

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. П. Нефедова**

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза**

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 577.1 (076)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «КГТУ»  
Г. Е. Степанцова

Нефедова, Н. П.

Биологическая химия: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. обучающихся в бакалавриате по напр. подгот. 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза / Н. П. Нефедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 49 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Биологическая химия» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, список учебной литературы, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы, варианты контрольной работы для направления подготовки 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза, формы обучения очная, заочная.

Табл. 3, список лит. – 5 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала кафедрой химии 31 мая 2022 г., протокол № 8

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 июня 2022 г., протокол № 7

УДК 577.1 (076)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Нефедова Н. П., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ОСВОЕНИЮ</b> .....	7
Введение.....	8
1.1 Химический состав живых организмов.....	8
1.2 Витамины.....	10
1.3 Ферменты.....	12
1.4 Гормоны.....	15
1.5 Вода. Минеральные вещества.....	17
1.6 Понятие об обмене веществ и энергии.....	18
1.7 Биологическое окисление.....	21
1.8 Обмен углеводов.....	24
1.9 Обмен липидов.....	28
1.10 Обмен белков и нуклеиновых кислот.....	31
1.11 Биохимия крови.....	35
1.12 Биохимия мышечной ткани.....	36
1.13 Биохимия молочной железы.....	37
<b>2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ</b> .....	38
2.1. Выбор варианта и оформление контрольной работы.....	38
2.2. Методические указания по выполнению заданий контрольной работы.....	41
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	42
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	43
Приложение 1 Контрольные задания.....	43
Приложение 2 Экзаменационные вопросы.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Биологическая химия» предназначено для студентов очной и заочной форм обучения в бакалавриате по направлению подготовки 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза.

Целью освоения дисциплины «Биологическая химия» является формирование у обучающихся теоретических и практических знаний по дисциплине и умения их использовать в своей профессиональной деятельности.

При реализации дисциплины «Биологическая химия» организуется практическая подготовка путем проведения лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Задачами изучения дисциплины являются – изучение на молекулярном уровне химического состава живых организмов;

- изучение основных обменных процессов, протекающих в живых организмах, и их связи с деятельностью клеток, тканей, органов и организма в целом;

- приобретение экспериментальных навыков биохимических исследований, умения анализировать полученные результаты экспериментов.

В результате изучения дисциплины студент должен

Знать:

- содержание, структуру и распределение веществ в организме;
- процессы переваривания и всасывания пищевых веществ;
- основные обменные процессы, лежащие в основе жизнедеятельности (синтез, распад, взаимопревращения веществ), их катализ и регуляцию, нарушения обмена веществ;

- правила интерпретации результатов биохимических исследований для определения физиологического состояния животных.

Уметь: применять основные методы биохимических исследований для изучения химического состава и обменных процессов в организме.

Владеть: приёмами мониторинга обменных процессов в организме.

Знания в области биологической химии необходимы студентам для изучения микробиологии и иммунологии, ветеринарной биологии и генетики, физиологии и этологии животных и других учебных дисциплин.

Студенту заочной формы обучения следует выполнить контрольную работу, включающую задания по основным темам дисциплины. Рекомендации по ее оформлению, таблицы для выбора вариантов, контрольные задания и методические указания по их выполнению приведены в заключительной части учебно-методического пособия. Контрольная работа должна быть проверена преподавателем и зачтена до начала экзаменационной сессии.

Таблицы для выбора варианта, контрольные задания и методические указания по их выполнению приведены в заключительной части данного учебно-методического пособия.

Непременным условием успешного усвоения дисциплины «Биологическая химия» является выполнение лабораторного практикума, развивающего у студентов навыки научного экспериментирования, исследовательский подход к изучению темы. Перечень и содержание лабораторных работ приводятся в учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ.

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные и контрольные работы. Перечень экзаменационных вопросов приведен в разделе «Приложения».

Экзаменационная оценка выставляется по результатам текущей успеваемости (теоретические опросы, тестирование, защита лабораторных работ, защита контрольной работы для заочной формы обучения) или экзамена по экзаменационным билетам. Основой для определения оценки на экзамене служит уровень усвоения учебного материала (табл. 1).

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 1).

Таблица 1. Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении <b>изучаемых</b> объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ОСВОЕНИЮ

Лекционный курс по дисциплине включает основные вопросы статической, динамической и функциональной биохимии.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в табл. 2.

Таблица 2. Объем (трудоемкость освоения) и содержание ЛЗ

Номер темы	Тема лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
	Введение	0,5	0,25
1.1	Химический состав живых организмов	1,5	-
1.2	Витамины	2	0,25
1.3	Ферменты	2	0,25
1.4	Гормоны	2	0,25
1.5	Вода. Минеральные вещества	1	-
1.6	Понятие об обмене веществ и энергии	1	
1.7	Биологическое окисление	3	0,5
1.8	Обмен углеводов	4	1
1.9	Обмен липидов	4	0,5
1.10	Обмен белков	5	1
1.11	Биохимия крови	1	-
1.12	Биохимия мышечной ткани	2	-
1.13	Биохимия молочной железы	1	-
Итого		30	4

Приступая к изучению очередной темы, обучающемуся следует ознакомиться с вопросами темы программы дисциплины, получить общее представление об учебном материале, затем изучить его по лекционному материалу и учебной литературе. При этом необходимо усвоить понятия и закономерности, образующие теоретическую основу дисциплины. Затем следует ознакомиться с примерами заданий и вопросами для самопроверки для уяснения объема требований. Их цель – проверка и закрепление знаний по дисциплине, выработка умения пользоваться полученными знаниями при решении учебных и практических задач. Полезно составление конспекта.

## **Введение**

### **Вопросы темы**

1. Предмет биологической химии.
2. Рабочие направления в биохимии.
3. Общая биохимия.
4. Статическая, динамическая и функциональная биохимия.
5. Значение биологической химии для ветеринарно-санитарной экспертизы.

Биологическая химия как основа в изучении дисциплин, формирующих бакалавра по направлению «Ветеринарно-санитарная экспертиза».

### **Литература [1, 2]**

#### **Методические рекомендации**

Приступая к изучению учебного материала по биологической химии, студенту необходимо повторить органическую химию, обратив особое внимание на биоорганические соединения

При изучении введения студент знакомится с предметом и задачами биологической химии. Рабочие направления в биологической химии определяются направленностью или объектом исследования, а такие её разделы, как статическая, динамическая и функциональная биохимия характерны для любого рабочего направления.

## **Тема. 1.1 Химический состав живых организмов**

### **Вопросы темы**

Химическая общность живой и неживой природы.

Химическое единство живых систем.

Химические элементы, входящие в состав живых организмов.

Органогены. Макро- и микроэлементы.

Общая характеристика и значение основных групп веществ, содержащихся в живых организмах.

### **Литература [3]**

#### **Методические рекомендации**

При рассмотрении данной темы усвойте, что статическая биохимия изучает качественный и количественный элементный и вещественный состав живых организмов, а также распределение различных элементов и веществ в организме в целом, в различных органах и тканях, в различных клетках, в различных органоидах. При этом обратите серьезное внимание на сведения о роли этих элементов и веществ в организме. Химические элементы и вещества являются материальным фундаментом жизни. Уясните, что существование живых организмов на Земле связано с отбором химических элементов. Например, концентрация углерода, азота, фосфора в живых организмах в десятки и сотни раз превышает концентрацию этих элементов в земной коре, а кремний и алюминий, которые вместе составляют более одной трети веса земной коры, в большинстве организмов присутствуют лишь в следовых количествах. В то же время существует химическая общность неживой природы и живых систем. Особое внимание обратите на содержание и роль в живых системах таких химических элементов, как органогены (углерод, водород, кислород, азот, фосфор, се-



ра). На их основе построены важнейшие в биологическом отношении биоорганические молекулы – белки и нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, витамины. Органогены – химические элементы, лежащие в основе единства биологических систем на Земле.

При изучении данной темы обратите внимание на пластическую, энергетическую, каталитическую, генетическую роль различных веществ, на их количественное содержание в организме. Уясните понятие о метаболитах – веществах, которые образуются в ходе биохимических процессов и зачастую играют существенную роль в организме. Например, щавелево-уксусная кислота является промежуточным продуктом химических превращений углеводов и белков, в то же время она играет роль своеобразного катализатора в цитратном цикле – процессе, протекающем при окислении различных веществ в организме (аминокислот, липидов, углеводов и др.). Изучая следующие разделы курса, вы убедитесь, как многообразна роль различных метаболитов.

Получите представление о стимуляторах, активаторах, ингибиторах, медиаторах. Серьезное внимание уделите вопросу круговорота веществ и элементов в природе. Рассматривайте эти вопросы под углом проблемы охраны природы.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что изучает биохимия?
2. При развитии какой науки возникла биохимия?
3. Какие методы использует биохимия?
4. Какие рабочие направления в биохимии вы знаете?
5. Что изучает общая биохимия?
6. Какие проблемы в области ихтиологии и рыбоводства могут быть решены на основе знаний по биохимии?
7. Какие химические элементы относят к микро- и макроэлементам?
8. Какие микроэлементы добавляют в корма животных?
9. Какие химические элементы относят к органогенам?
10. Какие вещества называют метаболитами?
11. Какие вы знаете пластические и энергетические вещества?
12. Какие химические вещества в организме играют каталитическую роль?
13. Какие химические вещества в организме играют генетическую роль?
14. Какие конечные продукты жизнедеятельности вы знаете?
15. Какие продукты полного распада веществ в организме вы знаете?
16. Какие металлы имеют наибольшее значение для живых организмов?
17. Каково содержание основных химических элементов в живом организме?
18. Каково содержание основных химических веществ в живом организме?

## **Тема 1.2 Витамины**

### **Вопросы темы**

Значение витаминов в жизнедеятельности организмов, как незаменимых факторов питания.

Витамины в составе и функционировании ферментов и биологических мембран.

Многообразие функций отдельных витаминов.

Классификация и номенклатура витаминов.

Жирорастворимые и водорастворимые витамины. Химическая природа, биологическая роль.

Авитаминоз. Гиповитаминоз. Гипервитаминоз. Провитамины.

Понятие об антивитаминах.

Источники витаминов. Потребность в витаминах. Методы определения витаминов.

### **Литература [2, 3]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен:

- усвоить сведения о составе, строении, свойствах, отдельных представителях, классификации, распределении и биологической роли витаминов;
- получить представление о методиках качественного и количественного определения витаминов, практически освоить некоторые из них.

Витаминами называют жизненно важные, т.е. незаменимые пищевые факторы. К витаминам относят низкомолекулярные органические вещества, жизненно необходимые для организмов, поступающие в организм извне, биологически активные в малых дозах (по сравнению с основными компонентами пищи – белками, углеводами, липидами). Химическая природа витаминов весьма разнообразна, поэтому при их изучении вспомните состав, строение и свойства соответствующих групп веществ. Например, для лучшего понимания свойств в организме и биологической роли витамина РР повторите материал о шестичленных гетероциклических азотосодержащих соединениях вообще и о никотиновой кислоте, в частности.

Уясните, что животные получают витамины извне, прежде всего с пищей. Вырабатывается основная масса витаминов клетками растений, для которых эти вещества являются не витаминами, а метаболитами. Некоторые витамины могут синтезироваться в организме животных, но в недостаточных количествах. Например, небольшое количество витамина РР может синтезироваться из аминокислоты триптофана. Одно и то же вещество может являться витамином для одних животных, но быть обычным метаболитом для других. Например, витамин С – аскорбиновую кислоту – синтезируют почти все животные, не способны к этому лишь человек, человекообразные обезьяны и один вид птиц. Некоторые витамины образуются в организме животных из своих химических предшественников – провитаминов. Большинство провитаминов имеет растительное происхождение и поступает в организм с пищей, как, например, каротины – провитамины А. Некоторые провитамины синтезируются в организ-

ме животных, например, 7-дегидрохолестерин - провитамин Д<sub>3</sub>. Проследите пути превращения провитаминов в витамины.

Необходимо усвоить сведения о методах изучения витаминов, о единицах их измерения; иметь понятие об авитаминозах, гипо- и гипервитаминозах – заболеваниях, вызываемых нарушениями в потреблении или биосинтезе витаминов.

В силу химической разнородности витаминов единственный признак, по которому их классифицируют, разбивая на две группы, – это растворимость. Изучив классификацию витаминов, приступайте к изучению важнейших витаминов по следующей схеме: состав, строение, свойства витамина, источники, условия хранения, роль в обменных процессах, потребность, проявления авитаминоза, гипо- и гипервитаминоза.

Витамины участвуют в регуляции обменных процессов в клетке. Многие из них являются коферментами или входят в их состав, влияют на биокатализ. Такие витамины называют коферментными. Коферментными являются в основном водорастворимые витамины. Например, витамин В<sub>2</sub> является составной частью ФМН и ФАД – коферментов аэробных дегидрогеназ. Изучая в дальнейшем обмен веществ, следует учитывать участие витаминов в конкретных биохимических реакциях и процессах.

