэтапным, то таких промежуточных звеньев окисления субстратов насчитывается большее или меньшее количество. Конечным же акцептором водорода окисленного субстрата является кислород, при взаимодействии с которым он образует воду, т.е. один из конечных продуктов окисления органических веществ.

В чем же биологический смысл такого многоступенчатого процесса? Ведь было бы проще, если бы водород субстрата непосредственно соединялся с кислородом (как при горении). Но тогда быстро высвобождалось бы такое количество энергии, какое организм не в состоянии использовать. При многоступенчатом процессе, каким является биологическое окисление, выделение энергии происходит порциями, которые организму удобно использовать.

Кроме того, реакция соединения водорода с кислородом с образованием воды необратима. А отдельные этапы на пути передачи водорода от одного фермента к другому обратимы. Этот обратный процесс (восстановление) во многих случаях целесообразен для организма.

В живых организмах выработка тепла – лишь одна из второстепенных задач, стоящих перед процессами катаболизма. Ведь тепловая энергия не может быть использована организмом для обеспечения процессов жизнедеятельности.

Живой организм обладает способностью преобразовывать энергию окисления пищевых веществ в химическую. Эту энергию он способен запасать и хранить в молекулах особых, так называемых высокоэнергетических (макроэргических) соединений. Главным из них является аденозинтрифосфат, сокращенно называемый АТФ. Он состоит из гетероциклического азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех фосфатных групп, соединенных пирофосфатными связями так, что они составляют цепочку. Два конечных остатка

фосфорной кислоты в молекуле АТФ соединены макроэргическими связями. При гидролизе такой связи освобождается большое количество энергии:



На метаболических путях встречаются и другие богатые энергией промежуточные продукты. Однако образование этих продуктов во всех случаях прямо или косвенно зависит от наличия энергопоставляющей АТФ.

Таким образом, единой "валютой", объединяющей все взаимопревращения энергии, является адениннуклеотидная система с АТФ в роли золота как универсального эквивалента.

Характерной чертой биоэнергетики является необыкновенно широкое использование АТФ для покрытия расходов энергии в организме: обеспечение процессов биосинтеза, мышечного сокращения, передачи нервных импульсов и др. Способность живых организмов превращать энергию АТФ в другие формы может вызывать только восхищение.

Однако запасы АТФ в организме не так велики, чтобы благодаря им можно было, например, поддерживать темп физической работы в течение сколько-нибудь длительного времени. Настоящим аккумулятором энергии в организме являются резервы жиров и углеводов. Но для быстрого и регулируемого расхода этого топливного резерва необходимо участие АТФ. АТФ отдает энергию, распадается на АДФ и Фн, снова синтезируется за счет энергии окисления жира или углеводов и вновь отдает энергию. Так это вещество совершает круговорот, разлагаясь и образуясь бесчисленное множество раз и направляя поток энергии к тем процессам, в которых, собственно, и происходит превращение химической энергии в требуемые формы.

Процессы выработки энергии в тканях зависят в конечном счете от катализируемых ферментами окислительных реакций. Отдельные органы и

типы клеток существенно различаются по окислительному потенциалу, но во всех случаях для окисления необходим молекулярный кислород. Несмотря на огромное разнообразие дегидрогеназ и переносчиков электронов, не следует терять из виду основной факт, касающийся биологических окислительных процессов, а именно то обстоятельство, что их значение в первую очередь заключается в выработке энергии для работы клетки либо непосредственно путем предоставления подвижных водородных ионов для восстановительного синтеза глюкозы, жирных кислот, аминокислот и т.д., либо косвенно путем соединения водородных атомов с кислородом с образованием воды в ходе сопряженного образования АТФ при окислительном фосфорилировании (рис. 2).

