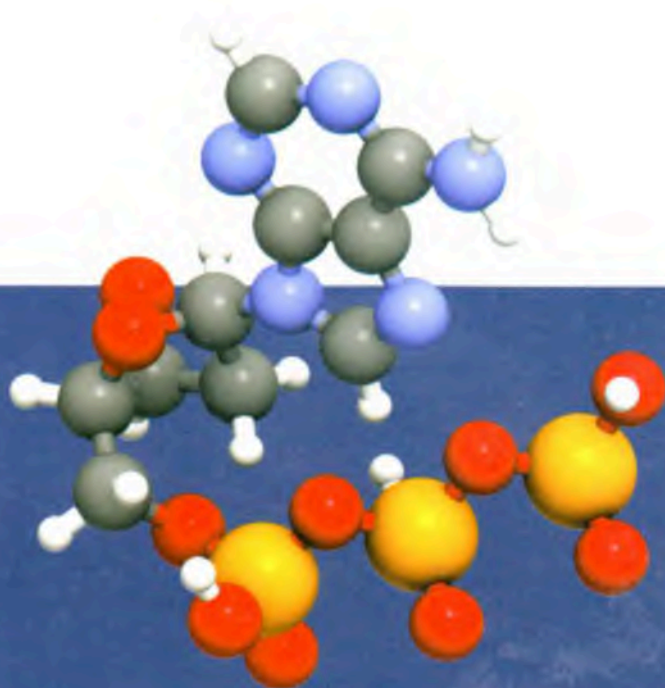


ТУЙЧИБАЕВ М.

# БИОХИМИЯ И БИОХИМИЯ СПОРТА



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТУЙЧИБАЕВ М.

# **БИОХИМИЯ И БИОХИМИЯ СПОРТА**

*Рекомендовано Министерством высшего и среднего  
специального образования Республики Узбекистан  
в качестве учебника для студентов, обучающихся  
по специальности бакалавриата 5610500  
«Спортивная деятельность» (по видам спорта)*

Издательство Национального общества философов Узбекистана  
Ташкент – 2017

УДК: 577:796(075.8)

ББК 28.707.2я73

Т 81

Т 81 Туйчибаев, М.

Биохимия и биохимия спорта [Текст]: учебник/  
М.У.Туйчибаев. –Ташкент: Издательство Национального общества философов Узбекистана, 2017. –480 с.

УДК: 577:796(075.8)

ББК 28.707.2я73

Учебник подготовлен согласно учебной программе, утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования РУз, и состоит из трех частей. В первой части – «Статистическая биохимия» описываются строение (структура), свойства и биологические функции химических соединений, входящих в состав живых организмов. В «Динамической биохимии» излагаются современные данные о разнообразиях биохимических превращений в организме человека, составляющих основу его физиологических функций. В «Биохимии спорта» приводятся сведения об особенностях биохимических превращений при мышечной деятельности и их закономерности. Учебник предназначен для студентов институтов физической культуры и факультетов физической культуры других высших учебных заведений.

#### Рецензенты:

Б.А. Ташмухамедов – академик АН РУз, доктор биологических наук, профессор;

Т.С. Соатов – академик АН РУз, доктор биологических наук, профессор.

ISBN 978-9943-07-557-3



© Издательство национального общества философов Узбекистана, 2017.

## Предисловие

Во второй половине XIX века биологическая химия стала выделяться в самостоятельную науку, имеющую свой предмет и методы исследования.

Подлинное развитие биологической химии наступило в XX веке, когда всемирно важные открытия во многих ее областях следовали одно за другим. Иначе говоря, XX век ознаменовался такими крупными открытиями в области биохимии, как расшифровка структуры белков и нуклеиновых кислот, выяснение механизмов биосинтеза этих биомолекул, выяснение способа хранения и передачи генетической информации, установление основных принципов и механизмов трансформации энергии в биологических системах, расшифровка реакций обмена веществ в их взаимодействии, роль каталитических свойств белков, выяснение молекулярных механизмов действия гормонов, витаминов и других физиологически активных соединений и т.д.

Последние годы характеризуются бурным развитием таких новых областей биохимии, как молекулярная биология, биотехнология, генная инженерия, клонирование.