Жирорастворимые витамины участвуют в работе биологических мембран. Их называют мембранными. Например, повышение дозы витамина А приводит к повреждению мембран лизосом, в результате чего в цитоплазму начинают выходить вырабатываемые лизосомами ферменты. Недостаток жирорастворимых витаминов приводит к нарушению процессов окислительного фосфорилирования, которые происходят на уровне мембран.

Функции многих витаминов разнообразны. Например, витамин А участвует и в работе биологических мембран, и в процессе световосприятия (в составе родопсина).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова история открытия витаминов?
2. Какова биологическая роль витаминов?
3. Какие организмы синтезируют витамины?
4. В каких единицах принято выражать содержание витаминов в продуктах?
5. На каких принципах основана классификация витаминов?
6. Что такое авитаминозы? Приведите примеры.
7. Каковы условия хранения кормов, являющихся источником витаминов группы А?
8. Каковы условия хранения кормов, являющихся источником витаминов группы Д?
9. Каковы условия хранения кормов, являющихся источником витамина В<sub>1</sub>?
10. Какие вы знаете витамины, входящие в состав ферментов?
11. Известен ли вам гипервитаминоз Д?
12. Какие провитамины и витамины стероидной природы вам известны?
13. Какие методы определения витаминов вам известны?

## **Тема 1.3 Ферменты**

### **Вопросы темы**

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы.

Физико-химические свойства ферментов, обусловленные их белковой природой.

Состав и структура ферментной молекулы. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Активный и аллостерический центры.

Кофактор (кофермент, простетическая группа). Роль витаминов и металлов в биокатализе.

Отличия ферментов от других катализаторов: высокая каталитическая способность, специфичность действия, способность к регуляции.

Единицы измерения активности ферментов.

Общее представление о механизме действия ферментов. Факторы, влияющие на активность ферментов (концентрация фермента и субстрата, температура, рН и др.).

Проферменты. Активаторы и ингибиторы ферментов.

Номенклатура и классификация ферментов.

Мультиферментные комплексы.

Локализация ферментов в живой клетке.

### **Литература [1, 3]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен:

- усвоить сведения о составе, строении, свойствах, отдельных представителях, классификации, номенклатуре, распределении и биологической роли ферментов;

- получить представление о методах качественного и количественного исследования ферментов, практически освоить некоторые из них.

Эта тема – одна из важнейших в биологической химии, так как ферменты являются главнейшими биологическими катализаторами, катализируют подавляющее большинство химических реакций и процессов в организме. Приступая к изучению темы, повторите разделы неорганической и физической химии, посвященные катализу. Поскольку ферменты являются белками, при изучении настоящей темы используйте знания, полученные при изучении темы 10 «Белки». Поскольку в работе многих ферментов принимают участие входящие в их состав витамины, используйте знания, полученные при изучении темы 2 «Витамины».

Подавляющее большинство химических реакций в живых организмах катализируется ферментами. Ферменты – высокоэффективные белковые катализаторы биохимических реакций. Они ускоряют медленно текущие реакции за счет снижения энергии активации, необходимой для осуществления данной реакции, понижают скорость катализируемой реакции в  $10^{12}$  раз и более. Ферменты, как всякие катализаторы, не способны вызывать реакции, невозможные по термодинамическим условиям. Определенные последовательности реакций в различных метаболических путях ускоряются генетически заданными набо-

рами соответствующих ферментов. Важнейшим свойством ферментов является их регулируемость.

Будучи простыми или сложными белками, ферменты проявляют все свойства белков. В двухкомпонентных ферментах связь белковой части фермента (апофермента) с коферментом может быть прочной или временной. Например, в процессе гликолиза одна и та же молекула НАД функционирует в составе двух разных ферментов: сначала в составе фосфоглицероальдегиддегидрогеназы, затем на последнем этапе гликолиза в составе лактатдегидрогеназы.

Разбирая материал о механизме биокатализа, остановитесь на теории образования фермент-субстратных комплексов. Связь между ферментом и субстратом может иметь различную химическую природу. Но в любом случае в этом комплексе, вероятно, происходит ослабление определенных связей в молекулах субстрата, что повышает реакционную способность последнего и снижает энергетический барьер реакции. Следовательно, снижается и энергия активации, что приводит к увеличению скорости реакции. Обратите внимание на изменение пространственной структуры фермента при образовании фермент-субстратного комплекса, на участие активного центра фермента в образовании этого комплекса.

Изучая свойства ферментов, необходимо постоянно иметь в виду их состав и строение. Так, чувствительность ферментов к изменению активной реакции среды определяется состоянием всех ионогенных групп, обеспечивающих каталитически активную конформацию фермента, в частности составляющих его активный центр, а также поведением функциональных групп субстрата, определяющих его способность к образованию фермент-субстратного комплекса и к участию в данной реакции. Связь между ферментом и субстратом может иметь различную химическую природу. Но в любом случае в этом комплексе, вероятно, происходит ослабление определенных связей в молекулах субстрата, что повышает реакционную способность последнего и снижает энергетический барьер реакции. Следовательно, снижается и энергия активации, что приводит к увеличению скорости реакции. При образовании фермент-субстратного комплекса происходит изменение пространственной структуры как субстрата, так и фермента на участие активного центра. Разберитесь в молекулярных механизмах действия ферментов.

Действие большинства ферментов высокоспецифично. Понятие специфичности относится не только к типам каталитических реакций (реакционная специфичность), но и к природе соединений – субстратов (субстратная специфичность).

Обратите внимание, что поток метаболитов в обмене веществ определяется, прежде всего, активностью ферментов. Для воздействия на тот или иной путь достаточно регулировать активность фермента, катализирующего наиболее медленную стадию. Такие ферменты, называемые ключевыми ферментами, имеются в большинстве метаболических путей. Активность ключевого фермента регулируется на трех независимых уровнях: контроль транскрипции (контроль за биосинтезом ферментов); взаимопревращение ключевых ферментов (в большинстве случаев состоит в АТФ-зависимом фосфорилировании

ферментов протеинкиназой и соответственно дефосфорилировании фосфатазой); модуляция лигандами – субстратом, конечными продуктами реакции (ингибирование по типу обратной связи), коферментом и другими эффектами. Например, изменение активности фермента вызывает изменение его конформации аллостерическим эффектором путем связывания его не в самом активном центре, а в другом месте фермента.

Уясните, что в зависимости от прочности связывания ингибитора с ферментом различают обратимое и необратимое ингибирование. По механизму выделяют пять видов ингибирования: конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное, субстратное и аллостерическое.

Часто лимитирующим фактором является также доступность кофермента. Например, гликолиз и цитратный цикл регулирует доступность НАД<sup>+</sup>, так как НАД<sup>+</sup> регенерируется в дыхательной цепи, последняя регулирует катаболизм глюкозы и жирных кислот (контроль дыхания).

Необходимо понять, что все многообразие ферментов согласно современной классификации разделено на шесть классов в зависимости от типа химических реакций, которые катализируют ферменты. Например, ферменты класса «Оксиредуктазы» катализируют окислительно-восстановительные реакции. Лиазы катализируют реакции отщепления с образованием двойных связей или реакции присоединения по двойным связям. Каждый класс ферментов разделен на подклассы. Например, ферменты класса «Трансферазы» катализируют перенос функциональных групп. Класс делится на несколько подклассов, а те, в свою очередь, на несколько подподклассов в зависимости от химической природы переносимой группы. Так, трансферазы, переносящие одноуглеродные остатки, объединены в подкласс, который делится на подподклассы в зависимости от химической природы этих одноуглеродных остатков. Ферменты подподкласса «Метилтрансферазы» катализируют реакции, связанные с переносом метильного радикала. Современная систематическая номенклатура ферментов тесно связана с их классификацией. Классы, подклассы, подподклассы и ферменты внутри подподкласса пронумерованы. Каждый фермент имеет свой идентификационный номер (шифр). Шифр составлен из четырех арабских цифр, которые последовательно представляют собой номера класса, подкласса, подподкласса и фермента внутри подподкласса соответственно. Кроме шифра фермент имеет свое научное, систематическое название, которое несет химическую информацию, т. е. указывает, какую именно химическую реакцию катализирует данный фермент. Систематические названия используются в научной литературе, когда необходима идентификация фермента, во всех остальных случаях используются тривиальные названия. Например, фермент 2.7.1.1 АТФ: D-гексоза-6-фосфотрансфераза (систематическое название) зачастую называется гексокиназой (тривиальное название). Его шифр означает: 2 – трансферазы (номер класса), 2.7 – трансферазы, которые переносят группы, содержащие фосфор (подкласс), 2.7.1 – трансферазы со спиртовой группой в роли акцептора (подподкласс), последняя цифра говорит о том, что гексокиназа идет под первым номером в своем подподклассе.

Каталитическое действие фермента, т.е. его активность, определяется в стандартных условиях по увеличению скорости, которую указывают как изменение концентрации субстрата или продукта за единицу времени (моль/л·с). Так как каталитическая активность не зависит от объема раствора, в котором протекает реакция, активность фермента выражают в каталах (кат – это количество фермента, которое превращает 1 моль субстрата за 1с). Международная единица активности [Е] – количество фермента, превращающего 1 мкмоль субстратов в 1 мин ( $1 \text{ E} = 16,7 \text{ нкат}$ ).

Усвойте материал о локализации ферментов в организме и в клетке. Уясните, что ферменты и ферментные системы приурочены к определенным участкам клетки (компартаментам). Такая компартиментализация обеспечивает единство и разделение, внутриклеточную регуляцию и самоконтроль биохимических процессов в клетке.

Обратите серьезное внимание на особенности ферментов рыб и факторы, влияющие на их активность.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Как вы понимаете выражение «каталитический характер обменных процессов»?
2. Какова биологическая роль ферментов?
3. Что такое профермент, апофермент и кофермент?
4. Какова роль витаминов в работе ферментов?
5. Какова роль атомов металлов в работе ферментов?
6. Что вы знаете о механизме биокатализа?
7. Как действуют активаторы и ингибиторы ферментов?
8. На каких принципах основана классификация ферментов?
9. К какому классу относится фермент аденозинтрифосфатаза?
10. Какие химические реакции катализируют ферменты, содержащие витамин РР?
11. К какому классу относятся ферменты, содержащие витамин В<sub>2</sub>?
12. Какой тип специфичности действия характерен для фермента амилазы?
13. В составе каких ферментов обнаружена пантотеновая кислота?
14. Какие ингибиторы ферментов вы знаете?
15. Каков оптимум рН для фермента пепсина?

## **Тема 1.4 Гормоны**

### **Вопросы темы**

Общее представление о системах регуляции метаболизма и их иерархии.

Эндокринная система и гормоны – химические регуляторы жизненных функций.

Классификация гормонов по химической природе, по месту выработки, по биологическим функциям.

Представления о механизмах передачи гормонального сигнала в клетку-мишень и роли гормонов в регуляции ферментной системы клетки. Химическая природа и биологическая роль гормонов желез внутренней секреции.

### **Литература [1–3]**

## Методические рекомендации

В результате изучения данной темы студент должен усвоить сведения о составе, строении, свойствах, отдельных представителях, классификации, распределении, местах выработки в организме и биологической роли гормонов. Студент должен получить представление о методах качественного и количественного исследования гормонов, практически освоить некоторые из них.

В начале изучения темы разберите материал о нейрогуморальной регуляции процессов в организме, о локализации и строении желез внутренней секреции. Поскольку среди гормонов обнаружены вещества белковой, пептидной, аминокислотной и липидной природы, при изучении настоящей темы используйте знания, полученные при изучении тем 10 «Белки» и 9 «Липиды». Поскольку многие гормоны действуют на ферменты и ферментные системы, используйте знания, полученные при изучении темы 3 «Ферменты».

Уясните, что гормоны - химические вещества, являющиеся стимуляторами, координаторами, регуляторами жизненных функций, выделяются эндокринными органами в кровь в следовых количествах. Концентрация гормонов в крови обычно ничтожна (около  $1 \cdot 10^{-6}$  г на 100 мл крови). Гормоны недолговечны (период полужизни молекул гормонов около одного часа), вырабатываются в одних клетках (эндокринная железа, эндокринная ткань), а действуют на другие (органы-мишени), не играют заметной пластической или энергетической роли. Согласно современным представлениям гормоны участвуют в нейрогуморальной регуляции жизненных функций, влияя в первую очередь на ферменты или ферментативные системы, а также на состав биологических мембран. Гормоны являются метаболитами, обладающими перечисленными выше особенностями.

Обратите внимание на выработку в организме нескольких гормонов, стимулирующих одну и ту же функцию (например, гормоны-синергисты по отношению к углеводному обмену – адреналин и глюкагон), и на наличие противоположно действующих гормонов (например, гормоны-антагонисты по отношению к углеводному обмену – инсулин и глюкагон), обеспечивающих единство процессов внутри организма и организма с внешней средой.