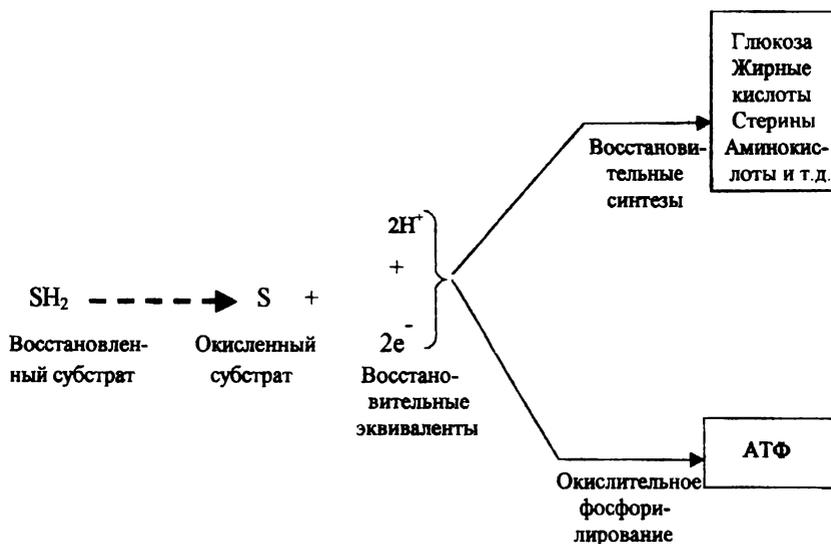


Рис. 2. Схема взаимосвязи энергетического и пластического обмена

Подобно тому как АТФ играет центральную роль в энергетическом обмене клетки посредством реакций фосфорилирования, так и кофермент НАД (никотинамиддинуклеотид) выполняет важнейшую ключевую функцию в окислительно-восстановительных реакциях. В молекуле НАД

содержится витамин РР (никотинамид), именно никотинамидная часть молекулы кофермента придает ему уникальное свойство, благодаря которому он занимает центральное положение в процессах окисления и восстановления.

В присутствии подходящих ферментов никотинамидное кольцо кофермента НАД обладает свойством извлекать водород из множества разнообразных простых молекул, встречающихся в биологических объектах. Этот процесс логично назвать дегидрогенированием, а катализирующий его фермент – дегидрогеназой.

Основными особенностями такого переноса водорода являются:

- 1) обратимость многих дегидрогеназных реакций;
- 2) способность коферментов как в окисленном, так и в восстановленном состоянии отделяться от дегидрогеназ путем диссоциаций;
- 3) возможность участия в таких реакциях множества субстратов различных типов – углеводов, липидов, аминокислот и т.д.

Благодаря этим свойствам никотинамиднуклеотидная система характеризуется чрезвычайной маневренностью.

Основной формой обмена энергии при биологических окислительно-восстановительных реакциях выступает использование восстановительной энергии для выработки АТФ, что является общим для всех процессов катаболизма при клеточном дыхании и служит главным источником АТФ, по существу, в каждой клетке организма.

Для того чтобы регулировать высвобождение энергии, клетка использует два принципа организации захвата и сохранения энергии, пригодной для выполнения работы.

Первый принцип – постепенное, порционное использование энергии окисляемых веществ, что достигается при помощи целого ряда переносчиков электронов. Они обеспечивают перенос восстанавливающих

эквивалентов в конечном счете на кислород, выполняющий роль окончательного акцептора электронов. Такой ступенчатый каскад электронов облегчает подразделение изменений энергии на несколько порций, или квантов, по 7,5 ккал, необходимых для синтеза 1 моль АТФ.

Второй принцип основывается на пространственной близости переносчиков электронов, связанных в строго определенных соотношениях с мембранной структурой митохондрий. Физическое состояние этой чрезвычайно упорядоченной системы имеет большое значение для обеспечения скорости и высокой эффективности процесса.

Окисление любого субстрата, поставляющего в дыхательную цепь свои электроны при участии НАД, обеспечивает образование 3 моль АТФ на каждую пару электронов, перенесенных к кислороду. Эффективность процесса составляет примерно 40% [3]. Потеря энергии происходит главным образом в виде тепла, которое не может быть использовано для осуществления полезной химической или механической работы в организме человека, функционирующего при постоянной температуре. Однако тепло, образующееся при процессах тканевого дыхания, является важнейшим фактором в работе механизмов терморегуляции, которые поддерживают температуру тела на постоянном уровне.