Программа подготовки высококвалифицированных специалистов по физическому воспитанию и спорту требует глубокого овладения знаниями процессов жизнедеятельности организма человека. Известно, что в основе всех проявлений жизнедеятельности организма лежат биохимические превращения в клетках. В связи с этим изучение биохимии в институтах физической культуры составляет важный этап в формировании будущего тренера и преподавателя физической культуры.

Знание биохимических закономерностей физического развития и спортивной тренировки позволяет на строго научной основе решать вопросы правильного отбора людей для занятий спортом, изыскивать наиболее эффективные

средства и методы тренировки, правильно оценивать их применение, определять степени тренированности и восстановления организма спортсмена и точно прогнозировать спортивные достижения.

Кроме того, развитие биохимии спорта за последние годы также характеризовалось накоплением новых экспериментальных фактов, установлением ряда основополагающих закономерностей, возникновением новых концепций и теорий.

Однако в полной мере овладеть этими новыми материалами на основе имеющихся теоретических и экспериментальных данных, рассеянных по многочисленным научным статьям и книгам, студенту практически невозможно. Повидимому, возникла необходимость подготовки и издания нового учебника, в достаточно полной степени отражающего современный уровень знаний в области биохимии и биохимии спорта.

При подготовке данного учебника автор учитывал наличие у студентов необходимой специальной подготовки в объеме школьного курса химии и биологии. В изложении учебного материала автор старался, насколько это было возможно, полнее отразить функциональные аспекты биохимических процессов, которые происходят в органах и тканях организма человека. В разделе «Биохимия спорта» он делает основной акцент на раскрытие анаэробных и аэробных биоэнергетических механизмов преобразования энергии, служащих непосредственными источниками энергии (АТФ) для мышечной деятельности и усовершенствования путей регуляции, на биохимическое обоснование методов и средств, направленных на развитие и улучшение скоростных и силовых качеств и выносливости, установление принципов рационального сбалансированного питания спортсменов, изыскание путей и средств повышения спортивной работоспособности, вместе с организацией и проведением биохимического контроля.

Данный учебник в соответствии с традиционным разделением биохимии на статическую, динамическую и функциональную состоит из трех частей:

- статической биохимии, занимающейся преимущественно анализом химического состава организмов;
- динамической биохимии, изучающей всю совокупность превращений веществ в организме;
- биохимии спорта, являющейся составной частью функциональной биохимии, исследующей основные закономерности биохимических превращений в организме человека в процессе занятий физическими упражнениями.

Каждая часть подразделяется на разделы, которые расположены в логической последовательности, чтобы облегчить восприятие учебного материала. Каждый раздел соответствует одной теме и содержит в себе основные сведения по затрагиваемой проблеме.

В основу учебника положен курс лекций по биохимии и биохимии спорта, который читал автор на протяжении многих лет в УзГИФК.

Для лучшего усвоения учебного материала в конце каждого раздела приводятся словарь основных понятий и терминов, контрольные вопросы и задания, а также тестовые задания для самопроверки.

Автор заранее приносит свою искреннюю благодарность за Ваши критические замечания, полезные советы и пожелания по содержанию данного учебника, которые могут возникнуть в процессе работы.

**М. Туйчибаев**

# **I. СТАТИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

### **1.1. Предмет биохимии и его значение для специалистов по физическому воспитанию и спорту**

Биохимия — одна из наиболее бурно развивающихся областей современной физико-химической биологии, которая изучает строение, свойства и биологические функции веществ, входящих в состав живых организмов, их превращения, а также связь этих превращений с функцией тканей и органов.

Однако биохимия изучает не только строение, свойства этих веществ и их процессов в ходе синтеза и распада в организме, но и то, как эти превращения сопряжены с поглощением и выделением энергии, каковы механизмы энергетического обмена, на которых основывается осуществление разнообразных физиологических функций. Из этих определений вытекает, что биохимия складывается как бы из 3-х частей:

- статической биохимии, занимающейся преимущественно анализом химического состава организмов;
- динамической биохимии, изучающей всю совокупность превращения веществ в организме;
- функциональной биохимии, исследующей химические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности отдельных тканей и органов и проявление их специфической функции.