Вы должны получить представление об обменных нарушениях, заболеваниях, вызванных расстройством в работе эндокринной системы. В связи с этим вы познакомитесь с проявлениями гипофункции и гиперфункции эндокринных желез.

Уясните пути и способы использования гормонов в медицине и животноводстве для того, чтобы влиять на жизненные функции организма человека и животных.

Изучите классификацию и номенклатуру гормонов. При этом постарайтесь подойти к проблеме классификации гормонов с двух сторон – химической и биологической. Усвойте классификацию гормонов: по химической природе и по месту выработки в организме. Изучите отдельные гормоны по следующей схеме: место выработки, химическая природа, биосинтез, химические превращения в ходе обменных процессов, участие в регуляции жизненных функций,



влияние ослабленной и усиленной выработки на обмен веществ, применение в рыбоводстве.

Будучи координаторами жизненных функций, гормоны влияют на различные обменные процессы; процесс синтеза гормонов является частью единого процесса обмена веществ, поэтому в объеме учебной программы вы усвоите тему «Гормоны», лишь изучив материал всей дисциплины «Органическая и биологическая химия».

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие процессы называются внутренней секрецией?
2. Что вам известно о механизме действия гормонов?
3. Каковы химическая природа и место выработки прогестерона?
4. Какие гормоны-антагонисты вы знаете?
5. Какие гормоны-синергисты вы знаете?
6. Какие железы внутренней секреции вырабатывают белковые гормоны?
7. Какие железы внутренней секреции вырабатывают стероидные гормоны?
8. Какое заболевание возникает при понижении функций  $\beta$ -островковой ткани поджелудочной железы?
9. Какова химическая природа гормонов передней доли гипофиза?
10. Какова химическая природа гормона, вызывающего гипергликемию при введении его в кровь?
11. В какой эндокринной железе вырабатываются гонадотропные гормоны?

### **Тема 1.5 Вода. Минеральные вещества**

#### **Вопросы темы**

Биологическая роль воды и её содержание в организме.

Содержание минеральных веществ в организме.

Роль минеральных веществ в поддержании величины осмотического давления, рН, участие в формировании структур биополимеров, в деятельности ферментов.

#### **Литература [3, 4]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен усвоить сведения о содержании, распределении и биологической роли воды и минеральных веществ в организме. Студент должен получить представления о методах определения влажности, качественного и количественного определения минеральных компонентов организма.

Приступая к изучению темы, повторите разделы неорганической химии, содержащие сведения о свойствах воды. Параллельно с изучением распределения и биологической роли минеральных веществ повторите соответствующие разделы неорганической химии, а также освежите в памяти сведения из курса органической химии о взаимодействии органических молекул с минеральными веществами. Повторите разделы физической и коллоидной химии, содержащие материал об осмотическом давлении, буферных системах.

Изучив сведения о содержании воды в организме, о свободной и связанной с живыми структурами воде, рассмотрите многообразные функции воды в орга-

низме. Надо внимательно разобрать механизм регуляции осмотического давления и рН в организме, изучив при этом карбонатную, фосфатную и белковую буферные системы. Следует изучить содержание минеральных веществ в организме и их биологическую роль.

Обратите внимание на роль атомов металлов в процессах биокатализа. Многие металлы входят в состав простетической группы ферментов (например, железо входит в состав порфириновой простетической группы цитохромов, каталазы, пероксидазы); ионы металлов обнаружены в составе активного центра некоторых ферментов и функционируют как связующее звено между ферментом и субстратом в фермент-субстратном комплексе; участвуют в стабилизации пространственной структуры белков, в том числе ферментов; активируют ферменты. Изучите материал о распределении и роли воды и минеральных веществ в организме.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково содержание и функции воды в организме?
2. Каково состояние воды в тканях животных?
3. Каковы функции свободной воды?
4. Какие формы связанной воды вы знаете?
5. Каково содержание минеральных веществ в организме?
6. Какие важнейшие минеральные вещества обнаружены в организме животных?
7. Каковы функции минеральных веществ в организме?
8. Какие буферные системы в организме животных вы знаете?
9. Какой металл обнаружен в составе гемоглобина?
10. Какой металл входит в состав витамина В<sub>12</sub>?
11. Какой галоген входит в состав гормонов щитовидной железы?
12. Какие минеральные вещества обнаружены в составе костной ткани?
13. Какова роль фосфатов в организме?

## **Тема 1.6 Понятие об обмене веществ и энергии**

### **Вопросы темы**

Обмен веществ и энергии как важнейшая особенность живой материи.

Особенности химических реакций, протекающих в живом организме.

Классификация обменных явлений. Внешний и промежуточный обмен.

Классификация живых организмов по способу усвоения углерода и кислорода из окружающей среды, по отношению к источникам энергии.

Катаболизм и анаболизм как составляющие промежуточного обмена.

Понятие о метаболитах, метаболических путях.

Биоэнергетика. Макроэргические соединения. Классификация и биологическая роль.

Понятие об энергетически сопряжённых реакциях в живом организме.

Процессы переваривания, всасывания. Калорийность пищевых веществ.

Методы изучения обмена веществ и энергии. Дыхательный коэффициент.

Понятие о пластических, энергетических, запасных, пищевых, заменимых и незаменимых веществах, продуктах полного распада веществ в организме и конечных продуктах жизнедеятельности.

### **Литература [2–4]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен:

- выработать представление об основных особенностях обмена веществ и энергии;

- получить представление о методах изучения обмена веществ и энергии.

Вначале получите общее представление об обмене веществ и энергии как о важнейшей особенности живой материи, непременном условии жизни. Обмен веществ и энергии – это единый процесс, включающий поступление веществ и энергии в живой организм, превращение веществ и энергии в клетках и тканях организма, а также выделение конечных продуктов этих превращений в окружающую среду.

Рассматривайте обмен веществ как механизм саморазвития и самовоспроизведения живых систем. Отметьте общие черты обмена веществ у всех биологических систем. Серьёзное внимание обратите на каталитический характер обменных процессов. Важнейшими биологическими катализаторами являются ферменты, но каталитические функции в организме имеют также некоторые метаболиты и минеральные компоненты, например ионы металлов. Уясните, что классификация обменных явлений основана на объективных различиях между ними, объединяет их в группы по различным признакам; но в живом организме эти различные процессы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Отметьте единство и противоположность внешнего обмена и промежуточного. Рассматривайте и изучайте метаболизм как единство противоположно направленных процессов: анаболизма и катаболизма – двух сторон превращений веществ в клетках и тканях организма. Понятие «анаболизм» объединяет совокупность процессов биосинтеза, источником энергии для которых являются процессы расщепления веществ, объединяемые понятием «катаболизм».

Помните, что обмен веществ протекает сопряженно с обменом энергии, оба эти процесса взаимосвязаны и взаимообусловлены, существует единый процесс – обмен веществ и энергии. Поэтому важно усвоить, как изменения веществ в ходе обменных процессов, так и процессы, связанные с затратами и потреблением энергии в организме (биоэнергетику). Обратите серьёзное внимание на окислительно-восстановительные процессы, которые играют основную роль в биоэнергетике. В организме химическая энергия (энергия химических связей) превращается в различные виды работы, используется в ходе различных процессов (например, биосинтез веществ, мышечное сокращение и т. п.) без промежуточного образования теплоты. Энергия, заключенная в химических связях молекул углеводов, жиров и других энергетических веществ, превращается в энергию особых макроэргических соединений, а энергия этих связей уже используется в ходе различных процессов, требующих энергии для их осуществления. Таким образом, макроэргические соединения являются и аккумуляторами, и донаторами энергии. Изучите классификацию макроэргических

соединений. Уясните состав, строение и биологическую роль макроэргов с макроэргическими связями различной химической природы. Например, тиоэфирную макроэргическую связь содержат производные жирных кислот и кофермента ацилирования, так называемые ацил-КоА. Примером такого макроэрга является ацетил-КоА – активированная уксусная кислота, метаболит, играющий существенную роль в обмене углеводов, липидов и аминокислот. Существуют макроэрги, содержащие фосфатную группировку. Например, фосфоаминная макроэргическая связь имеется в молекулах креатинфосфата, аргининфосфата, веществ, обеспечивающих энергией мышцы; карбоксилфосфатная связь в молекулах 1,3-дифосфоглицериновой кислоты и енолфосфатная в молекулах 2-фосфоенолпировиноградной кислоты – веществ, образующихся в ходе биологического окисления углеводов; пиррофосфатная макроэргическая связь в молекулах АТФ и её аналогов (ЦТФ, УТФ и ГТФ). Уясните, что центральная роль в биоэнергетике принадлежит АТФ, которая является универсальным аккумулятором и донором энергии в организме. Все другие макроэрги так или иначе связаны с АТФ. Так, активация жирных кислот с образованием тиоэфирных макроэргических связей (ацил-КоА) происходит за счет энергии АТФ. Энергию макроэргических связей 1,3-дифосфоглицериновой кислоты, аккумулирующих энергию окислительного окисления распада углеводов, организм может использовать лишь после ее включения в состав АТФ. Энергия, освобождающаяся при окислительном распаде веществ, аккумулируется в составе АТФ в результате переноса фосфатных остатков на АДФ. Запомните, что процесс синтеза АТФ за счет энергии окисления называется окислительным фосфорилированием. В некоторых случаях, в частности на некоторых этапах биологического окисления углеводов, происходит концентрация энергии в макроэргической фосфатной связи на уровне окисляемых веществ, окислительного субстрата, например, в молекулах 1,3-дифосфоглицериновой и 2-фосфоенолпировиноградной кислот. Заряженный высокой энергией фосфатный остаток передается на АДФ, в результате чего образуется АТФ. Такой процесс называется субстратным окислительным фосфорилированием и встречается у анаэробов и аэробов. Лишь у аэробов выработан другой путь, так называемое сопряженное окислительное фосфорилирование: синтез АТФ из АДФ в присутствии неорганического фосфата за счет энергии переноса протонов и электронов при тканевом дыхании. Необходимо запомнить формулы основных макроэргических соединений. При изучении последующих разделов курса обращайте внимание на аккумуляцию энергии в составе макроэргов и на её использование при активации молекул различных веществ, биосинтезе, мышечном сокращении.

Изучите классификацию живых организмов по способу усвоения углерода из окружающей среды и по отношению к источникам энергии. Уясните, что среди гетеротрофов встречаются как аэробы, так и анаэробы. Усвойте понятие о фотосинтезе. Рассматривайте фотосинтез как процесс, объединяющий явления, происходящие на различных космических телах – Земле и Солнце (космическая роль зеленых растений по К.А. Тимирязеву).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково биологическое значение обменных процессов?

2. Какие обменные процессы относят к так называемому обмену веществ с внешней средой?
3. Какие обменные процессы относят к промежуточному обмену?
4. По какому признаку живые организмы делят на автотрофные и гетеротрофные?
5. По какому признаку живые организмы делят на фототрофные и хемотрофные?
6. По какому признаку биохимические процессы делят на аэробные и анаэробные?
7. Какие анаэробы называются облигатными и факультативными?
8. Что такое анаболизм?
9. Что такое катаболизм?
10. Сколько макроэргических связей содержится в молекуле АТФ?
11. Какова биологическая роль креатин-фосфата?
12. Какие макроэрги, содержащие тиоэфирную макроэргическую связь, вы знаете?
13. Какой макроэрг, содержащий карбоксилфосфатную макроэргическую связь, вы знаете?
14. Какой макроэрг, содержащий енолфосфатную макроэргическую связь, вы знаете?
15. Как вычисляется дыхательный коэффициент?

## **Тема 1.7 Биологическое окисление**

### **Вопросы темы**

Общее представление о процессах биологического окисления и его значении для организма. Энергетические ресурсы живой клетки.

Анаэробные и аэробные процессы окисления (брожение и тканевое дыхание), сходства и различия между ними.

Локализация процессов биологического окисления в живой клетке.

Дыхательная цепь: водород и электрон-транспортный участки. Анаэробные дегидрогеназы, их коферменты (НАД и НАДФ, роль витамина РР в их работе). Аэробные дегидрогеназы, простетические группы (ФМН и ФАД, роль витамина В<sub>2</sub> в их работе). Кофермент Q (убихинон), строение, роль в тканевом дыхании. Цитохромы, простетические группы, роль в тканевом дыхании.

Образование воды и углекислоты при дыхании.

Общее представление о регуляции процессов биологического окисления. Субстратное и сопряжённое окислительное фосфорилирование. Пути использования энергии АТФ в организме.

### **Литература [1–2]**

### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен:

- усвоить сведения об окислительно-восстановительных процессах в организме, о механизме и роли биологического окисления в живых системах как основного дающего энергию процесса, обеспечивающего жизнедеятельность;

- получить представления о субстратах биологического окисления, о ферментах, ферментных системах и витаминах, принимающих участие в биологическом окислении.