## **БИОХИМИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ**

Мысль о том, что в природе имеются какие-то общие для всех клеток, универсальные системы, занимает умы биологов уже много десятков лет. Однако до недавних пор было трудно установить, сколь глубоко заходит это единство плана строения. На морфологическом или физиологическом уровне можно было говорить лишь о предположениях. Окончательное доказательство действительно было получено на уровне молекул. Интенсивное изучение биохимических особенностей самых разнообразных клеток не только доказало малую вероятность отклонений

от принципа универсальности, но также (что не менее важно) расширило круг процессов, структур и молекул, которые можно считать универсальными. Теперь уже накоплено достаточно данных для того, чтобы можно было с уверенностью говорить о существовании биохимической универсальности и о значении этого явления.

Прежде всего, нельзя пройти мимо того фундаментального факта, что во всех живых системах используется принцип клеточного строения. Аппарат, отграниченный от окружающей его среды одной оболочкой (плазматической мембраной), содержит все необходимое для протекания процессов, из которых складывается жизнь.

Структурную основу всех клеток составляют атомы шести элементов: С, Н, О, N, S, P. Семь других элементов: Na, K, Mg, Ca, Fe, Co, Mn – образуют вспомогательную группу и играют ключевую роль в различных процессах жизнедеятельности. Не известно ни одного случая, когда бы один из перечисленных атомов был заменен каким-нибудь другим; перечень может быть в некоторых случаях дополнен, но никаких сокращений в нем не допускается. Таким образом, мы имеем полное право сказать, что определенные химические элементы, отобранные Природой, входят в состав всех форм жизни.

Из безграничного множества органических молекул, которые можно себе представить, для живых систем отобрано весьма небольшое число.

Некоторые молекулы неизменно присутствуют в клетках всех живых организмов и выполняют в них одни и те же функции.

Для накопления и хранения энергии почти всегда используется АТФ. Д-глюкоза, за редким исключением, всегда служит тем сахаром, который используется как один из видов топлива в реакциях, ведущих к высвобождению запасенной энергии.

Некоторые пурины и пиримидины неизменно играют роль строительных блоков при синтезе нуклеиновых кислот. Набор примерно из

двух десятков органических молекул, обладающих уникальными каталитическими свойствами, можно обнаружить у всех живых существ.

Этот перечень можно продолжать долго, достаточно сказать, что значительную долю всех типов молекул, содержащихся в данной клетке, составляют молекулы, встречающиеся во всех клетках. В основе этой универсальности лежит тот факт, что наиболее важные системы клетки присущи всем клеткам без исключения. В разных клетках эти системы построены из одних и тех же молекул и взаимодействуют с одними и теми же молекулами.

Эволюционный процесс уже довел эту универсальность системы до возможного совершенства к тому моменту, когда начался процесс видообразования. Поэтому биохимические механизмы с полным набором специальных молекул достались в наследство всем живым формам. Поскольку молекулы были "подогнаны" к механизмам, а механизмы – к молекулам, допустимая изменчивость оказалась сведенной к минимуму.

Мы не можем говорить об универсальности специфических макромолекул, но определенные типы макромолекул универсальны. ДНК и РНК как носители наследственной информации и орудия передачи наследственных свойств, несомненно, различны у разных типов клеток, однако их молекулярная организация, сами принципы построения их молекул неизменны, каковы бы ни были различия в деталях. Только полинуклеотиды определенного типа служат в природе для хранения и передачи генетической информации [7, 9]. Ни одна другая молекула ни в одной из живых клеток выполнять эти функции не в состоянии.

Белки играют роль биокатализаторов, и никакие другие макромолекулы, кроме белков, не способны катализировать химические реакции в живой клетке.

Стратегия обеспечения клетки энергией в общих чертах у разных видов одинакова. Молекула АТФ служит связующим звеном между

системами, преобразующими энергию, и системами, ее потребляющими. Существуют три основные системы, обеспечивающие сопряжение окисления с синтезом АТФ. Никаких замен этих систем ни у одной из известных форм жизни мы не знаем.

Основные принципы, лежащие в основе всех главных метаболических процессов клетки, а также биокатализаторы, участвующие в этих процессах, оказались удивительно устойчивыми к эволюционным изменениям.

Для биохимической регуляции клеточных процессов используются универсальные молекулярные механизмы. Сам факт существования биохимической универсальности свидетельствует о том, что по крайней мере в течение последних двух миллиардов лет ни основные свойства, ни основные элементы живых систем не претерпели существенных изменений.