При этом все эти три части биохимии неразрывно взаимосвязаны между собой и дополняют друг друга.

Биохимия спорта является частью функциональной биохимии и изучает основные закономерности биохимических превращений в организме человека в процессе занятий фи-

зическими упражнениями, а также ряд специальных вопросов: биохимические основы построения спортивной тренировки; обеспечение энергией мышечной работы различной мощности и продолжительности; особенности протекания биохимических процессов при занятиях физическими упражнениями у людей разного возраста и т.д.

Вместе с тем, биохимия спорта является и частью теории физического воспитания; она изучает особенности течения процессов обмена веществ при выполнении физических упражнений и использование биохимических законов деятельности организма для совершенствования методов обучения и тренировки, установления принципов рационального питания спортсменов и изыскания путей повышения спортивной работоспособности.

Биохимический контроль в спорте позволяет выявить влияние на организм человека и отдельных тренировочных упражнений и всей системы тренировки в целом. Он дает возможность оценить по объективным показателям уровень тренированности спортсменов, скорость восстановительных процессов после спортивно-педагогической нагрузки, вытекающей из поставленной задачи по определению наилучшей продолжительности тренировочной работы и отдыха. Зная закономерности протекания биохимических процессов в организме, можно регулировать его функциональное состояние с помощью подобранной диеты и фармакологических средств, ускорять процессы восстановления после выполнения напряженной работы, подбирать в ходе тренировки такие упражнения, которые приводят к усилению конкретных биохимических процессов, лежащих в основе проявления различных двигательных качеств спортсменов: силы, быстроты, выносливости и т.д.

В настоящее время без знания биохимии физических упражнений невозможно сознательное управление процес-



сами физического воспитания и спортивной тренировки, также, как невозможен и действенный контроль за развитием тренированности.

Следовательно, знание биохимии физических упражнений и спорта, безусловно, необходимо для студентов институтов физической культуры, так как тренер и педагог в области физического воспитания должны хорошо знать биохимические и физиологические процессы, происходящие в организме спортсмена, и творчески использовать свои знания в практической деятельности. А для того, чтобы понять и усвоить биохимию физических упражнений и спорта, необходимо знать основы общей биохимии.

Биохимия (в частности биохимия спорта) занимает центральное место среди научных дисциплин, объединенных в комплекс спортивных наук, таких, как – физиология спорта, биохимия мышечной активности человека, гигиена спорта, спортивная морфология, биомеханика физических упражнений, спортивная медицина, теория и методика спорта. Все эти предметы взаимосвязаны между собой и дополняют друг друга.

## **1.2. Элементарный состав живых организмов, свойства атомов и строение биоорганических молекул**

Элементарный состав живых организмов существенно отличается от состава неживой природы (в частности почвы). Например, в составе различных живых организмов к настоящему времени обнаружено всего лишь около 40 (чаще всего 27) из более 100 природных химических элементов, присутствующих в земной коре. Кроме того, соотношение этих элементов в живом организме совсем иное, чем в земной коре. Так, в живых клетках углерод (С) составляет 50–60% сухого вещества, азот (N) – 8–10%, кислород (O) –

25–30% и водород (H) – 3–4%. В то же время в земной коре на долю С, Н и N, вместе взятых, приходится менее 1% от ее общей массы.

По количественному содержанию этих элементов в живых организмах деление делается на 3 группы:

– основные элементы (или микроэлементы) – С, О, Н и N, на долю которых приходится от 2 до 60 ат.%. Эти элементы имеют универсальное значение: они используются для построения практически всех биомолекул, входящих в состав живого организма;

– микроэлементы – натрий, магний, фосфор, хлор, сера, калий, кальций присутствуют от 0,1 до 0,002 ат.%. Многие из них находятся в виде ионов:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Ионный состав организма во многом сходен с ионным составом морской воды. Это, по всей вероятности, обусловлено тем, что первичные живые организмы возникли и развились в первобытном океане (по теории возникновения жизни на земле акад. Опарина);

– ультрамикроэлементы (В, Si, W, Fe, Mn, Ti, Co, Cu, Zn, Mo) присутствуют в живых организмах в следовых количествах, т.е. меньше 0,001 ат.%. Они играют определенную регуляторную роль в работе различных ферментов и биологически активных соединений (хлорофилл, гемоглобин, цитохромы и т.д.). Например, многие ферменты – фосфолипазы  $A_2$  свои максимальные каталитические активности проявляют в присутствии в среде ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , ионы  $\text{Fe}^{2+}$ , входя в состав гемоглобина, миоглобина и ряда цитохромов, а ионы  $\text{Cu}^{2+}$  – в состав хлорофилла, определяют их специфические биологические функции.