Успешное изучение данной темы базируется на знаниях, полученных при изучении тем 6 «Понятие об обмене веществ и энергии», 2 «Витамины», 3 «Ферменты», 4 «Гормоны». Необходимо вспомнить формулы витаминов, входящих в состав коферментов НАД, ФАД, ФМН, НАДФ, убихинона, и уметь писать их окисленные и восстановленные формы. Выучить ферменты, катализирующие реакции дыхательной цепи и запомнить, что они содержатся во внутренней мембране митохондрий в виде «ансамблей».

Составьте четкое представление о биологическом окислении как о процессе, в основе которого лежит дегидрирование окислительных субстратов. Окислительные реакции в живых системах могут совершаться анаэробно (брожение, гликолиз, гликогенолиз) и аэробно (тканевое дыхание). Следует четко знать принципиальные различия между тканевым дыханием и горением.

Необходимо знать, как проникает кислород в живую клетку извне, изучить пути водорода и кислорода, а также биологическое значение ступенчатого транспорта протонов и электронов в процессе тканевого дыхания. Следует запомнить схему реакций окисления в дыхательной цепи, уметь писать эти реакции и обратить внимание на то, что этот процесс направлен на перенос водорода с субстрата на кислород и образование воды.

Запомнить определение «окисление, сопряженное с фосфорилированием АДФ» и то, что эта эндергоническая реакция осуществляется за счет основной массы энергии, образующейся при окислении НАДН<sub>2</sub> и ФАДН<sub>2</sub> в дыхательной цепи. Ознакомиться с величинами окислительно-восстановительных потенциалов на отдельных участках дыхательной цепи и усвоить, что их разновидность является источником энергии, выделяющейся при перемещении электронов по цепи.

При сопряженном окислительном фосфорилировании организм аккумулирует энергию в макроэргических связях АТФ. Атомы водорода с коферментов дегидрогеназ, принимающих участие в окислении субстратов, передаются в оксидоредуктазную цепь, где сопряжение переноса протонов и электронов на молекулярный кислород приводит к активированию неорганического фосфата. При его посредстве осуществляется фосфорилирование АДФ с образованием АТФ. Сам окисляемый субстрат в этом случае непосредственного участия в активировании неорганического фосфата не принимает.

Свободная энергия переноса протона (разность между электрохимическими потенциалами протонов на двух сторонах мембраны) зависит от градиента концентрации, т.е. от разности рН ( $\Delta\text{pH}$ ) по ту и другую стороны мембран, кроме того, определенный вклад вносит и трансмембранный (электрический) потенциал  $\Delta\psi$ .

Согласно хемиосмотической гипотезе П. Митчела, развитой В. П. Скулачевым и др., именно структурные и функциональные особенности сопрягающей мембраны обеспечивают биосинтез АТФ. В процессе функционирования ферментов дыхательной цепи, в сопрягающей мембране митохондрий, не про-

нищаемой для протонов, происходит активный перенос шести  $H^+$  из матрикса в межмембранное пространство (на каждую пару электронов, проходящих по электрон-транспортной цепи).

Предполагают, что перенос  $H^+$  проходит при участии протонных транслоказ – специфических белков, локализованных в сопрягающей мембране и обеспечивающих перенос протонов сопряженно с транспортом электронов при помощи белкового комплекса. В результате создается трансмембранная разность потенциалов, так как с внешней стороны внутренней мембраны митохондрий (в межмембранном пространстве) накапливаются  $H^+$ , а на внутренней ее стороне (в матриксе) –  $OH^-$ . Возникает градиент электрохимического потенциала –  $\Delta\psi$  и градиент концентрации ионов  $\Delta pH$ , что является движущей силой синтеза АТФ. Ионы  $H^+$ , накапливающиеся в межклеточном пространстве митохондрий, стремятся вернуться в митохондриальный матрикс. Энергезированная, электрически заряженная внутренняя мембрана митохондрии способна деэнергезироваться, разрядиться при участии протонной АТФ-азы. Функция протонной АТФ-азы сводится не к переносу водорода из матрикса в межмембранное пространство, а, наоборот, к транспорту протонов в глубь митохондрии, к снятию электрохимических градиентов и синтезу АТФ (сопряжение с переносом  $H^+$  с внешней стороны сопрягающей мембраны на ее внутреннюю сторону). Поэтому ее называют АТФ-синтетазой.

Обе эти величины формируют протондвижущую силу  $\Delta p$ , являющуюся мерой работы  $\Delta\psi G$ , которую может совершать градиент  $H^+$ . Протонный градиент через внутреннюю митохондриальную мембрану дает примерно 24 кДж на моль переносимых ионов  $H^+$ .

При расчетах энергетической эффективности биологического окисления различных субстратов необходимо иметь в виду, что в дыхательной цепи на пути от восстановленной формы НАДН<sub>2</sub> существуют, по меньшей мере, три точки фосфорилирования, на пути от восстановленной формы ФАДН<sub>2</sub> – две точки. Таким образом, если в ходе биологического окисления какого-либо субстрата в аэробных условиях образуется восстановленная форма НАДН<sub>2</sub>, то в процессе его окисления, сопряженного с фосфорилированием АДФ, происходит образование трех молекул АТФ, а для восстановленной формы ФАДН<sub>2</sub> – двух молекул АТФ. В составе АТФ аккумулируется лишь часть энергии, освобождающейся при окислении биологических субстратов, остальная энергия рассеивается в виде тепла. Энергия, аккумулированная в макроэргических связях АТФ, в дальнейшем используется для осуществления различных видов работы (эндергонические реакции, связанные с биосинтезом, активация молекул, процессы секреции, мышечного сокращения и т.п.), при этом АТФ выступает как донатор энергии.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какой путь проходит кислород от органов аэрации к клеткам и тканям?
2. Приведите схему тканевого дыхания и кратко охарактеризуйте его этапы.
3. В чем проявляются общность и различие горения углеводов и их биологического окисления?
4. Как образуется перекись водорода в ходе тканевого дыхания?

5. Какие ферменты участвуют в разрушении перекиси водорода в клетках?

6. Какие ферменты входят в так называемый водород-транспортный участок дыхательной цепи?

7. Какие ферменты составляют так называемый электрон-транспортный участок дыхательной цепи?

8. Как называются ферменты, в состав которых входят НАД и НАДФ?

9. Какова простетическая группа цитохромов?

10. Какой витамин входит в состав ФАД и ФМН?

11. Какие цитохромы объединены названием «цитохромоксидаза» и почему?

12. Каковы пути протонов и электронов с восстановленной формы ФМН?

13. Сколько молекул АТФ синтезируется в клетке из АДФ сопряженно с переносом протонов и электронов с восстановленной формы НАД через систему ферментов дыхательной цепи на кислород?

14. Сколько молекул АТФ синтезируется в клетке из АДФ сопряженно с переносом протонов и электронов с восстановленной формы ФАД на кислород через систему ферментов дыхательной цепи?

## **Тема 1.8 Обмен углеводов**

### **Вопросы темы**

Биологическое значение и роль углеводов в питании. Переваривание, всасывание, транспорт углеводов в организме.

Промежуточный обмен углеводов. Биосинтез и распад гликогена в печени и мышцах. Анаэробный и аэробный распад углеводов. Энергетический баланс анаэробного и аэробного расщепления углеводов. Гликолиз. Гликогенолиз. Спиртовое и молочнокислое брожение.

Цикл трикарбоновых кислот.

Понятие о пентозофосфатном (гексозомонофосфатном) пути расщепления углеводов.

Глюконеогенез. Гормоны, участвующие в регуляции углеводного обмена. Содержание глюкозы в крови. Понятие о фотосинтезе. Нарушения обмена углеводов.

### **Литература [1–3, 5]**

### **Методические рекомендации**

В результате изучения этой темы студент должен:

- усвоить сведения о переваривании и всасывании углеводов пищи в пищеварительном тракте животных;
- изучить химические изменения углеводов в ходе и результате пищеварения, изучить ферменты, катализирующие переваривание углеводов;
- усвоить материал о промежуточном обмене углеводов, т.е. об их биосинтезе и распаде в клетках и тканях, об использовании пищевых углеводов в организме, об образовании конечных продуктов обмена углеводов в организме, о ферментах, витаминах, гормонах, участвующих в обмене углеводов в организме животных;



- изучить механизм процессов брожения, как протекающих в организме позвоночных, так и вызываемых микроорганизмами;
- получить представление о путях и методах воздействия на углеводный обмен, о нарушениях углеводного обмена и его нормализации;
- получить представление о методах изучения углеводного обмена и практически освоить некоторые из них.

Получив общие представления об обменных процессах, вы приступаете к изучению материала о химических превращениях отдельных групп веществ в организме, начиная с обмена углеводов.

Усвойте общую характеристику, распространение в природе и биологическую роль углеводов. Углеводы составляют основную массу органического вещества на Земле. Обратите внимание на энергетическую и резервную роль углеводов в живом организме, на участие некоторых углеводов в построении опорных тканей, в осуществлении защитных и других функций организма, на углеводы, входящие в состав белков, нуклеиновых кислот и липидов. Концентрация глюкозы в органах и тканях организма животных не поднимается выше определенной величины, что обусловлено, в частности, осмотической активностью глюкозы. Резервной формой углеводов у животных является полисахарид гликоген, у растений – крахмал. Обратите внимание на пентозы, особенно на рибозу и дезоксирибозу – необходимые компоненты нуклеиновых кислот, АТФ и её аналогов, некоторых коферментов (НАД, НАДФ, ФАД). Уясните роль галактозы, которая не только входит в состав такого важного дисахарида, как лактоза, но и содержится в гликолипидах – веществах, необходимых для деятельности нервной системы.

Студент должен знать следующие фосфорнокислые эфиры моносахаридов: глюкозо-6-фосфат (так называемая «активная форма глюкозы»), глюкозо-1-фосфат – вещество, образующееся при фосфороллизе гликогена и необходимое для синтеза гликогена; фруктозо-6-фосфат и фруктозо-1,6-дифосфат – метаболиты, обязательные участники анаэробного и в большинстве случаев аэробного распада углеводов; 3-фосфоглицериновый альдегид – промежуточный продукт окислительного распада углеводов и жиров в клетке.

Следует изучить уроновые кислоты и аминсахара – необходимые компоненты таких важных веществ, как гиалуроновая кислота, хондроитин, хитин. Обратите внимание на углеводы, входящие в состав сложных белков – гликопротеидов.

Подробно разобрав локализацию и содержание углеводов и их производных в живых организмах, уясните связь между составом, строением, свойствами, распределением и биологической ролью углеводов в организме. Сравнивая глюкозу и гликоген, отметьте, что с увеличением количества моносахаридных остатков в молекуле углевода меняются физико-химические (например, растворимость, редуцирующая способность) и биологические (например, влияние на осмотическое давление жидкостей тела, способность участвовать в создании энергетических запасов в клетке) свойства углеводов.

Затем приступите к изучению процессов переваривания и всасывания углеводов. Переваривание сложных углеводов сводится к их ферментативному

гидролизу. Изучите путь глюкозы от пищеварительных органов к тканям, обратив внимание на биологическое значение и механизм нейрогуморальной регуляции уровня глюкозы в крови. Знакомясь с гликогенной функцией печени, подробно разберите механизм биосинтеза гликогена и пути (гидролитический и фосфоролитический) его мобилизации. Обратите внимание на то, что печень служит как аккумулятором, так и донатором углеводов и что регуляция гликогенной функции печени осуществляется с помощью гормонов и нервной системы. Тщательно изучите анаэробный и аэробный окислительный распад углеводов в клетках и тканях, продумайте значение углеводов как источника энергии, как резервных энергетических веществ. Обратите внимание на то, что анаэробные окислительные процессы (наиболее древние в эволюционном отношении) характерны как для микроорганизмов (например, молочнокислое, спиртовое брожение), так и для клеток позвоночных животных (гликолиз, гликогенолиз). Главный (дихотомический) путь аэробного окислительного распада углеводов начинается стадиями, аналогичными гликолизу (до образования пировиноградной кислоты).

Необходимо усвоить механизм всех указанных в программе процессов промежуточного обмена углеводов, обратить внимание на ферменты, катализирующие отдельные стадии этих процессов, изучить роль АТФ и её аналогов в ходе биосинтеза, активации и взаимных превращений углеводов, уяснить роль промежуточных и конечных продуктов углеводного обмена, понять биологическое значение процессов, составляющих промежуточный обмен углеводов. Например, цикл трикарбоновых кислот – процесс, необходимый для полного окисления углеводов в аэробных условиях. Отметьте его связь с цепью дыхательных ферментов, уясните, что он нужен для осуществления промежуточного обмена не только углеводов, но и других веществ, в частности жиров и аминокислот. Изучите роль цикла трикарбоновых кислот в биоэнергетике. Пентозофосфатный цикл не только обеспечивает некоторые клетки энергией, но и является источником важных метаболитов, например восстановленной формы НАДФ, используемой в биосинтезе жирных кислот и рибозо-5-фосфата, входящего в состав РНК, АТФ, НАД и др.