## Заключение

Биохимия – одна из важнейших биологических наук. Она изучает процессы обмена, включающие многообразные химические реакции, обеспечивающие синтез различных органических веществ – составных частей тканей организмов (процессы ассимиляции), а также реакции, приводящие к распаду органических веществ, сопровождающиеся использованием организмом их потенциальной энергии (процессы диссимиляции). Совокупность процессов ассимиляции и диссимиляции составляет обмен веществ между организмами и внешней средой. Это является одной из самых характерных особенностей проявления жизни.

Изучение химического состава живых организмов, выделение из тканей отдельных веществ и выяснение их химической структуры сближают биохимию с органической химией. Это направление в биохимии принято называть статическим. Изучение биохимической статистики привело к ряду крупнейших открытий, без которых немислимо было бы развитие иных направлений в биохимии. В самом деле, изучение химических превращений веществ, входящих в состав тканей организма, а также веществ, поступающих в организм извне и ассимилируемых клетками, требует глубокого знания химической природы этих веществ. Изучение процессов обмена веществ и связанное с ним исследование химической природы продуктов, образующихся в организме, составляет предмет динамической химии.

Биохимия теснейшим образом связана с физиологией, изучающей функции органов и организма в целом. Однако задачи, стоящие перед физиологией, и методы, применяющиеся для их разрешения, отличаются от задач и методов биохимии. Физиология изучает закономерности проявления функций органов и организма и пользуется для этой цели преимущественно методами физики. Биохимия же изучает химические

закономерности, лежащие в основе функциональной активности органов или тканей, и использует преимущественно методы химии, включая методы физической химии.

Тесная связь биохимии и физиологии создала новое направление в биохимии, известное под названием функциональной биохимии. Задача функциональной биохимии сводится к изучению химических закономерностей превращения веществ, лежащих в основе проявления функций органов и организма в целом.

Можно выделить следующие основные проблемы в области биологической химии, которые предстоит исследовать в ближайшей и отдаленной перспективе:

- 1) дифференцировка клеток высших организмов (эукариот);
- 2) организация и механизм функционирования генома;
- 3) регуляция действия ферментов и теория энзиматического каталога;
- 4) процессы узнавания на молекулярном уровне;
- 5) молекулярные основы соматических и наследственных заболеваний человека;
- 6) молекулярные основы злокачественного роста;
- 7) молекулярные основы иммунитета;
- 8) рациональное питание;
- 9) молекулярные механизмы памяти;
- 10) биосинтез белка;
- 11) биологические мембраны и биоэнергетика.

Основное назначение биологической химии сводится к тому, чтобы решать на молекулярном уровне фундаментальные общебиологические задачи, включая проблему зависимости человека от экосистемы.

### Библиографический список

1. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. – М.: Медицина, 2001. – 587 с.
2. Грин Д., Гольдберг Д. Молекулярные аспекты жизни. – М.: Мир, 1968. – 400 с.
3. Кольман Я., Рем К. Наглядная биохимия. – М.: Мир, 2000. – 389 с.
4. Матусис И.И. Витамины и авитамины. – М.: Сов. Россия, 1975. – 236 с.
5. Мецлер Д. Биохимия. – М.: Мир, 2000. – 606 с.
6. Николаев Л.А. Химия жизни: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1977. – 239 с.
7. Проскурина И.К. Биохимия: Учеб. пособие для ин-тов физ. культуры. – М.: Просвещение, 2001. – 164 с.
8. Розенгарт В.И. Ферменты – двигатели жизни. – Л.: Наука, 1983. – 160 с.
9. Роуз С. Химия жизни. – М.: Мир, 1963. – 302 с.

## Оглавление

Введение.....	3
Химический состав организма.....	4
Вода в живом организме, ее биологическая роль.....	11
Обмен веществ – основа жизни.....	14
Ферменты.....	19
Витамины.....	24
Биоэнергетика.....	27
Биохимическая универсальность.....	32
Заключение.....	36
Библиографический список.....	38

Розенфельд Александр Семенович

**ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Учебное пособие

Редактор Е.А. Ушакова

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета  
университета

Подписано в печать 14.05.04. Формат 60 × 84/16. Бумага для множ. аппаратов. Печать плоская. Усл. печ. л. 1,8. Уч. изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 169

Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.  
Ризограф РГППУ. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.