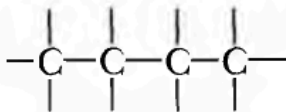
Химические свойства живых организмов в значительной степени зависят от атома углерода, на долю которого приходится, как уже было указано выше, более половины (50–60%) их сухого веса. Атомы углерода так же, как и ато-

мы водорода, кислорода, азота и др. могут образовывать химические (**ковалентные**) связи, т.е. связи, осуществляемые парами электронов, принадлежащих обоим соединяющимся атомам.

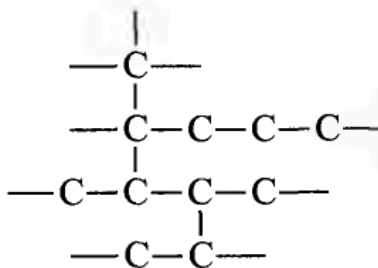
Однако, наиболее важное значение имеет способность атомов углерода взаимодействовать между собой, т.е. «делиться» электронными парами друг с другом, что приводит к формированию очень устойчивых одинарных углерод-углеродных связей ( $-C-C-$ ;  $-C=C-C-$ ;  $-C-C-C-$ ). Каждый атом углерода может образовывать связь с одним, двумя, тремя или четырьмя атомами углерода.

Благодаря этим свойствам ковалентно связанные атомы углерода способны образовывать множество разнообразных структур. Например:

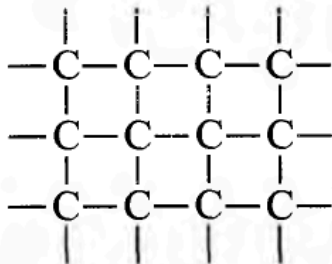
— линейные (ациклические):



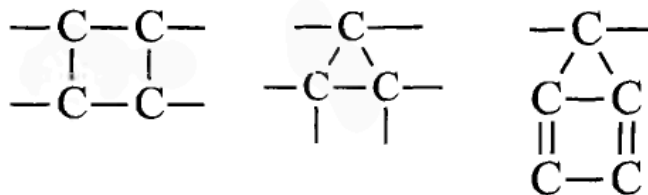
разветвленные:



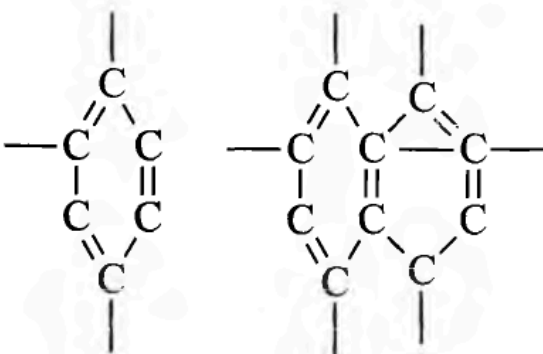
сетчатые:



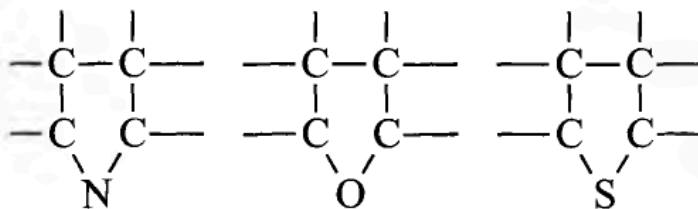
циклические:



— ароматические:



— гетероциклические:



Все эти структуры лежат в основе многочисленных органических молекул самых разнообразных типов. К таким углеродным скелетам могут присоединяться и атомы других элементов (**H, O, N, S, P** и т.д.) или атомные группы (**-NH<sub>2</sub>, -CHO, -SH<sub>2</sub>, -COOH** и т.д.).