Окисление углеводов в анаэробных и аэробных условиях обеспечивает клетку энергией, аккумулированной в макроэргических связях АТФ. В анаэробных условиях, например при гликолизе, АТФ синтезируется из АДФ за счет субстратного фосфорилирования (всего две молекулы АТФ на каждую расщепившуюся молекулу глюкозы). Аэробный дихотомический окислительный путь гораздо эффективнее: клетка получает 38 АТФ в результате полного окисления одной молекулы глюкозы, при этом основное количество АТФ синтезируется за счет сопряженного окислительного фосфорилирования и лишь три макроэргические связи возникают на уровне субстрата. Научитесь подсчитывать энергетический эффект процессов анаэробного и аэробного окислительного распада углеводов, отмечая стадии, соответствующие образованию АТФ (либо благодаря субстратному фосфорилированию, либо в результате синтеза АТФ, сопряженного с переносом протонов и электронов в дыхательной цепи с восстановленных коферментов дегидрогеназ, катализирующих биологическое окисление

углеводов), выражая этот эффект в количестве образованных макроэргических связей в составе АТФ и в количестве аккумулированной в этих связях энергии (в ккал/моль или кДж/моль). При этом надо усвоить сведения о количестве энергии, аккумулированной в каждой макроэргической связи АТФ, а также об общем количестве энергии, освобождающейся при окислении углеводов. Следует знать, что организм может использовать лишь энергию, аккумулированную в составе макроэргических связей, остальная энергия рассеивается в виде тепла. Изучите локализацию превращений углеводов в клетке, тканях и органах. Обратите внимание на витамины, участвующие в обмене углеводов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Каким химическим превращениям подвергаются углеводы в ходе их переваривания в органах пищеварения?
2. Какова относительная скорость всасывания различных моносахаридов?
3. Как происходит превращение галактозы в глюкозу в клетках слизистой кишечника?
4. Какие процессы в своей совокупности составляют промежуточный обмен углеводов?
5. Какой отдел пищеварительного тракта является органом всасывания моносахаридов?
6. Какова роль поджелудочной железы в обмене углеводов?
7. Сколько молекул АТФ образуется в результате окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты?
8. Каково биологическое значение синтеза молочной кислоты при молочнокислом брожении и гликолизе?
9. Какие ферменты катализируют гидролиз гликогена в клетках печени?
10. К какому классу ферментов относится гликогенфосфоорилаза?
11. Какие железы внутренней секреции участвуют в регуляции углеводного обмена?
12. Чем отличается гликолиз от спиртового брожения?
13. Какие вы знаете примеры субстратного фосфорилирования в ходе промежуточного обмена углеводов?
14. Как идет процесс предварительного фосфорилирования глюкозы и каково его значение?
15. Какие витамины участвуют в обмене углеводов?
16. В каком органе тела рыбы депонируются углеводы?
17. Какой углевод является резервным веществом у рыб?
18. В какой ткани организма в значительном объеме осуществляется гликогенолиз?

## **Тема 1.9 Обмен липидов**

### **Вопросы темы**

Биологическое значение и роль липидов в питании. Переваривание и всасывание липидов. Роль желчных кислот.

Ресинтез липидов в стенке кишечника. Транспорт липидов в организме.

Промежуточный обмен жиров: гидролитический распад жиров, окисление глицерина и жирных кислот в клетках и тканях. Жиры как источник энергии. Энергетический эффект окисления жирных кислот в организме.

Биосинтез жиров, жирных кислот. Понятие о кетоновых телах и их значении для организма. Общее представление о биосинтезе и роли фосфолипидов и холестерина для живого организма.

Гормоны, участвующие в регуляции обмена липидов. Нарушения обмена липидов

### **Литература [1–5]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной темы студент должен усвоить сведения о переваривании липидов, всасывании липидов и продуктов их переваривания в пищеварительном тракте животных, изучить химические превращения липидов в ходе пищеварения, ферменты, катализирующие переваривание липидов, а также роль желчных кислот в переваривании и всасывании липидов. Студенту следует усвоить материал о промежуточном обмене липидов, т.е. об их биосинтезе и распаде в клетках и тканях, об использовании в организме пищевых липидов, об образовании конечных продуктов обмена липидов у рыб, о ферментах, витаминах и гормонах, участвующих в обмене липидов. Студенту необходимо получить представление о нарушениях липидного обмена и его нормализации в организме. Он должен ознакомиться с методами изучения липидного обмена.

Приступая к изучению темы, имейте в виду, что ее успешное усвоение базируется на знаниях, полученных в результате проработки следующих тем: 1 «Химический состав живых организмов», 2 «Витамины», 3 «Ферменты», 4 «Гормоны», 6 «Понятие об обмене веществ и энергии», 7 «Биологическое окисление», 8 «Обмен углеводов». Уясните, что существуют тесная связь обмена липидов с обменом углеводов, общие химические реакции, ферменты, витамины, метаболиты. Учтите, что в большинстве учебников материал об обмене липидов излагается на основе сведений об обмене углеводов, поэтому понять и усвоить обмен липидов вы сумеете лишь после того, как изучите в объеме программы обмен углеводов.

Серьезное внимание обратите на биологическую роль липидов. Эти вещества участвуют в образовании энергетического резерва организма, в построении важнейших биологических структур, прежде всего, биологических мембран. В составе биологических мембран липиды активно участвуют в жизнедеятельности клеток и организма в целом, в работе специализированных органов и тканей, например нервной ткани, а также в важнейших биохимических процессах, например в процессе биологического окисления. Липиды выполняют защитную роль (например, в клеточных стенках бактерий, в коже позвоночных).

Обратите внимание на то, что некоторые липиды и их производные проявляют высокую биологическую активность. Известны липиды и их производные, являющиеся витаминами (например, провитамины и витамины группы Д имеют стероидную природу), гормонами (например, половые гормоны имеют стероидную природу), гормоноподобными веществами (например, простагландины являются производными полиненасыщенных жирных кислот), участниками процесса пищеварения (например, желчные кислоты имеют стероидную природу).

Обмен липидов рекомендуется изучать примерно в той же последовательности, что и обмен углеводов. Разберите материал о переваривании липидов и всасывании продуктов их переваривания. Усвойте номенклатуру и свойства ферментов, катализирующих гидролиз липидов. Обратите внимание на роль и химическую природу желчных кислот как веществ, стимулирующих переваривание и всасывание липидов. Проследите путь продуктов переваривания липидов в организме.

Разберите механизм всех перечисленных в программе процессов промежуточного обмена липидов, обратите внимание на ферменты, катализирующие отдельные реакции, составляющие эти процессы. Уясните роль АТФ и HS-КоА в обмене липидов, изучите реакции активации глицерина, жирных кислот и других веществ, участвующих в обмене липидов. Получите представление о биосинтезе основных компонентов, составлявших молекулы липидов, о биосинтезе самих липидов. Изучите гидролиз жиров в тканях. Изучая окислительный распад жиров, уясните, что субстратом биологического окисления являются не жиры, а предварительно активированные продукты их гидролиза - глицерин и жирные кислоты. Выучите окислительный распад глицерина и жирных кислот, оцените роль жиров как источника энергии в живых клетках, научитесь подсчитывать энергетический эффект окислительного распада жиров, отмечая стадии, соответствующие образованию АТФ в ходе сопряженного или субстратного окислительного фосфорилирования, выражая этот эффект в количестве образованных макроэргических связей в составе АТФ и в количестве аккумулированной в этих связях энергии (в ккал/моль или кДж/моль). При этом необходимо учесть метаболиты, химические реакции, ферменты, коферменты и витамины, общие для продуктов окислительного распада липидов и углеводов. Например, образующийся в клетках в результате гидролиза жиров глицерин, прежде чем стать субстратом биологического окисления, предварительно фосфорилируется, превращаясь в  $\alpha$ -глицеринфосфорную кислоту. При этом тратится энергия одной макроэргической связи АТФ. Затем начинается окисление  $\alpha$ -глицеринфосфорной кислоты под действием фермента глицерофосфатдегидрогеназы, в результате чего образуются 3-фосфоглицериновый альдегид и НАДН<sub>2</sub>; 3-фосфоглицериновый альдегид окисляется далее на путях углеводного обмена (см. главный путь аэробного окисления глюкозы), а водород с НАДН<sub>2</sub> через систему ферментов дыхательной цепи переносится на кислород, в результате чего в клетке сопряжённо синтезируется три АТФ, энергетический эффект полного окисления глицерина вы легко подсчитаете, если усвоили материал об окислении углеводов. При подсчете энергетической эф-

фективности окисления жирных кислот, образующихся при гидролизе жиров, не забудьте учесть энергетические затраты клетки на активацию свободных жирных кислот, подсчитайте, сколько АТФ образуется при окислении наиболее распространенных жирных кислот. Этот подсчет вы сумеете сделать, если внимательно разберете все реакции, составляющие процесс окисления жирных кислот в клетках, имея при этом в виду, что активированные жирные кислоты (ацил-КоА) подвергаются в основном  $\beta$ -окислению до ацетил-КоА, а последний окисляется до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  на путях углеводного обмена (в цикле трикарбоновых кислот).

Изучите материал об обмене глицерофосфолипидов и стерина. Обратите внимание на роль глицерофосфолипидов в жировом обмене, на существенную роль фосфолипидов в нормализации липидного обмена. Изучите локализацию процессов обмена липидов в клетках и организме. Выясните, какие витамины участвуют в обмене липидов. Уясните, какие гормоны участвуют в регуляции липидного обмена.

Разберите основные нарушения липидного обмена.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова биологическая роль желчных кислот?
2. Какова биологическая роль простагландинов?
3. Какие пищеварительные железы участвуют в переваривании липидов?
4. Какие ферменты необходимы для переваривания лецитинов?
5. В ходе каких химических реакций происходят взаимопревращения азотистых оснований, входящих в состав фосфолипидов?
6. Какова химическая природа холеиновых комплексов?
7. К какому классу, подклассу, подподклассу относится липаза?
8. Каково уравнение реакции активации глицерина в живых клетках?
9. Какие жировые депо имеются в животном организме?
10. Каково уравнение реакции активации насыщенных жирных кислот в клетках?
11. Каковы источники глицерина в живом организме?
12. Каково уравнение реакции превращения стеариновой кислоты в олеиновую? Какой фермент катализирует эту реакцию?
13. Каково происхождение термина « $\beta$ -окисление» жирных кислот?
14. Каков энергетический эффект полного окисления в живой клетке одного моля бутиропальмитостеарина?
15. Каковы формула и название продукта, начиная с образования которого расходятся пути биосинтеза жиров и лецитинов?
16. В результате каких процессов в животной клетке образуется НАДН<sub>2</sub>, необходимый для биосинтеза насыщенных жирных кислот?
17. Каковы формула и название продукта, начиная с образования которого сходятся пути окисления глицерина и глюкозы?
18. Какие гормоны участвуют в регуляции обмена липидов?
19. Какие витамины необходимы для нормального осуществления липидного обмена?

## **Тема 1.10 Обмен белков и нуклеиновых кислот**

### **Вопросы темы**

Биологическое значение и роль белков в питании. Переваривание белков. Гниение белков и аминокислот в кишечнике. Всасывание продуктов гидролиза белков.

Промежуточный обмен простых белков и аминокислот. Ферментативный гидролиз белков в тканях. Клеточные (тканевые) пептидазы.

Общее представление о биосинтезе белков и роли нуклеиновых кислот в этом процессе. Пути образования и распада аминокислот в организме. Общие реакции промежуточного обмена аминокислот (трансаминирование, дезаминирование, восстановительное аминирование, декарбоксилирование).

Понятие о глико- и кетогенных аминокислотах, путях превращений безазотистой части аминокислот.

Общие представления об обмене сложных белков: хромопротеидов и нуклеопротеидов. Конечные продукты обмена белков, нуклеиновых кислот и других азотсодержащих веществ.

Источники и пути обезвреживания аммиака. Биосинтез мочевины.

Гормоны, участвующие в регуляции обмена белков. Нарушения обмена белков.

Взаимосвязь обмена белков, углеводов, липидов.

### **Литература [1–4]**

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данной обучающемуся следует:

- усвоить сведения о переваривании белков и нуклеиновых кислот и всасывании продуктов их переваривания в пищеварительном тракте животных;
- получить представление о гниении белков и аминокислот в кишечнике;
- усвоить сведения о метаболизме белков, т.е. о биосинтезе, распаде, образовании конечных продуктов, а также о методах изучения обмена белков;
- усвоить сведения о взаимосвязи и взаимозависимости между обменом различных веществ в организме, на конкретных фактах уяснить единство обменных процессов.

Изучение обмена белков удобнее начать с выяснения биологического значения и роли белков в питании. Обратите внимание на распределение различных белков в организме и на их функции. Изучите белки-ферменты, проявляющие в организме каталитическую функцию, которая свойственна представителям различных групп простых и сложных белков. Например, катализирующий гидролиз белков фермент желудочного сока пепсин относится к простым белкам типа глобулинов; окислительно-восстановительные ферменты цитохромы – к сложным белкам-хромопротеидам. Известны белки, играющие роль питательного или запасного материала для организма (например, простой белок типа глобулинов – овальбумин, содержащийся в белке куриного яйца; сложный белок типа фосфопротеидов – казеин, содержащийся в молоке; сложный белок типа металлопротеидов – ферритин, в составе которого депонируется железо в селезенке). Многие белки осуществляют транспортную функцию. Так, простой белок сывороточный альбумин переносит жирные кислоты в кро-

ви; сложный белок гемоглобин, относящийся к хромопротеидам, – кислород в крови; сложные белки  $\beta$ -липопротеиды – липиды в крови. Белки проявляют защитные функции: простой белок типа глобулинов фибриноген способствует свертыванию крови; простые белки  $\gamma$ -глобулины сыворотки крови участвуют в выработке иммунитета. Большую роль в организме играют белки-гормоны, например, простой белок инсулин выделяется в кровь эндокринными клетками поджелудочной железы и участвует в нейрогуморальной регуляции обмена веществ, в частности в регуляции обмена углеводов. Существуют сократительные белки. Простой белок типа глобулинов миозин участвует в процессе мышечного сокращения. Известны белки-яды. Например, змеиные токсины являются ферментами, катализирующими гидролиз глицерофосфолипидов. Существует большое количество структурных белков. Например, простые белки из группы склеропотеинов коллаген, эластин входят в состав соединительной ткани; сложные белки гликопротеиды участвуют в построении оболочек клеток. Серьезное внимание обратите на сложные белки нуклеопотеиды, участвующие в хранении и передаче наследственной информации, в биосинтезе белков. Необходимо уяснить, что один и тот же белок может выполнять разнообразные функции. Миозин, будучи сократительным белком мышц, проявляет также каталитическую способность фермента АТФ-азы.

Важно знать, что белки разных организмов, выполняющие одну и ту же функцию, не тождественны между собой и что они проявляют специфичность в иммунобиологическом отношении. Особое внимание уделите изучению функций, локализации и содержания различных белков в живом организме.

Затем приступайте к изучению процессов переваривания белков и всасывания образующихся в результате переваривания аминокислот. Следует усвоить, что переваривание белка сводится к их ферментативному гидролизу. Необходимо хорошо различать отдельные пищеварительные пептидазы, условия их активации, химическую природу продуктов, образующихся в результате переваривания белков в различных отделах пищеварительного тракта. Изучите гниение белков и продуктов их переваривания под влиянием микрофлоры кишечника. Надо иметь в виду, что тканевые пептидазы действуют аналогично пищеварительным пептидазам. Следует усвоить процессы обновления белков в тканях, распад и биосинтез белков.

Тщательно изучите биосинтез белка, разберите такие основные его этапы, как активация аминокислот, инициация полипептидной цепи, элонгация и терминация, обратите внимание на потребление энергии при синтезе белка. Особо остановитесь на роли нуклеиновых кислот в процессе биосинтеза специфических белков (редупликация ДНК при делении клетки, транскрипция генетической информации в ходе биосинтеза информационной РНК, трансляция генетической информации в ходе биосинтеза белка при участии всех трех типов РНК).

Изучая реакции промежуточного обмена аминокислот в клетках организма, рассмотрите взаимные превращения аминокислот, биосинтез заменимых аминокислот, общие реакции промежуточного обмена аминокислот, усвоив при этом, что аминокислоты в организме используются преимущественно как стро-



ительный (пластические вещества) и в меньшей мере как энергетический материал. Следует обратить внимание на слияние путей обмена безазотистой части аминокислот и обмена углеводов и липидов, а также усвоить сведения об особенностях обмена отдельных аминокислот, перечисленных в программе. Разберите пути участия аминокислот в биосинтезе углеводов (глюконеогенез).

Необходимо получить общее представление об обмене важнейших групп сложных белков – нуклеопротеидов и хромопротеидов, о путях их синтеза и распада в организме.

Уясните роль нуклеиновых кислот как материальных носителей наследственной информации.

Внимательно изучите конечные продукты азотистого обмена. Обратите внимание на ферменты и витамины, участвующие в обмене белков. Уясните, какие гормоны участвуют в регуляции обмена белков. Разберите материал о нарушениях белкового обмена.

Приступая к изучению взаимосвязи обмена белков, углеводов, липидов, вы должны иметь четкое представление о том, что деление обменных процессов на обмен углеводов, липидов, белков и других веществ является искусственным и диктуется удобством изложения материала. В организме происходит слияние путей биологического окисления углеводов, жиров и безазотистой части аминокислот. Например, окислению жира предшествует его гидролиз (с помощью тканевых липаз) с образованием глицерина и жирных кислот. Глицерин активируется в присутствии АТФ, затем дегидрируется и превращается в 3-фосфоглицериновый альдегид, является метаболитом, общим для обменных превращений углеводов и жиров. Жирные кислоты в ходе  $\beta$ -окисления распадаются с образованием ацетил-КоА, который также является метаболитом, общим для жирового и углеводного обмена. Ацетил-КоА окисляется в цикле трикарбоновых кислот (на главном пути аэробного окислительного распада углеводов). Безазотистая часть аминокислот, представленная, например,  $\alpha$ -кетокислотами, окисляется также на главном аэробном пути окислительного распада углеводов, вступая в него в виде таких веществ, как кислоты пировиноградная (образовавшаяся из аланина и других так называемых глюкопластических аминокислот), щавелево-уксусная (из аспарагиновой кислоты),  $\alpha$ -кетоглютаровая (из глутаминовой кислоты).

Подробно разберите пути взаимных превращений углеводов, липидов, аминокислот, имея в виду, что в основе их лежит наличие общих метаболитов и существование соответствующих ферментов, катализирующих эти превращения.

Серьезное внимание обратите на значение гормонов, ферментов и витаминов в единой системе обменных процессов. Обобщите свои знания о нейрогуморальной регуляции обменных процессов.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова биологическая роль белков?
2. Перевариваются ли белки в ротовой полости?
3. Какова роль соляной кислоты в процессе переваривания белков?
4. Каков механизм активации пепсиногена?

5. Какие продукты вырабатывают главные, обкладочные и добавочные клетки пищеварительных желез дна желудка?

6. В каком отделе пищеварительного тракта происходит всасывание аминокислот?

7. Каков механизм активации трипсиногена?

8. Где вырабатывается фермент энтерокиназа и какова его роль?

9. Каков механизм активации химотрипсиногена?

10. Какие факторы вызывают гниение белков и аминокислот в кишечнике?

11. Какие тканевые пептидазы аналогичны пепсину и трипсину?

12. Каковы оптимальные значения рН для пепсина и трипсина?

13. В чем состоит пластическая роль белков и аминокислот?

14. Как участвует в биосинтезе белка информационная и транспортная РНК?

15. Какое отношение к синтезу белка имеет ДНК?

16. Каковы различия между прямым и непрямым окислительным дезаминированием аминокислот?

17. В результате каких реакций аминокислоты превращаются в амины? Почему эти амины называются протеиногенными?

18. В биосинтезе каких веществ участвует аминокислота глицин?

19. В синтезе каких аминокислот участвует аланин?

20. Каково участие метионина в обменных процессах?

21. В образовании каких химических связей в молекуле белка принимает участие цистеин?

22. В синтезе каких важных веществ участвует серин?

23. Какая аминокислота участвует в синтезе никотиновой кислоты в клетках некоторых животных?

24. Какие аминокислоты участвуют в синтезе мочевины?

25. Каковы основные этапы биосинтеза нуклеиновых кислот?

26. Каковы основные этапы биосинтеза гемоглобина?

27. Как идет деструкция гемоглобина в организме?

28. Какие железы внутренней секреции принимают участие в регуляции белкового обмена?

29. Что такое глюконеогенез?

30. Какие аминокислоты образуются из промежуточных продуктов углеводного обмена?

31. Какое вещество, образующееся в результате окисления жирных кислот, является участником цикла трикарбоновых кислот?

32. Что означает выражение «жиры сгорают в пламени углеводов»?

33. Какие аминокислоты называют глюкопластическими?

34. Какие промежуточные продукты обмена углеводов могут принимать участие в биосинтезе аминокислот?

35. Какие вещества-участники цикла трикарбоновых кислот могут превращаться в организме в аминокислоты?

36. Каким путем аминокислоты могут принять участие в синтезе жиров?

37. В ходе каких процессов углеводного обмена может образоваться глицерин, необходимый для синтеза липидов?

38. Какое вещество, образующееся при окислительном распаде углеводов, является непременным участником биосинтеза жирных кислот?

39. В каких случаях восстановленная форма НАДФ, образовавшаяся в результате дегидрирования дериватов углеводов, участвует в обмене липидов?

40. Как осуществляется в организме переход от 3-фосфоглицериновой кислоты к высокомолекулярным жирным кислотам?

41. Какая аминокислота является исходным веществом для биосинтеза адреналина?

42. Как аланин участвует в глюконеогенезе?

43. Какие соединения принимают участие в биосинтезе пуринового кольца?

44. Предшественником какой аминокислоты является  $\alpha$ -кетоглутаровая кислота?

45. Какой гормон активизирует  $\beta$ -окисление высших жирных кислот?

46. Какие гормоны участвуют в обмене белков?

## **Тема 1.11 Биохимия крови**

### **Вопросы темы**

Химический состав крови.

Ферменты, азотсодержащие небелковые и безазотистые вещества плазмы (сыворотки) крови.

Дыхательная функция. Буферные системы крови.

Свертывание крови и фибринолиз.

### **Литература [1, 3, 4]**

### **Методические рекомендации**

Приступая к изучению темы, освежите в памяти сведения о крови животных, полученные в средней школе. Кровь называют внутренней средой организма. Она отражает различные изменения обмена веществ и может служить индикатором физиолого-биохимического состояния организма. Изучая этот раздел, обратите внимание на химический состав форменных элементов и плазмы крови, биологическую роль различных веществ, входящих в состав крови, в частности на состав и роль белков плазмы крови, на физико-химические особенности гемоглобина, его сродство к кислороду, роль в транспорте кислорода и углекислоты, его участие в поддержании постоянства рН крови, изучите функции крови в организме.

Кровь, будучи системой, тесно связанной с различными сторонами обмена веществ животного организма, в то же время наиболее доступна для изучения. Это позволяет использовать гематологические показатели для получения физиолого-биохимической характеристики организма, для диагностики заболеваний, для выяснения оптимальных условий содержания животных, в том числе для разработки полноценных кормовых рационов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие вещества участвуют в деятельности буферных систем крови?

2. В чем сущность явления гемолиза?

3. Какую зависимость отражают кривые диссоциации оксигемоглобина?
4. Каков механизм переноса углекислоты от тканей к легким?
5. Какова химическая природа и биологическая роль фибриногена, фибрина?
6. Какова биологическая роль тромбина?
7. Каковы важнейшие белки плазмы крови?
8. Какие вещества участвуют в осуществлении защитных функций крови?
9. Какие вещества и форменные элементы крови принимают участие в осуществлении дыхательной функции крови?
10. Какие вещества участвуют в осуществлении транспортной функции крови?
11. Каким образом гемоглобин участвует в поддержании кислород – щелочного равновесия в организме?

## **Тема 1.12 Биохимия мышечной ткани**

### **Вопросы темы**

Строение и химический состав мышечной ткани.

Химизм мышечного сокращения и расслабления.

Биоэнергетика мышечного сокращения.

### **Литература [1,3,4]**

### **Методические рекомендации**

Приступая к изучению темы, освежите в памяти сведения о мышечной ткани животных, полученные в средней школе. Мышцы составляют порядка 40 % массы тела. Деятельность организма в значительной степени связана с работой мышц. Скелетные поперечно-полосатые мышцы позвоночных состоят из параллельных мышечных волокон, каждое из которых представляет одну большую многоядерную клетку. Большую часть объема мышечных клеток занимают миофибриллы толщиной 1–2 мкм, простирающиеся во всю длину мышечного волокна. Сократительные элементы, саркомеры, состоят из параллельных нитей: толстых филаментов миозина и тонких филаментов F-актина. Наиболее важным белком миофибрилл является миозин (65 % мышечного белка). Головка молекулы миозина обладает  $Ca^{2+}$  – зависимой АТФ-азной активностью. Главным белком тонких нитей является актин. Фибриллярный F-актин – важный структурный элемент цитоскелета, он находится в равновесии с глобулярным G-актином. Сокращение мышечных волокон обусловлено продольным скольжением толстых миозиновых и тонких актиновых филаментов относительно друг друга до тех пор, пока имеется АТФ. Источниками энергии для мышечного сокращения являются макроэргические соединения АТФ и креатинфосфат.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова биохимическая роль мышечной ткани, ее строение и химический состав?
2. Чем отличается в строении поперечно-полосатая мышечная ткань от гладкой мышечной ткани? Опишите химический состав мышечной ткани.
3. Какова локализация различных белков в структурах мышечного волокна?