Вещества, имеющие скелеты из ковалентно связанных атомов углерода, называются **органическими соединениями**, причем, их разнообразие практически безгранично. Каждая органическая молекула (биомолекула) имеет специфическую форму и определенные размеры.

Почти все органические биомолекулы являются производными **углеводородов** — соединений, состоящих из атомов углерода и водорода. Скелет углеводородов построен из атомов углерода, соединенных ковалентными связями. Остальные связи углерода используются для связывания их с атомами водорода.

Один или более атомов водорода в молекулах углеводородов могут быть замещены различными функциональными группами (это активная группа атомов, обладающая специфическими химическими свойствами). При этом образуются различные классы органических соединений. В таблице 1 приведены некоторые функциональные группы, которые, присоединяясь к углеводородным радикалам, образуют различные классы органических соединений.

Имеется еще много классов органических соединений, содержащих ряд других **функциональных групп** (метильная, этильная, фосфатная, фенильная и т.д.), не приведенных в таблице 1.

Все эти функциональные группы органических биомолекул определяют их химические свойства. Большинство биомолекул содержат функциональные группы двух или нескольких типов, и поэтому обладает полифункциональными свойствами. Например, аминокислоты (в качестве примера можно взять аминокислоту аланина —  $\text{CH}_3\text{-CH-COOH}$ )



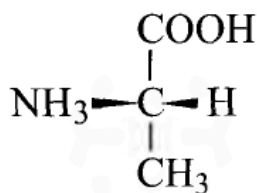
содержат в своем составе карбоксильную ( $-\text{COOH}$ ) и аминокислотную ( $-\text{NH}_2$ ) группу, и поэтому они обладают как кислотными, так и щелочными свойствами.

### Функциональные группы, входящие в состав органических соединений

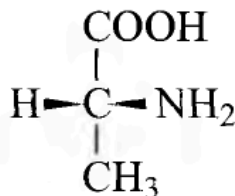
Функциональные группы	Структурная формула	Название класса органических соединений	Типичные представители	Обычное название
- H	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Углеводороды	$\text{CH}_4$ $\text{C}_2\text{H}_6$ $\text{C}_3\text{H}_8$	Метан Этан Пропан
- OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{R}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Спирты	$\text{CH}_3\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Метанол Этанол Пропанол
- CHO	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{R}-\text{C}=\text{O} \end{array}$	Альдегиды	$\text{HCHO}$ $\text{CH}_3\text{CHO}$	Формальдегид Ацетальдегид
$\begin{array}{c}   \\ \text{CO} \\   \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}'-\text{C}-\text{R}'' \end{array}$	Кетоны	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}$	Ацетон
- COOH	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Карбоновые кислоты	$\text{HCOOH}$ $\text{CH}_3\text{COOH}$	Муравьиная кислота Уксусная кислота
- CH <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> -	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{R}'' \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Простые эфиры	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	Диэтиловый эфир
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{R}'' \end{array}$	Сложные эфиры	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ $\text{CH}_3$	Этилацетат
- CONH <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	Амиды	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$	Ацетамид

$-\text{NH}_2$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \\   \\ \text{H} \end{array}$	Амины	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	Этил-амин
$-\text{SH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{C}-\text{SH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Тиолы	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	Этантиол

Еще одним замечательным свойством органических биомолекул является то, что тетраэдрическая структура атома углерода обуславливает явление асимметрии многих биомолекул. Молекулы, в которых один из атомов углерода связан с четырьмя разными атомами или функциональными группами, могут приобретать две различные пространственные конфигурации, являющиеся зеркальным отражением друг друга. Такие соединения называются **асимметричными** или **оптическими изомерами**. Одно из них вращает плоскость поляризации в одном направлении, а другая – в противоположном. То, что осуществляет вращение влево, называют **L-изомером**, а вправо – **D-изомером**, или перед названием вещества ставится символ **L-** или **D-**. Примером могут служить молекулы аминокислоты – аланина.



*L-аланин*



*D-аланин*