4. Опишите строение основных сократительных белков мышц.
5. Каковы минеральные составные части мышц?
6. Какие азотистые экстрактивные вещества обнаружены в мышечной ткани животных?
7. Какие резервные энергетические вещества содержатся в мышцах?
8. Какова роль АТФ и креатинфосфата в биоэнергетике мышечной ткани?
9. Опишите механизм синтеза креатинфосфата.
10. Расскажите о роли ионов  $Ca^{2+}$  в инициации мышечного сокращения.
11. Какова роль тропомиозина и тропонина в механизме сокращения мышечных волокон?
12. Расскажите о механизмах послеубойного окоченения.

### **Тема 1.13 Биохимия молочной железы**

#### **Вопросы темы**

Биохимические основы молокообразования

#### **Литература [3, 4]**

#### **Методические рекомендации**

Молоко вырабатывается в молочной железе, содержит витамины, белки, липиды, углеводы, макро-, микроэлементы и другие соединения, необходимые для активного роста детенышей в постэмбриональный период. В молоке присутствуют биогенные молекулы: аминокислоты, пептиды, белки (простые и сложные), азотистые основания (аденин, гуанин, цитозин, тимин, урацил), нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК), углеводы (моно-, олиго- и полисахариды), липиды (жирные кислоты, нейтральные липиды, фосфолипиды, сфинголипиды, стероиды), витамины, гормоны, биологически активные вещества. Субстраты и метаболиты для синтеза биогенных молекул в лактоциты поступают из крови в виде низкомолекулярных соединений. Основным белком молока является казеин – фосфопротеид, обладающий способностью к самопроизвольному формированию мицелл в присутствии ионов кальция, цитратов и фосфатов. Казеин характеризуется высокой биологической ценностью благодаря содержанию в его составе полного набора аминокислот, фосфора. С казеином соединен кальций. Все это обуславливает высокие питательные качества казеина для человека. В молоке присутствуют ферменты пероксидаза, каталаза, липаза, щелочная фосфатаза, ксантиноксидаза и др. Образование молока в молочной железе – это процесс, проявляющийся согласованным действием ЦНС и эндокринной системы в сочетании с деятельностью различных функциональных систем организма животного (пищеварительной, половой, выделительной, нервной, эндокринной, мышечной и др.).

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Опишите основные биохимические процессы, протекающие в молочной железе.
2. Опишите химический состав молока.
3. Назовите основные белки молока и опишите строение казеинов.
4. Какие ферменты входят в состав молока и какова их роль?
5. Какова роль кальция в образовании мицелл казеина?
6. Какова роль гормонов в процессе молокообразования?

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 2.1 Выбор варианта и оформление и контрольной работы

Контрольную работу следует выполнить в школьной тетради, на обложке которой указать название дисциплины, номер варианта, фамилию и инициалы, номер студенческого билета и домашний адрес.

На первой странице работы указать номера задач варианта.

Каждое задание написать перед её решением в порядке возрастания номеров заданий.

В конце контрольной работы привести список используемой литературы.

Датировать контрольную работу и подписать её.

Если контрольная работа не допущена к защите, то выполняется письменная работа над ошибками в конце тетради, после чего контрольная работа направляются на повторное рецензирование.

Если контрольная работа после рецензирования преподавателем допущена к защите, но в ней имеются замечания преподавателя, то перед защитой контрольной работы следует дать письменный ответ на каждое из них в этой же тетради.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, не рецензируются.

Защита контрольной работы производится в часы консультаций кафедры химии.

Контрольная работа включает десять заданий по биологической химии.

Выбор заданий для каждого из разделов дисциплины производится по таблице вариантов в соответствии с двумя последними цифрами номера студенческого билета (табл. 3). Например, если номер студенческого билета 2865, то из таблицы следует выписать номера заданий: 5, 19, 24, 37, 50, 53, 67, 79, 82 и 95 обеих контрольных работ.

Обратите внимание, что ряд заданий являются типовыми, т.е. каждые десять задач имеют одинаковое условие, которое требуется выполнить применительно к индивидуальному заданию. Например, если шифр студенческого билета 2865, то по условию задачи 21–30 следует написать уравнения реакций под № 24.

Таблица 3. Варианты заданий

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Последняя цифра номера студенческого билета					
	0	1	2	3	4	5
0	10,17,21,38, 42,59,65,73,8 4,96	1,11,24,31, 44,51,61,71 81,91	2,12,21,32, 42,52,62,72, 82,92	3,13,23,33, 43,53,63, 73,83,93	4,14,24,34, 41,54,64, 74,84,94	5,15,25,35, 45,55,65, 75,85,95
1	10,20,30,40, 50,60,70, 75,88,100	1,12,23,34, 45,56,67, 78,89,100	2,13,24,35, 46,57,68, 79,90,91	3,14,25,36, 47,58,69, 80,81,92	4,15,26,37, 48,59,70, 71,82,93	5,16,27,38, 49,60,61, 72,83,94

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Последняя цифра номера студенческого билета					
	0	1	2	3	4	5
2	10,11,22,33, 44,55,66, 77,88,99	1,20,29,38, 47,56,65, 74,83,92	2,11,30,39, 48,57,66, 75,84,93	3,12,21,40, 49,58,67, 76,85,94	4,13,22,31, 50,59,68, 77,86,95	5,14,23,32, 41,60,69, 78,87,96
3	10,19,28,37, 46,55,64, 73,82,91	1,13,25,37, 49,51,63, 75,87,99	2,14,26,38, 50,52,64, 76,88,100	3,15,27,39, 42,54,66, 78,90,92	4,16,28,40, 41,53,65, 77,89,91	5,17,29,31, 43,55,67, 77,89,91
4	10,11,23,35, 47,58,70, 79,87,95	1,11,23,35, 47,58,70, 79,87,95	2,12,24,36, 48,60,70, 78,86,94	3,13,25,38, 49,59,68, 77,85,93	4,14,27,40, 50,59,67, 74,81,91	5,15,28,39, 46,53,61, 72,82,96
5	10,20,22,37,4 3,51,64,75,90, 100	1,14,27,40, 47,52,63, 76,83,91	2,15,28,39, 46,51,64, 77,81,94	3,16,29,32, 50,52,66, 79,86,92	4,17,30,31, 45,58,70, 73,82,98	5,16,21,36, 49,53,61, 74,90,100
6	10,13,26,38, 44,60,65, 78,87,100	1,15,29,33, 46,59,62, 75,88,91	2,16,30,34, 47,60,63, 76,89,92	3,17,21,35, 48,51,64, 77,90,93	4,18,22,36, 44,52,65, 78,81,94	5,19,24,37, 50,53,67, 79,82,95
7	10,14,23,31, 42,58,70, 74,87,100	1,16,30,34, 48,56,69, 74,83,94	2,18,21,31, 44,50,64, 71,84,91	3,19,22,35, 47,59,62, 77,82,92	4,11,24,38, 42,57,63, 72,88,93	5,20,23, 37,41,54, 6378,81,99
8	10,17,26,39, 43,55,67,76, 90,97	1,17,21,36, 42,54,67, 73,86,91	2,19,22,33, 49,51,64, 80,85,93	3,20,27,34, 50,56,62, 78,83,96	4,11,25,40, 44,55,68, 74,87,92	5,12,26,31, 47,59,63, 77,90,95
9	10,18,30,39, 46,58,69,76, 84,98	1,18,22,39, 43,60,66, 74,85,97	2,19,23,40, 44,51,67, 75,86,98	3,20,24,31, 45,52,68, 76,87,99	4,11,25,32, 46,53,69, 77,88,100	5,12,26,33, 47,54,70, 78,89,91

Окончание табл. 3

Предпоследняя цифра номера студенческого билета	Последняя цифра номера студенческого билета			
	6	7	8	9
0	6,15,26,36,46,56, 66,76,86,96	7,16,27,37,47,57, 67,77,87,97	8,18,28,38,48,58, 68,78,88,98	9,19,29,39,49,59,69, 79,89,99
1	6,17,28,39,50,51, 62,73,84,95	7,18,29,40,41,52, 63,74,85,96	8,19,30,31,42,53, 64,75,86,97	9,20,26,32,43,54,65, 76,87,98
2	6,15,24,33,42,51, 70,79,88,97	7,16,25,34,43,52, 63,80,89,98	8,17,26,35,44,53, 62,71,90,99	9,18,27,36,45,54,63, 72,91,100
3	6,18,30,32,44,56, 68,80,82,94	7,19,21,33,45,57, 69,71,83,95	8,20,22,34,46,58, 70,72,84,96	9,12,23,36,48,60,62, 74,86,98
4	6,16,29,31,44,57, 69,80,88,92	7,17,30,32,45,60, 62,73,80,97	8,18,26,34,41,54, 64,71,84,98	9,19,24,33,42,55,65, 80,83,99
5	6,19,24,37,41,56, 69,80,84,95	7,20,22,33,42,56, 62,71,85,96	8,11,23,34,48,54, 68,75,89,97	9,12,23,35,43,57,63, 76,88,99
6	6,20,25,38,41,54, 67,71,83,96	7,11,26,39,43,56, 69,71,84,97	8,12,27,40,47,53, 67,72,85,98	9,13,28,39,48,54,65, 73,86,99
7	6,12,29,33,48,52, 68,73,89,95	7,13,28,32,49,53, 61,75,85,96	8,14,27,36,44,58, 65,80,86,100	9,15,23,40,43,54,66, 79,83,98
8	6,13,28,32,48,60, 61,75,88,99	7,14,29,35,43,52, 65,79,81,94	8,15,24,37,41,53, 70,72,89,97	9,16,25,38,45,55,66, 71,81,98
9	6,13,27,34,48,55, 61,79,90,92	7,14,28,35,49,56, 62,80,81,93	8,15,29,36,50,57, 63,71,82,94	9,16,30,37,41,53,64, 72,83,96

Оформление титульного листа контрольной работы:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ**  
**БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра химии

Контрольная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
по дисциплине  
«БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Шифр студента \_\_\_\_\_  
Вариант № \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Калининград - 20\_\_



## **2.2. Методические указания по выполнению заданий контрольной работы**

Контрольные задания приведены в приложении.

Согласно учебным планам дисциплины «Биологическая химия» контрольную работу выполняют студенты очной и заочной форм обучения.

При выполнении каждого задания следует дать конкретный ответ на каждый пункт его условия, излагая материал последовательно, лаконично. Ответ должен быть аргументирован. При первом упоминании вещества следует написать его формулу, привести название. При написании уравнений химических реакций, протекающих в ходе обменных процессов, называйте и кратко характеризуйте ферменты, катализирующие указанные реакции.

Перед выполнением заданий 1–20 проработайте вопросы учебной программы дисциплины «Органическая и биологическая химия» по темам «Введение», «Химический состав живых организмов» раздела «Биологическая химия» [1, 2], а также повторите учебный материал раздела «Органическая химия» по темам «Белки», «Углеводы», «Липиды» [1–3].

Перед выполнением заданий 21–30 повторите классификацию и строение органических соединений, в частности биоорганических [1, 4, 6], выучите материал учебной программы по темам «Липиды», «Углеводы», «Гормоны», «Витамины», «Понятие об обмене веществ и энергии» и на основе этого определите принадлежность заданных биоорганических соединений к конкретному классу.

Для выполнения задания 31–40 необходимо тщательно изучить тему «Витамины» [1, 6], при этом следует обратить внимание не только на биологическую роль конкретного витамина, признаки недостаточности и источники, но и разобрать химическое строение витамина, обуславливающее обменные реакции с его участием.

Для выполнения задания 41–50 следует тщательно разобрать учебный материал по теме «Ферменты» [1, 3], уяснить важность данного класса соединений для живых систем, изучить классификацию ферментов, их свойства.

Для выполнения задания 51–60 необходимо выучить вопросы учебной программы по теме «Гормоны» [1, 2, 6], при этом разобрать классификацию гормонов по месту выработки, по химической природе и по биологическим функциям, особо обратив внимание на механизмы передачи гормонального воздействия в клетку-мишень.

Выполнение задания 61–70 должно опираться на повторение строения триацилглицеринов [1, 2, 5] и на изучение тем «Понятие об обмене веществ и энергии», «Биологическое окисление», «Обмен углеводов», «Обмен липидов» [6].

Для выполнения задания 71–80 необходимо выучить классификацию обменных явлений, учебный материал по темам «Обмен углеводов», «Обмен липидов», «Обмен белков», обращая внимание на участие в конкретном обменном процессе соответствующих ферментов, витаминов, гормонов, а также на локализацию этого процесса в органах и тканях организма, клеточных органеллах [1–6].

Для выполнения задания 81–90 необходимо разобраться в единстве обменных процессов в организме, во взаимосвязи анаболических и катаболических превращений отдельных классов биоорганических соединений, роли амфиболических путей, а также значении слияния обмена углеводов, белков, липидов для живой клетки [1–3].

Для выполнения задания 91–100 следует разобраться в многообразии биологических функций отдельных групп биоорганических соединений [1–2], обращая внимание и на их роль в питании.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных: фундам. и клин. аспекты: учеб. / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2005. – 383 с.

2. Филиппович, Ю. Б. Основы биохимии: учеб. по напр. и спец. «Химия» и «Биология» / Ю. Б. Филиппович. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агар, 1999. – 507 с.

3. Биохимия животных: учеб. / А. В. Чечеткин, И. Д. Головацкий, П. А. Калиман, В. И. Воронянский; под ред. А. В. Чечеткина. – Москва: Высшая школа, 1982. – 511 с.

4. Метревели, Т. В. Биохимия животных: учеб. пособие / Т. В. Метревели, Н. С. Шевелев. – Санкт-Петербург: Лань, 2005. – 296 с.

5. Филиппович, Ю. Б. Практикум по общей биохимии: учеб. пособие для студ. хим. спец. пед. ин-тов / Ю. Б. Филиппович, Т. А. Егорова, Г. А. Севастьянова. – 2-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 1982. – 311 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Контрольные задания

##### 1–20

1. Сформулируйте основные задачи биохимии.
2. В ходе развития каких наук возникла биохимия?
3. Объясните, в чём состоит значение биохимии для животноводства?
4. На развитие каких наук влияет биохимия?
5. Из каких разделов состоит биохимия?
6. Какие методы применяются при биохимических исследованиях?
7. Что изучает общая биохимия?
8. Объясните сущность явления компартментализации и его значение для живых систем.
9. Какова роль отечественных ученых в развитии биохимии?
10. Перечислите основные признаки живой материи.
11. Сформулируйте принципы классификации химических элементов, входящих в состав живых организмов.
12. Перечислите основные группы химических веществ, входящих в состав живого организма.
13. Какие химические элементы объединены понятием «органогены»?
14. Какие вещества называют запасными (резервными)?
15. Какие вещества называют метаболитами? Приведите примеры.
16. Какие вещества называют пластическими? Приведите примеры.
17. Какие вещества выполняют преимущественно энергетическую роль в организме?
18. Перечислите основные клеточные органеллы и укажите их функции.
19. Какие вещества называют незаменимыми? Приведите примеры.
20. Какие элементы называют органогенами? Объясните, почему?

**21–30.** Определите, к каким классам относятся заданные биоорганические соединения. Укажите их значение для живых организмов, напишите структурные формулы и уравнения реакций гидролиза. Укажите, есть ли среди связей в молекулах заданных соединений макроэргические?

21. Гуанозинтрифосфат.
22. Ацетил-СоА.
23. Гликохолевая кислота.
24. 1,3-дифосфоглицериновая кислота.
25. N-ацетил-β-D-галактозамин-4-сульфат.
26. Флавинмононуклеотид.
27. Креатинфосфат.
28. Тиреолиберин.
29. Карнитин.
30. Глутатион.

**31–40.** Для заданного витамина напишите структурную формулу и название; охарактеризуйте биохимическую роль; напишите примеры обменных реакций с его участием; укажите пищевые источники и признаки недостаточности.

31. Витамин В<sub>1</sub>.
32. Витамин В<sub>2</sub>.
33. Витамин В<sub>с</sub>.
34. Витамин В<sub>5</sub>.
35. Витамин В<sub>6</sub>.
36. Витамин С.
37. Витамин К.
38. Витамин А.
39. Витамин Н.
40. Витамин Е.

**41–50.** Для заданного фермента напишите уравнение катализируемой реакции; определите, к какому классу относится фермент; укажите, какое отношение имеет к действию фермента заданное вещество (активатор, ингибитор, кофермент, субстрат и т.д.); объясните, как изменится активность фермента при заданном условии или внешнем воздействии:

Номер задания	Фермент	Вещество	Условие или внешнее воздействие
41	Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа	НАДФ	0 °С
42	Пепсин	НСl	pH=1,5
43	Пируваткарбоксилаза	Биотин	45 °С
44	Ацетоацетил-КоА-карбоксилаза	Ацетил-СоА	Трихлоруксусная кислота
45	Трипсин	Энтеропептидаза	pH=7
46	Протеинкиназа	ц-АМФ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (конц.)
47	ДНК-полимераза	Дезокситимидинфосфат	100 °С
48	АТФ-аза	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0 °С
49	Сукцинатдегидрогеназа	Малоновая кислота	Ацетон
50	Цитратсинтаза	Пантотеновая кислота	Hg <sup>2+</sup>

**51–60.** Для заданных гормонов укажите место выработки; приведите названия, опишите химическую природу; охарактеризуйте сущность регулирующего влияния на обменные процессы и объясните механизм передачи гормонального воздействия в клетку-мишень.

51. Гормоны местного действия.
52. Гормоны–антагонисты.
53. Гормоны, действие которых приводит к повышению концентрации глюкозы в крови.
54. Гормоны, регулирующие минеральный обмен.
55. Гормоны коркового вещества надпочечников.

56. Тиреоидные гормоны.
57. Гормоны – производные полиненасыщенных жирных кислот.
58. Гормоны, регулирующие метаболизм кальция.
59. Гормоны, регулирующие синтез холестерина.
60. Гормоны мозгового вещества надпочечников.

**61–70.** Для триацилглицерина заданного состава напишите уравнения реакций полного окислительного распада в аэробных условиях с указанием названий соответствующих ферментов и их принадлежности к определенному классу. Рассчитайте, какое количество АТФ может синтезироваться при полном окислительном распаде одного моля триацилглицерина. Пересчитайте аккумуляруемую энергию в килокалории на грамм. Сравните полученный результат с данными средней калорийности жиров. Объясните причины их расхождения. Напишите соответствующие суммарные уравнения окисления заданного триацилглицерина и сопряжённого окислительного фосфорилирования:

61. Лауриновая, миристиновая, олеиновая.
62. Миристиновая, пальмитиновая, арахидоновая.
63. Клупанодоновая, стеариновая, арахидоновая.
64. Бегеновая, пальмитиновая, линолевая.
65. Докозагексаеновая, арахидоновая, стеариновая.
66. Пальмитиновая, лигноцериновая, линолевая.
67. Лигноцериновая, линоленовая, лауриновая.
68. Миристиновая, пальмитиновая, линоленовая.
69. Клупанодоновая, бегеновая, миристиновая.
70. Стеариновая, арахидоновая, олеиновая.

**71–80.** Для заданного метаболического процесса определите тип (анаболический, катаболический, центральный); напишите уравнения реакций; назовите соответствующие ферменты и их классы, а также витамины, принимающие участие в работе этих ферментов; напишите суммарное уравнение процесса, укажите его локализацию в органах и тканях организма, клеточных органеллах, охарактеризуйте регуляцию и значение.

71. Гликолиз (на примере галактозы).
72. Спиртовое брожение.
73. Глюконеогенез.
74. Гексозомонофосфатный цикл.
75. Цикл ди- и трикарбоновых кислот.
76. Синтез олеиновой кислоты.
77. Синтез фосфатидилэтаноламина.
78. Синтез холестерина.
79. Образование мочевины.
80. Гликогенолиз.

### **81-100**

81. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение слияния путей биологического окисления углеводов и жиров.

82. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение слияния путей биологического окисления жиров и аминокислот.

83. На конкретных примерах охарактеризуйте механизм и биологическое значение слияния путей биологического окисления углеводов и аминокислот.

84. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение биосинтеза холина из промежуточных продуктов обмена белков.

85. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение биосинтеза некоторых аминокислот из промежуточных продуктов обмена углеводов.

86. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение биосинтеза жирных кислот из промежуточных продуктов обмена углеводов.

87. Охарактеризуйте механизм биосинтеза мононуклеотидов из промежуточных продуктов обмена углеводов и белков.

88. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение биосинтеза глицерина из промежуточных продуктов обмена углеводов.

89. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение слияния путей обмена фосфолипидов и аминокислот.

90. Охарактеризуйте механизм и биологическое значение биосинтеза жиров из промежуточных продуктов обмена углеводов.

91. Перечислите основные пищевые вещества и охарактеризуйте их роль в питании человека и животных.

92. Охарактеризуйте биологические функции белков и их содержание в организме человека и животных.

93. Охарактеризуйте биологические функции нуклеиновых кислот и их содержание в организме человека и животных.

94. Охарактеризуйте биологические функции углеводов и их содержание в организме человека и животных.

95. Охарактеризуйте биологические функции и содержание жиров в организме человека и животных.

96. Охарактеризуйте биологическую роль холина.

97. Охарактеризуйте биологические функции фосфолипидов и их содержание в организме человека и животных.

98. Охарактеризуйте биологические функции и содержание воды в организме человека и животных.

99. Охарактеризуйте биологические функции минеральных веществ и их содержание в организме человека и животных.

100. Перечислите буферные системы организма человека и животных, укажите их биологическое значение, объясните механизм их функционирования.

Экзаменационные вопросы

1. Предмет и рабочие направления биохимии. Общая биохимия. Статическая, динамическая и функциональная биохимия.

2. Химические элементы, входящие в состав живых организмов. Органогены. Макро- и микроэлементы. Общая характеристика и значение основных групп веществ, содержащихся в живых.

3. Значение витаминов в жизнедеятельности организмов. Роль витаминов в биокатализе. Многообразие функций отдельных витаминов. Классификация и номенклатура витаминов. Жиро- и водорастворимые витамины. Химическая природа, биологическая роль.

4. Авитаминоз. Гиповитаминоз. Гипервитаминоз. Провитамины. Антивитамины. Источники витаминов. Потребность в витаминах. Методы определения витаминов.

5. Ферменты – биологические катализаторы белковой природы. Физико-химические свойства ферментов, обусловленные их белковой природой. Состав и структура ферментной молекулы. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Активный и аллостерический центры. Кофактор (кофермент, простетическая группа). Роль витаминов и металлов в биокатализе.

6. Общее представление о механизме действия ферментов. Факторы, влияющие на активность ферментов. Проферменты. Номенклатура и классификация ферментов. Локализация ферментов в живой клетке.

7. Общее представление о системах регуляции метаболизма и их иерархии. Эндокринная система и гормоны – химические регуляторы жизненных функций.

8. Классификация гормонов по химической природе, по месту выработки. Общее представление о механизмах передачи гормонального сигнала в клетку-мишень. Железы внутренней секреции и вырабатываемые ими гормоны.

9. Роль воды и минеральных веществ и их содержание в организме.

10. Обмен веществ и энергии как важнейшая особенность живой материи. Классификация обменных явлений. Катаболизм и анаболизм, метаболиты, метаболические пути. Макроэргические соединения. Методы изучения обмена веществ и энергии.

11. Понятие о пластических, энергетических, запасных, пищевых, заменимых и незаменимых веществах, продуктах полного распада веществ в организме и конечных продуктах жизнедеятельности.

12. Общее представление о процессах биологического окисления и их значении. Энергетические ресурсы живой клетки. Локализация процессов биологического окисления в живой клетке. Дыхательная цепь: водород и электрон-транспортный участки. Субстратное и сопряжённое окислительное фосфорилирование. Пути использования энергии АТФ в организме.

13. Значение и роль белков, углеводов, липидов в питании. Их переваривание, всасывание, транспорт в организме.

15. Биосинтез и распад гликогена.

16. Анаэробный и аэробный распад углеводов. Гликолиз. Гликогенолиз. Углеводы как источник энергии. Энергетический эффект анаэробного и аэробного окисления глюкозы.

17. Понятие о гексозомонофосфатном пути расщепления углеводов и его значении.

18. Глюконеогенез.

19. Содержание и регуляция содержания глюкозы в крови.

20. Понятие о фотосинтезе.

21. Ресинтез липидов.

22. Жиры как источник энергии. Энергетический эффект окисления жирных кислот.

23. Биосинтез жиров, фосфолипидов, жирных кислот.

24. Понятие о кетонových телах и их значении.

25. Холестерин, общее представление о его биосинтезе и метаболизме.

26. Гниение белков и аминокислот в кишечнике. Ферментативный гидролиз белков в тканях. Клеточные (тканевые) пептидазы.

27. Общее представление о биосинтезе белков и роли нуклеиновых кислот в этом процессе.

28. Общие реакции промежуточного обмена аминокислот, их значение.

29. Понятие о глико- и кетогенных аминокислотах, путях превращений безазотистой части аминокислот.

30. Конечные продукты обмена белков, нуклеиновых кислот и других азотсодержащих веществ. Источники и пути обезвреживания аммиака. Биосинтез мочевины.

31. Общее представление о взаимосвязи обмена веществ в организме.

32. Химический состав крови. Ферменты, азотсодержащие небелковые и безазотистые вещества плазмы (сыворотки) крови.

33. Дыхательная функция крови. Буферные системы крови. Свертывание крови и фибринолиз.

34. Строение и химический состав мышечной ткани. Представления о биохимических основах мышечного сокращения и расслабления. Биоэнергетика мышечного сокращения.

35. Биохимические аспекты молокообразования.



Локальный электронный методический материал

Наталья Павловна Нефедова

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 3,8. Печ. л. 3,1

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект