

**Г.Ф. Зейберт**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Методические указания для самостоятельной работы  
студентов заочного обучения*

Красноярск 2016

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**Г.Ф. Зейберт**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Методические указания для самостоятельной работы  
студентов заочного обучения*

*Электронное издание*

Красноярск 2016

## *Рецензент*

*Т.М. Финогенко, канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии Сибирского государственного технологического университета*

**Зейберт, Г.Ф. Биологическая химия:** метод. указания для самостоятельной работы студентов заочного обучения [Электронный ресурс] / *Г.Ф. Зейберт*; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 35 с.

В издании представлена учебная программа дисциплины «Биологическая химия», даны методические рекомендации по изучению ее отдельных модулей. Рассмотрены основные требования по выполнению контрольной работы.

Предназначено для студентов 2–3 курсов заочного обучения Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины, обучающихся по направлениям подготовки 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 36.05.01 «Ветеринария», 06.03.01 «Биология», 36.03.02 «Зоотехния».

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Зейберт Г.Ф., 2016

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Содержание дисциплины «Биологическая химия».....	5
Методические рекомендации по изучению отдельных модулей дисциплины.....	8
Методические указания по выполнению контрольной работы.....	16
Вопросы для контрольной работы.....	17
Заключение.....	22
Список рекомендуемой литературы.....	23
Приложения.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Биологическая химия является одной из фундаментальных дисциплин, обеспечивающих подготовку квалифицированных специалистов в области биологии, ветеринарии, зоотехнии, ветеринарно-санитарной экспертизы. Биологическая химия человека и животных – наука о молекулярных основах процессов жизнедеятельности, протекающих в организме человека и животных. Биохимия изучает химический состав живых организмов; превращение веществ живых организмов в процессе жизнедеятельности (обмен веществ) и последствия этих превращений. Поэтому биохимию иногда условно подразделяют на три большие части – статическую биохимию, изучающую химический состав организмов, динамическую биохимию, изучающую обмен веществ, функциональную биохимию, изучающую изменение обмена веществ под действием различных внешних факторов. Биохимия предмет нелегкий. Изучить основы биохимии, а также сдать успешно экзамен или зачет, можно только при систематической работе в сессионный и межсессионный период. В организации учебного процесса студентов при заочной форме обучения большое значение имеет самостоятельная работа. Она должна быть четко спланирована и структурирована. В помощь студентам-заочникам предлагаются данные методические указания, в которых представлена учебная программа дисциплины «Биологическая химия», даны методические рекомендации по изучению ее отдельных модулей. Рассмотрены основные требования по выполнению контрольной работы. Учебный материал соответствует рабочей программе дисциплины, структурирован аналогично УМКД, распределен по модулям.

# **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

## **Модуль 1. Белковые вещества**

### ***Модульная единица 1.1. Белки***

Химический состав живых организмов. Аминокислотный состав белков. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Полноценные и неполноценные белки. Аминокислоты, их строение и классификация. Кислотно-основные свойства аминокислот. Аминокислоты – амфотерные электролиты. Способ связи аминокислот в молекуле белка. Пептидная связь. Классификация, биологическая роль, строение и физико-химические свойства белков. Качественные реакции на белки. Методы выделения, очистки и изучения белков.

### ***Модульная единица 1.2. Ферменты - биологические катализаторы***

Химическая природа ферментов. Современная номенклатура и классификация ферментов. Понятие о проферментах и изоферментах. Принципы выделения и очистки ферментов. Характеристика центров ферментов. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Свойства ферментов. Практическое использование ферментов.

### ***Модульная единица 1.3. Нуклеиновые кислоты***

Состав и строение нуклеиновых кислот. Азотистые основания, нуклеозиды и нуклеотиды, полинуклеотиды. Виды нуклеиновых кислот и их биологические функции. РНК, ДНК. Принцип комплементарности и его реализация в передаче генетической информации.

## **Модуль 2. Биологически активные вещества. Витамины и гормоны**

### ***Модульная единица 2.1. Витамины***

Определение витаминов как биологически активных веществ. Классификация витаминов на водорастворимые и жирорастворимые. Характеристика водорастворимых витаминов: С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub>, В<sub>5</sub>; жирорастворимых витаминов: А, Д, Е, К, Q. Номенклатура витаминов. Химическая структура и биологическая роль витаминов. Понятие об

авитаминозах, гиповитаминозах, гипервитаминозах. Источники и суточная потребность в витаминах человека и животных.

### ***Модульная единица 2.2. Гормоны как эффекторы обмена веществ***

Определение гормонов, их химическая природа, механизм регулирующего действия, классификация. Гормоны как эффекторы обмена веществ. Использование гормонов в животноводстве и ветеринарии. Характеристика инсулина, глюкагона, адреналина, норадреналина, гормонов щитовидной железы, гипофиза.

## **Модуль 3. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление. Обмен углеводов и липидов как источников энергии**

### ***Модульная единица 3.1. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление***

Обмен веществ и энергии. Внешний обмен веществ. Промежуточный обмен веществ. Основные этапы обмена веществ. Метаболизм. Анаболизм. Катаболизм. Стадии и функции метаболизма. Метаболиты, центральные метаболиты. Макроэргические связи и макроэргические соединения. Биологическое окисление: свободное окисление, окислительное фосфорилирование. Строение митохондрий, синтез АТФ. Ферменты оксидоредуктазы, их особенность, классификация. Дыхательные цепи ферментов.

### ***Модульная единица 3.2. Обмен углеводов***

Биологические функции углеводов. Переваривание углеводов в ЖКТ. Характеристика амилалитических ферментов. Особенности пищеварения углеводов у жвачных животных. Обмен и роль клетчатки. Фосфоролиз гликогена. Промежуточный обмен углеводов в тканях и органах. Анаэробный распад углеводов: гликолиз и гликогенолиз. Аэробный распад углеводов: окисление пирувата до ацетил-КоА; цикл трикарбоновых кислот; пентозо-фосфатный цикл. Энергетический баланс этих процессов. Глюконеогенез у жвачных животных.

### ***Модульная единица 3.3. Обмен липидов***

Биологические функции липидов. Переваривание липидов в ЖКТ и их всасывание. Биологическая роль желчных кислот в эмульгировании жиров и в процессе всасывания. Промежуточный обмен

липидов в тканях. Окисление высших жирных кислот. Обмен глицерина, холестерина, фосфолипидов. Образование кетоновых тел и их значение. Ресинтез жира. Энергетический баланс обмена жиров.

#### **Модуль 4. Обмен белков и нуклеиновых кислот. Взаимосвязь обмена веществ. Биохимия биологических жидкостей и тканей**

##### ***Модульная единица 4.1. Обмен белков и нуклеиновых кислот. Взаимосвязь обмена веществ***

Биологические функции белков. Распад белков в ЖКТ. Характеристика протеолитических ферментов. Особенности пищеварения белков у жвачных животных. Микробиальный синтез белка в преджелудках жвачных. Всасывание продуктов переваривания белков. Пути превращения аминокислот. Обезвреживание аммиака в организме (синтез мочевины, глутамина, аспарагина и т.д.). Особенности обмена белков у птиц. Синтез белка, его основные этапы. Обмен нуклеиновых кислот: распад и матричный биосинтез нуклеиновых кислот. Конечные продукты распада азотистых оснований у разных видов животных.

##### ***Модульная единица 4.2. Биохимия биологических жидкостей и тканей. Минеральный и водный обмен и его регуляция. Взаимосвязь обмена веществ***

Биохимия биологических жидкостей и тканей: биохимия крови, лимфы, плазмы, мочи, молока и молозива, нервной ткани, мышечной ткани, куриного яйца. Взаимосвязь обмена белков, нуклеиновых кислот, липидов и углеводов. Центральные метаболиты.



# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1. Белковые вещества

### 1.1. Белки

При изучении химического состава живых организмов особое внимание студенты должны уделить изучению белков, так как из них построены живые организмы. Белки играют первостепенную роль в структуре и функции клетки. Изучение белков следует начинать с изучения аминокислотного состава белков, так как белки – это биологические полимеры, мономерами которых являются альфа-аминокислоты, остатки которых соединены пептидными связями. Нужно знать незаменимые (их 8 у человека и 10 у животных) и заменимые аминокислоты, полноценные и неполноценные белки. Необходимо понимать особенность строения альфа-аминокислот: к альфа-атому углерода присоединяется карбоксильная группа, аминогруппа и радикал. Аминокислоты амфотерны проявляют кислотно-основные свойства, в результате чего способны образовывать пептидную связь в пептидах и белках. Необходимо знать классификацию, биологические функции белков, их строение и физико-химические свойства белков, качественные реакции на белки, методы выделения, очистки и изучения белков. Изучая строение белков, следует хорошо разобраться в их первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуре на примере таких белков, как инсулин (первичная и вторичная структура), миоглобин мышц (третичная структура) и гемоглобин крови (четвертичная структура).

При изучении белков следует уделить внимание их физико-химическим свойствам. Поскольку белки построены из остатков аминокислот, то они являются амфолитами. В растворах функциональные группы радикалов аминокислотных остатков диссоциируют и приобретают заряды. Установлено, что вязкость, осмотическое давление, способность к гидратации и набуханию зависят от степени диссоциации белков. Амфотерность белков лежит в основе их буферных свойств, что обеспечивает поддержание постоянной рН в тканях (рН=7). Молекулы белков имеют суммарный заряд молекулы, поэтому они способны перемещаться в электрическом поле. На этом основан процесс разделения смеси белков методом электрофореза. Значение рН, при котором белки находятся в изоэлектрическом состоянии,

называется изоэлектрической точкой белка. Изоэлектрическое состояние белка - это состояние, при котором количество положительных и отрицательных зарядов в молекуле белка одинаковое.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое белки? Их природа и классификация.
2. Что лежит в основе классификации простых белков? Приведите примеры.
3. Назовите группы сложных белков. Объясните их строение и биологические функции.
4. С помощью химических реакций докажите амфотерность аминокислот на примере аланина.
5. Дайте понятие первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры молекулы белка.

## **1.2. Ферменты – биологические катализаторы**

Прежде чем перейти к изучению ферментов и ферментативному катализу, необходимо вспомнить такие понятия, как катализаторы, кинетика, скорость химических реакций. Необходимо изучить факторы, определяющие скорость химических реакций, химическое равновесие, смещение химического равновесия. При изучении катализа надо вспомнить понятие «энергия активации». В разделе «Ферменты» следует изучить особенности ферментативного катализа, механизм действия ферментов, строение, классификацию и номенклатуру ферментов (прил. 3). Нужно знать центры ферментов: субстратный, активный (каталитический) и аллостерический, а также роль витаминов (прил. 3) в синтезе и функционировании ферментов и что такое кофермент и апофермент.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что означает энергия активации?
2. Классификация и номенклатура ферментов.
3. Факторы, влияющие на активность ферментов. Химическая природа и строение ферментов. Характеристика центров фермента.
4. Механизм действия ферментов.
5. Свойства ферментов.

### ***1.3. Нуклеиновые кислоты***

Важное место в изучении белков занимают нуклеиновые кислоты, входящие в состав сложных белков – нуклеопротеинов. Студенты обязаны знать строение нуклеиновых кислот, их виды и биологическую роль (ДНК, РНК: мРНК, тРНК, рРНК, вРНК). Нужно четко представлять, что такое азотистые основания, нуклеозиды, нуклеотиды, полинуклеотиды, триплет, кодон, антикодон и какова их роль. Знать строение и биологические функции нуклеозидтрифосфатов (АТФ, ГТФ, ТТФ, ЦТФ, УТФ).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите виды нуклеиновых кислот, их состав, строение и биологические функции.
2. В чем отличие ДНК от РНК по составу, строению и биологическим функциям?
3. Назовите пуриновые и пиримидиновые азотистые основания. Какие из них входят в состав ДНК и РНК?
4. Что такое нуклеозиды? Чем они отличаются от нуклеотидов?
5. Охарактеризуйте такие понятия, как ген, геном, кодон, антикодон, хромосома, хроматин.

## **2. Биологически активные вещества. Витамины и гормоны**

### ***2.1. Витамины***

При изучении темы «Витамины» важно обратить внимание на роль витаминов в синтезе и функции ферментов, особенно ферментов – оксидоредуктаз, а также роль коферментов в биохимических процессах в клетке. Необходимо знать классификацию и номенклатуру витаминов (прил. 3), уяснить такие понятия, как витамеры, провитамины, авитаминоз, гиповитаминоз, гипервитаминоз. Необходимо изучить важнейшие водорастворимые витамины: С (аскорбиновая кислота), В<sub>1</sub> (тиамин), В<sub>2</sub> (рибофлавин), В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота), В<sub>5</sub> (РР, никотинамид), В<sub>6</sub> (пиридоксин), В<sub>12</sub> (цианкобаламин) и жирорастворимые витамины: А, Д, Е, К, Q (убихинон), F (ненасыщенные жирные кислоты), а также источники витаминов и их суточную потребность для организма человека и животных.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что лежит в основе классификации витаминов?
2. Какие витамины входят в состав коферментов оксидоредуктаз НАД, НАДФ, ФМН, ФАД?
3. Отсутствие какого витамина лежит в основе заболевания молодняка рахитом?
4. Какие вещества называются провитаминами? Назовите провитамин витамина А.
5. Какие витамины могут вызвать гипервитаминоз?

### ***2.2. Гормоны как эффекторы обмена веществ***

Гормоны относятся к важнейшим регуляторам процессов метаболизма. Поэтому необходимо знать классификацию гормонов по их химическому строению. Например, гормоны делят на три группы: 1) пептидные и белковые гормоны (инсулин, глюкагон, гормон роста, вазопрессин и др.); 2) стероидные гормоны (кортикостерон, альдостерон, тестостерон и др.); 3) прочие (тироксин, адреналин, норадреналин и др.). Существует вторая классификация гормонов по месту синтеза в организме. Синтез гормонов происходит в железах внутренней секреции, например, в поджелудочной железе (инсулин, глюкагон и др.), в щитовидной железе (тироксин, тиреоглобулин и др.). Следует изучить их участие в регуляции обменных процессов в организме человека и животных, а также применение гормонов в животноводстве и ветеринарии.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие вещества называются гормонами?
2. Назовите пептидные гормоны. Место их синтеза и механизм действия.
3. К какой группе гормонов относятся женские половые гормоны? Место их синтеза и механизм действия.
4. Назовите гормоны щитовидной железы.
5. Использование гормонов в повышении продуктивности животных.

### **3. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление.**

#### **Обмен углеводов и липидов как источников энергии**

##### **3.1. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление**

При изучении вопросов обмена веществ и энергии необходимо подробно рассмотреть такие понятия, как виды обмена веществ (внешний и промежуточный), метаболизм, состоящий из двух взаимосвязанных процессов, – анаболизма и катаболизма, рассмотреть стадии и функции метаболизма, метаболиты, центральные метаболиты (АцетилКоА, пировиноградная кислота – ПВК). Далее необходимо рассмотреть вопросы биоэнергетики клетки (связь обмена веществ с обменом энергии), роль соединений с макроэргическими связями, роль АТФ в энергетическом обмене, система АТФ – АДФ как переносчик химической энергии в клетке. Знать другие макроэрги клетки (Ас-КоА, фосфоенолпируват, креатинфосфат и др.) Дать понятие биологического окисления, знать виды биоокисления (свободное окисление и окислительное фосфорилирование), строение митохондрии, а также АТФ-азного комплекса, в котором идет синтез АТФ. Необходимо изучить особенности ферментов оксидоредуктаз, знать основные переносчики электронов в дыхательных цепях (НАД<sup>+</sup>, НАДФ, ФМН, ФАД, Q-убихинон, цитохромы b, c, a, a<sup>3</sup>), знать окислительный коэффициент (равен 3).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение обмена веществ, назовите его виды.
2. Дайте определение процесса метаболизма, анаболизма и катаболизма.
3. Назовите центральные метаболиты. Почему их так называют?
4. Какие химические связи называют макроэргическими? Назовите главный макроэрг клетки.
5. Дайте определение процесса свободного окисления и окислительного фосфорилирования. Где протекает окислительное фосфорилирование? Сколько молекул АТФ образуется при переносе 2H по цепи дыхательных ферментов от окисляемого субстрата к акцептору электронов –  $\frac{1}{2}O_2$ ?

### **3.2. Обмен углеводов**

При изучении обмена углеводов необходимо обозначить биологические функции углеводов. Нужно хорошо изучить вопросы переваривания углеводов у моногастричных и жвачных животных, знать характеристику амилалитических ферментов, обмен и роль клетчатки, фосфоролиз гликогена, глюконеогенез. Необходимо изучить пути распада углеводов в клетке: аэробный путь окисления глюкозы до молочной кислоты – гликолиз и гликогенолиз, аэробное окисление: пентозофосфатный путь окисления глюкозы; окисление пирувата до Ацетил-КоА; цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса), а также знать энергетический баланс обмена углеводов.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите биологические функции углеводов.
2. В чем состоит отличие процесса пищеварения у жвачных и моногастричных животных?
3. У каких животных представлен процесс глюконеогенеза. Дайте определение этого процесса. Какое значение этот процесс имеет для данных животных?
4. Дайте определение процесса гликолиза. Назовите его энергетический баланс.
5. Приведите примеры аэробного окисления глюкозы.

### **3.3. Обмен липидов**

При изучении липидного обмена необходимо знать строение липидов, их биологические функции. Следует обратить внимание на вопросы переваривания липидов в ЖКТ животных, на процессы всасывания продуктов гидролиза и на роль желчных кислот при этом. Нужно хорошо изучить промежуточный обмен липидов в тканях:  $\beta$ -окисление высших жирных кислот, обмен глицерина, холестерина, фосфолипидов. Необходимо изучить процессы ресинтеза жира, синтеза жирных кислот (ВЖК), жиров, фосфолипидов, холестерина, а также подвести энергетический баланс обмена жиров.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое липиды? Их строение и биологическая роль.
2. Переваривание липидов в ЖКТ животных. Роль желчи в процессе гидролиза жиров и всасывания ВЖК.
3. Пути окисления глицерина в клетке, возможные продукты окисления, энергетический выход при этом.
4. Что такое  $\beta$ -окисление ВЖК? Назовите последовательность реакций одного цикла окисления ВЖК. Сколько молекул АТФ при этом выделяется?
5. Дайте определение понятию ресинтеза жира.

## **4. Обмен белков и нуклеиновых кислот. Взаимосвязь обмена веществ. Биохимия биологических жидкостей и тканей**

### ***4.1. Обмен белков и нуклеиновых кислот. Взаимосвязь обмена веществ***

Начинать изучение данной темы нужно с анализа биологических функций белков и нуклеиновых кислот. Необходимо рассмотреть пищеварительный распад белков, механизм ферментативного действия протеаз, их активирование. Обратите внимание на особенности пищеварения белков у жвачных животных, дайте понятие микробного синтеза белка. Нужно рассмотреть пути распада аминокислот, пути связывания аммиака в клетке у разных животных. Необходимо изучить процесс биосинтеза белка. При изучении обмена нуклеиновых кислот нужно изучить пути распада и матричного биосинтеза, характеристику ферментов. Итогом изучения обмена веществ является вопрос о взаимосвязи обмена белков, нуклеиновых кислот, липидов и углеводов. Этот вопрос представлен в схеме «Стадии и функции метаболизма».

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите биологические функции белков и нуклеиновых кислот.
2. Характеристика протеолитических ферментов, механизм их активирования.

3. Где происходит синтез микробиального белка, каково значение микробиального белка для жвачных животных?

4. Рассмотрите этапы матричного биосинтеза белка. Из чего состоит белоксинтезирующий комплекс?

5. Назовите все ферменты-гидролазы, участвующие в распаде нуклеиновых кислот.

#### ***4.2. Биохимия биологических жидкостей и тканей. Минеральный и водный обмен и его регуляция. Взаимосвязь обмена веществ***

Данная тема включает следующие вопросы: биохимия крови, лимфы, плазмы, мочи, молока и молозива, нервной ткани, мышечной ткани, куриного яйца. При изучении этих вопросов следует иметь ясное представление о химическом составе этих тканей. Рассматривая биохимию крови, серьезное внимание необходимо уделить буферным системам, осмотическому и онкотическому свойству крови. Кроме этого, необходимо обратить внимание на регуляцию электролитного, водного и кислотно-щелочного баланса, а также на значение и использование исследований крови в животноводстве. Нужно знать возрастные и видовые отличия состава крови, а также отличия состава крови здорового и больного животного; сравнительный состав молока и молозива, состав мочи здорового и больного животного; состав куриного яйца, нервной и мышечной ткани; процессы, лежащие в основе мышечного сокращения и передаче нервного импульса.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Назовите форменные элементы крови. Какие белки входят в состав крови?

2. Приведите биохимический состав крови крупного животного.

3. Приведите биохимический состав молока и молозива. В чем заключается их принципиальное отличие?

4. Биохимический состав нервной ткани. Биохимия передачи нервного импульса, ацетилхолина и ацетилхолинэстераза.

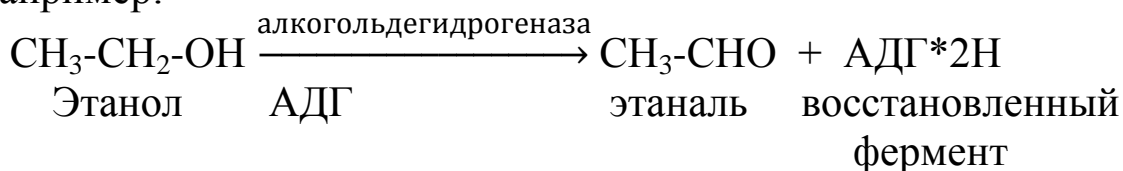
5. Значение исследований крови и мочи в животноводстве.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом по биологической химии студенты заочного обучения должны выполнить одну контрольную работу. К написанию контрольной работы следует приступать после полного изучения курса биологической химии по учебнику в соответствии с программой. При оформлении контрольной работы вопросы переписываются полностью в тетрадь. После каждого вопроса дается конкретный и ясный ответ. Схемы и уравнения реакций нужно писать структурными формулами, обязательно указывая фермент, активирующий данный процесс.

Например:



(АДГ – алкогольдегидрогеназа)

(АДГ\*2H – алкогольдегидрогеназа восстановленная).

В конце работы приводится список литературы с указанием авторов и года издания, в том числе ссылки на электронные источники, использованные при выполнении контрольной работы. После списка литературных источников ставится дата выполнения работы и подпись. При сдаче экзамена студенты представляют свою проверенную контрольную работу. Варианты контрольных заданий даны в приложении 4.

Студент выполняет вариант задания по двум последним цифрам шифра. Например, для шифра 0329 номера вопросов находятся на пересечении цифры 2 по вертикали с цифрой 9 по горизонтали; это вопросы: 2,12,23,35,48,66,45. Если контрольная работа после проверки возвращается студенту с пометкой «Собеседование», то студент проходит собеседование по проверенной работе. Если на контрольной работе сделана пометка «На доработку», то студент делает исправления в соответствии с замечаниями преподавателя и защищает контрольную работу.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Что такое ферменты? Какова их химическая природа? Приведите примеры простых и сложных ферментов.
2. Основные свойства ферментов. Укажите рН-оптимум действия ферментов: амилазы, липазы, пепсина, трипсина.
3. Что называется коферментом? Приведите строение коферментов оксидоредуктаз НАД и НАДФ, расскажите о их роли в окислительно-восстановительных процессах.
4. Водорастворимые витамины в составе коферментов. Напишите формулу витамина В<sub>2</sub> и его кофермента – рибофлавинфосфата. Какую роль выполняют флавиновые ферменты?
5. Какова связь между витаминами и ферментами? Приведите два примера витаминов, которые входят в состав коферментов, напишите их формулы.
6. Дайте характеристику жирорастворимых витаминов. Опишите биологическую роль витаминов А и Д.
7. Классификация ферментов. Охарактеризуйте класс трансфераз. Напишите уравнение реакции переаминирования.
8. Дайте характеристику класса гидролаз. Напишите уравнение реакции гидролиза жиров, укажите фермент.
9. Опишите роль ферментов, относящихся к классу лиаз. Напишите уравнение реакции, происходящей с участием декарбоксилазы.
10. Что такое коэнзим А, какова его роль в обмене веществ? Напишите уравнение реакции превращения уксусной кислоты в ацетилкоэнзим А.
11. Строение белковой молекулы. Классификация белков. Напишите уравнение реакции получения дипептида из валина и серина, назовите его.
12. переваривание белков в желудочно-кишечном тракте животных. Напишите уравнение реакции расщепления дипептидазой аланилсерина.
13. Особенности переваривания белков в желудочно-кишечном тракте у жвачных животных. Напишите уравнение реакции расщепления дипептидазой аланилцистеина.
14. Биохимические пути обезвреживания токсических продуктов, образующихся в кишечнике при распаде аминокислот. Дезинтоксикационная роль макроэргических нуклеотидов печени – ФАФС и УДФГК.

15. Биосинтез аминокислот в организме животных. Напишите уравнение реакции переаминирования между аспарагиновой и пировиноградной кислотами.

16. Биосинтез белков в организме животных. Роль нуклеиновых кислот в данном процессе. Напишите уравнение реакции образования дипептида из аспарагиновой кислоты и аланина. Назовите дипептид.

17. Распад аминокислот в организме животных. Напишите уравнение реакции окислительного дезаминирования аспарагиновой кислоты.

18. Пути обезвреживания аммиака в организме. Напишите уравнение реакции синтеза аспарагина. Где происходит этот процесс и какова биологическая роль аспарагина?

19. Опишите процесс биосинтеза мочевины у млекопитающих (уреотелических) животных.

20. Особенности обмена белков у птиц и рептилий (урикотелических животных). Напишите формулу мочевой кислоты.

21. Переваривание крахмала в желудочно-кишечном тракте животных. Напишите уравнение реакции гидролиза мальтозы.

22. Особенности превращения углеводов в преджелудках у жвачных животных. Напишите уравнение реакции гидролиза целлобиозы.

23. Биологическая роль АТФ в углеводном обмене. Напишите уравнение реакции взаимодействия АТФ с D-фруктозо-6-фосфатом.

24. Анаэробное окисление углеводов. Напишите уравнение реакции превращения 1,6-дифосфатфруктозы в две триозы.

25. В чем отличие гликолиза от гликогенолиза? Напишите уравнение реакции образования 6-фосфата глюкозы.

26. Что является конечным продуктом анаэробного окисления углеводов у млекопитающих животных? Напишите уравнение реакции образования молочной кислоты из пировиноградной.

27. Аэробное окисление углеводов. Напишите уравнение реакций превращения пировиноградной кислоты в ацетил-КоА.

28. Цикл трикарбоновых кислот и его биологическое значение. Напишите уравнение реакции образования лимонной кислоты из щавелевоуксусной кислоты и ацетил-КоА.

29. Что является конечным продуктом аэробного окисления углеводов? Напишите уравнение реакции образования щавелевоуксусной кислоты из яблочной.

30. Какова роль адреналина и инсулина в углеводном обмене? Напишите уравнение реакции образования мальтозы из двух молекул глюкозы.

31. Переваривание липидов в желудочно-кишечном тракте животных. Напишите уравнение реакции гидролиза триглицерида липазой.

32. Всасывание липидов. Какова функция желчных кислот в этом процессе? Напишите формулу холево́й кислоты.

33. Внутриклеточный обмен липидов. Напишите уравнение реакции образования тристеарина.

34. Бэ́та-окисление жирных кислот. Напишите уравнения реакций превращения масляной кислоты в две молекулы ацетил-КоА.

35. Образование кетоновых тел и их окисление. Напишите уравнение реакции образования ацетона из ацетоуксусной кислоты.

36. Окисление глицерина. Напишите уравнение реакции окисления глицерина в глицериновый альдегид, укажите фермент, катализирующий эту реакцию.

37. Биосинтез жирных кислот. Напишите уравнение реакции синтеза масляной кислоты.

38. Биосинтез глицерина. Напишите уравнение реакции восстановления глицеринового альдегида в глицерин.

39. Биосинтез триглицеридов. Напишите уравнение реакции синтеза трипальмитина.

40. Какая связь существует между углеводным и жировым обменами? Напишите формулы соединений, образующихся как при обмене углеводов, так и при обмене жиров.

41. Расскажите о связи обмена белков, углеводов и жиров. Напишите формулы соединений, образующихся во всех обменах (центральных метаболитов).

42. Минеральные вещества крови и их значение в биологических процессах.

43. Белки плазмы и сыворотки крови, защитная функция этих белков.

44. Строение и функция гемоглобина.

45. Белки мышц. Приведите пример мышечного белка, обладающего ферментативными функциями.

46. Химический состав молока. Напишите уравнение реакции образования лактозы.

47. Белки молока. Напишите уравнение реакции образования эфира из серина и фосфорной кислоты.
48. Химический состав мочи. Напишите уравнение реакции образования гиппуровой кислоты.
49. Химический состав нервной ткани. Напишите уравнение реакции образования лецитина и кефалина.
50. Вещества, участвующие в передаче нервного возбуждения. Напишите уравнение реакции гидролиза ацетилхолина.
51. Классификация аминокислот. К каким аминокислотам относится аланин? Напишите диссоциацию аланина по кислотному и основному типу.
52. Номенклатура аминокислот. Напишите уравнения реакций взаимодействия аланина с NaOH и HCl.
53. Амфотерные свойства аминокислот. Ответ подтвердите реакциями с цистеином.
54. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Приведите примеры. Напишите уравнение реакции образования цистина из цистеина.
55. Какую реакцию будет иметь раствор аспарагиновой кислоты? Напишите диссоциацию указанной кислоты по основному и кислотному типу.
56. Пептиды, пептидная связь. Напишите уравнение реакции образования дипептида из серина и цистеина.
57. Белки. Классификация и состав. Напишите уравнение реакции образования дипептида из фенилаланина и аланина.
58. Первичная и вторичная структуры белка. Напишите уравнение реакции образования дипептида из серина и аланина.
59. Третичная и четвертичная структуры белка. Напишите уравнение реакции образования дипептида из лизина и глицина, назовите его.
60. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), ее строение и биологическая роль.
61. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), строение и биологическая роль. Напишите уравнение реакции образования нуклеотида из тимина, дезоксирибозы и фосфорной кислоты.
62. Рибонуклеиновая кислота (РНК), строение, виды РНК и биологическая роль. Напишите уравнение реакции образования нуклеотида из урацила, рибозы и фосфорной кислоты.

63. Чем отличаются нуклеотиды от нуклеозидов? Напишите формулу нуклеотида, состоящего из цитозина, дезоксирибозы и фосфорной кислоты.

64. Какие азотистые основания входят в состав ДНК и РНК? Напишите формулу нуклеотида, входящего в ДНК.

65. Чем отличаются по составу нуклеотиды ДНК и РНК? Напишите формулу нуклеотида, входящего в состав РНК.

66. Какой вид изомерии называется стереоизомерией, а атом углерода ассиметрическим? Напишите проекционные формулы стереоизомеров глюкозы D- и L- ряда. Отметьте ассиметрические атомы углерода.

67. Химические свойства моносахаридов. Напишите соответствующие уравнения реакций с глюкозой.

68. Определение и классификация дисахаридов. Напишите уравнение реакции образования мальтозы.

69. Восстанавливающий тип дисахаридов. Напишите уравнения реакции серебряного зеркала с лактозой.

70. Гликоген. Строение и свойства. Напишите уравнение реакции фосфолиза гликогена.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по дисциплине «Биологическая химия» будут весьма полезны студентам заочного обучения при выполнении контрольной работы, так как в них содержатся не только варианты контрольных работ, но и приведен дополнительный материал по нескольким темам, даны методические советы по их изучению, что должно облегчить усвоение сложных вопросов. Студенты могут проверить себя, используя «Вопросы для самоконтроля», которые приводятся после каждого модуля, и рассчитывать при этом на успешную сдачу зачета и экзамена

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зайцев, С.Ю.* Биохимия животных. Фундаментальные клинические аспекты: учебник /*С.Ю. Зайцев, Ю.В. Конопатов.* – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2005. – 384 с.
2. *Метревели, Т.В.* Биохимия животных: учеб. пособие / *Т.В. Метревели.* – СПб.: Лань, 2005. – 296 с.
3. *Зейберт, Г.Ф.* Биологическая химия: лаборатор. практикум/ *Г.Ф. Зейберт, И.Н. Врублевская;* Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 56 с.
4. *Хазяпов, Н.З.* Биохимия животных / *Н.З. Хазяпов, А.Н. Аскарлова.* – Казань, 1999. – 286 с.
5. *Рогожкин, В.В.* Практикум по биологической химии: учебно-метод. пособие / *В.В. Рогожкин.* – СПб.: Лань, 2006. – 256 с.
6. *Северин, Е.С.* Биологическая химия: учебник / *Е.С. Северин, Т.Л. Алейникова, Е.В.Осипов* [и др.]. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 368 с.
7. Биохимия. Тесты и задачи: учеб. пособие для мед. вузов / под ред. *Е.С. Северина.* – М.: ВЕДИ, 2004. – 368 с.
8. Биохимия: учебник / под ред. *Е.С. Северина.* – 5-е изд., испр. и доп. – М.:ГЕОТАР-Медиа, 2014. – 768 с.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Словарь биохимических терминов

Аденозинтрифосфат(АТФ)	Желчные кислоты
Активатор	Изоферменты
Активный центр фермента	Изоэлектрическая точка
Аллостерический	Ингибитор
Аминокислоты	Катаболизм
Амфотерность аминокислот	Кинетика
Анаболизм	Кодон
Анаэробные условия	Конкурентный ингибитор
Апофермент	Коферменты
Аэробные условия	Каталитический центр фермента
Белки	Липопротеины
Биологическое окисление	ЛПВП
Биполярный ион	ЛПНП
Высшие жирные кислоты	ЛПОНП
Внешний обмен веществ	ХМ
Витамины	Макроэлементы
Витамеры	Метаболизм
Вторичная структура белка	Метаболиты
Вторичная структура ДНК	Микроэлементы
Ген	Митохондрии
Генетический код	Незаменимые аминокислоты
Геном	Окислительное фосфорилирование
Гидролазы	Оксидоредуктазы
Гидрофильность	Пептидная связь
Гидрофобность	Первичная структура белка
Гликолиз	Стериды
Гликогенолиз	Третичная структура белка
Гликонеогенез	Триацилглицериды
Гормоны	Углеводы
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)	Ферменты
Денатурация	Фосфолипиды
Дыхательная цепь ферментов	Цикл Кребса

## ОБЩЕПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АТФ – аденозинтрифосфорная кислота	КоА – кофермент (коэнзим) А
АМФ – аденозинмонофосфорная кислота	КоQ – кофермент (коэнзим) Q
АД – артериальное давление	МАГ - моноацилглицерол
АКТГ – адренокортикотропный гормон	ОПК – общий путь катаболизма
АЛТ – аланинаминотрансфераза	ПТГ – паратиреоидный гормон
АТФ – аза-аденозинтрифосфатаза	ПКА – протеинкиназа А
АсКоА – ацетилкофермент	ПКС – протеинкиназа С
АДФ – аденозиндифосфорная кислота	ПОЛ – перекисное окисление липидов
АДГ – антидиуретический гормон (вазопрессин)	ПФ – пиридоксальфосфат
АТ – антитела	РНК – рибонуклеиновая кислота
АСТ – аспартатаминотрансфераза	мРНК – матричная РНК
АЦ – аденилатциклаза А	рРНК – рибосомная РНК
ГТФ – гуанозинтрифосфат	тРНК – транспортная РНК
ГДФ – гуанозиндифосфат	вРНК – вирусная РНК
ГМФ – гуанозинмонофосфат	СТГ – соматотропный гормон
ГТ – глутатионтрансфераза	ТАГ – триацилглицеролы
Д – дальтон	ТДФ – тиаминдифосфат
ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота	ТТГ – тиреотропный гормон
ДАГ – диацилглицеролы	УДФ – уридиндифосфат
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт	УМФ – уридинмонофосфат
	УТФ – уридинтрифосфат
	ХМ – хиломикроны
	ХС – холестерол
	ЦПЭ – цепь переноса электронов
	ЦТК – цикл трикарбоновых кислот

Дополнительный материал

Таблица 1 - Классификация ферментов

Номер класса	Класс, подкласс	Простетическая группа	Биологическая функция фермента
I	<p><b>Оксидоредуктазы:</b></p> <p>1. Аэробные дегидрогеназы (оксидазы):</p> <p>а) альдегидоксидаза;</p> <p>б) пируватдегидрогеназа.</p> <p>2. Анаэробные дегидрогеназы:</p> <p>а) лактатдегидрогеназа;</p> <p>б) малатдегидрогеназа.</p> <p>3. Цитохромы (а,в,с)</p> <p>4. Пероксидаза</p> <p>5. Каталаза</p>	<p>ФАД или ФМН</p> <p>ФАД</p> <p>НАД или НАДФ</p> <p>НАД</p> <p>НАД</p> <p>Fe<sup>+2</sup> и Fe<sup>+3</sup></p> <p>ГЕМ</p> <p>ГЕМ</p>	<p>Катализируют окислительно-восстановительные реакции</p> <p>Окисляют альдегиды в кислоты</p> <p>Окисляют ПВК в ацетил-КоА</p> <p>Переносят водород от окисляемого субстрата не на кислород</p> <p>Окисляет молочную кислоту</p> <p>Окисляет яблочную кислоту</p> <p>Переносчики электронов</p> <p>Восстанавливают и окисляют пероксид водорода до воды и O<sub>2</sub></p>
II	<p><b>Трансферазы:</b></p> <p>а) фосфотрансферазы;</p> <p>б) аминотрансферазы;</p> <p>в) тиотрансферазы</p>	<p>Mg<sup>2+</sup></p>	<p>Межмолекулярный перенос</p> <p>Перенос остатка фосфорной к-ты</p> <p>Перенос аминогруппы</p> <p>Перенос серы</p>
III	<p><b>Гидролазы:</b></p> <p>а) эстеразы (липаза,фосфоэстераза)</p> <p>б)гликозидазы (мальтаза, сахараза)</p> <p>в) пептидазы (пепсин,т рипсин)</p>		<p>Разрывают внутримолекулярные связи путем присоединения воды</p> <p>Гидролизуют сложноэфирные связи</p> <p>Расщепляют гликозидные связи в угле-</p>

Номер класса	Класс, подкласс	Простетическая группа	Биологическая функция фермента
			<p>водах</p> <p>Расщепляют пептидные связи</p>
IV	<p><b>Лиазы:</b></p> <p>а) углерод – углерод – лиазы (пируват-декарбоксилаза);</p> <p>б) углерод – кислород – лиазы (карбоангидраза)</p>		<p>Расщепляют связи негидролитическим путем</p> <p>Катализируют разрыв С-С связи</p> <p>Разлагают <math>H_2CO_3</math> на <math>CO_2</math> и <math>H_2O</math></p>
V	<b>Изомеразы</b>		Вызывают изомеризацию молекул
VI	<p><b>Лигаза:</b></p> <p>а) аспарагинсинтетаза;</p> <p>б) ацетил-КоА – синтетаза;</p> <p>в) пируваткарбоксилаза</p>		<p>Катализируют синтез орг. молекул за счет энергии АТФ</p> <p>Синтезирует аспарагин, Ас-КоА и щавелевоуксусную кислоту</p>

Таблица 2 – Витамины

Буквенное обозначение	Номенклатура		Признак авитаминоза	Пищевой источник
	химическая	физиологическая		
<i>Водорастворимые витамины</i>				
B <sub>1</sub>	Тиамин	Антиневритный	Полиневриты	Печень, молоко, яйца, дрожжи
B <sub>2</sub>	Рибофлавин	Антисеборейный	Кератиты катаракта	То же
B <sub>3</sub>	Пантотеновая кислота	Антидерматитный	Дерматиты	Печень, дрожжи Зеленые части растений
B <sub>5</sub> (PP)	Амид никотиновой кислоты	Антипелларгический	Дерматиты, деменция, диарея	Печень, почки, злаки
B <sub>6</sub>	Пиридоксол Пиридоксаль	Антидерматитный	Дерматиты	Говядина, рыба, горох
B <sub>12</sub>	Цианкобламин	Антианемический	Макроцитарная анемия	Печень, мясо, рыба, молоко
B <sub>13</sub>	Оротовая кислота	Антиинтоксикационный	Гипопротеинемия	Получают синтетически
B <sub>15</sub>	Пангамовая кислота	Антианоксический, липотропный фактор	Признаки авитаминоза не установлены	Ткани, печень, яйца, молоко
H	Биотин	Антисеборейный	Себорея	Печень, молоко, соя, горох
C	Аскорбиновая Кислота	Антискорбутный	Цинга, кровоточивость десен	Молоко, овощи, фрукты, ягоды

Буквенное обозначение	Номенклатура		Признак авитаминоза	Пищевой источник
	химическая	физиологическая		
Р	Рутин (цитрин)	Капилляроукрепляющий	Снижение активности окислительно-восстановительных процессов	Молоко, овощи, фрукты, ягоды
В <sub>с</sub>	Фолиевая к-та	Антианемический	Микроцитарная анемия	Печень, дрожжи, черный хлеб, зеленые листья
Биос I	Инозит	Антисклеротический	Жировая инфильтрация печени	Дрожжи, печень, мясо, молоко
В <sub>т</sub>	Карнитин	Антисклеротический	Нарушение обмена липидов	Печень, дрожжи
<i>Жирорастворимые витамины</i>				
А	Ретинол	Антиксерофтальмический	Ослабление сумеречного зрения	Животные жиры
Д	Кальциферол	Антирахитический	Рахит	Жиры и желток яиц
Е	Токоферол	Антистерильный	Мышечная дистрофия	Жиры и желток яиц
К	Филлохинон	Антигеморрагический	Свертывание крови	Растения, печень
Q	Убихинон	Транспорт электронов	Снижение биологического окисления	Ткани животных
F	Эссенциальные ненасыщенные жирные кислоты	Антисклеротический, биосинтез фосфолипидов	Атеросклероз	Семена растений

Таблица 3 - Железы внутренней секреции и характеристика гормонов

Название железы	Какие гормоны образует	Химическая природа	Какой обмен регулирует	Точка приложения
Щитовидная	Тиреоглобулин Тироксин Тиреокальцитонин	Глюкопротеин Производные тирозина Полипептид	Все виды обмена  Кальция и фосфора	Ферменты митохондрий То же Ферменты костной ткани
Паращитовидные	Паратгормон	Белок	Кальция и фосфора	То же
Поджелудочная	Инсулин	Белок	Углеводный, липидный, белковый	Ферменты глюконеогенеза, гликолиз
Поджелудочная	Глюкагон	Полипептид	Углеводный	Фосфорилаза печени Аденилатциклаза

Название железы	Какие гормоны образует	Химическая природа	Какой обмен регулирует	Точка приложения
Надпочечники	Адреналин	Катехоламины	Углеводный	Фосфорилаза печени
Мозговой слой	Норадреналин	То же	То же	Аденилатциклаза
Корковый слой	Кортизол	Стероиды	Углеводный Белковый	Ферменты тканевого дыхания
	Альдостерон	Стероиды	Водно-солевой	Ферменты ткани почки
Половые железы (женские)	Фолликулин	Стероиды	Липидный	Ферменты цикла бэта-окисления
Мужские	Эстрадиол Тестостерон Андростерон	Стероиды	Липидный	То же
Гипофиз	Соматотропный (СТГ)	Белок	Все виды обмена	Ферменты биосинтеза ДНК, РНК, белков
Передняя доля	Адренокортикотропный (АКТГ) Тиреотропный	Полипептид	Биосинтез кортикостероидов Биосинтез гормонов щитовидной	Ферменты синтеза и гидроксилазы Ферменты синтеза и оксидоредуктазы



Название железы	Какие гормоны образует	Химическая природа	Какой обмен регулирует	Точка приложения
Средняя доля	(ТТГ)	Сложный белок	железы Биосинтез гормонов половых желез	То же
	Фолликулостимулирующий (ФСГ)	То же	Секреция молочных желез Биосинтез пигментов (меланинов)	То же
Задняя доля	Лактотропный (ЛТГ)	То же	Гладкая мускулатура и сосуды почек	Оксидоредуктазы
	Меланоформный (интермидин)	Полипептид		
Гипоталамус	Вазопрессин Окситоцин	Полипептид циклический		
Гипоталамус	Релизинг факторы (ТТФ, ФТФ, ЛТФ)	Не установлена	Усиливает биосинтез гормонов передней доли гипофиза	
Эпифиз	Мелатонин	Метокси – N-ацетилсеротонин	Водно-солевой (калия) и биоритмы	

**Номера вопросов для контрольной работы по биохимии**

Пред- по- след- няя циф- ра шиф- ра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,14, 22, 35,41, 51, 70	4, 15, 23, 36, 42, 52, 69	5,16,24,3 7, 43, 53, 68	6,17,25, 38, 44, 54, 67	7,18,26, 39, 45, 55, 66	8,65,19, 27, 40, 46, 56	9, 20, 28, 34, 47, 57 64	10,11, 29, 33, 48, 58, 63	1, 13, 30, 32, 49, 59, 62	2,12, 21,31 50, 60, 61
1	4,16, 23, 36, 42 51, 70	5,17, 24, 37, 44, 52, 69	6, 18, 25, 38, 44, 53, 68	7,19,26, 39,45,54, 67	8,20,27, 40, 46, 55, 66	9,11,28, 31,47 56,65	10,12 29,32 48,57 64	1,13 30,33 49,58, 63	2,14, 21, 34, 50, 59, 62	3,15, 22,35 41,60, 61
2	5,18, 24 37,43 61,60	6,19, 25 38,44 62,59	7,20,26 39,45,63 58	8,11,27 40,46,64 57	9,12,28, 31, 47, 65, 56	10,13 29, 32 48,66 55	1,14, 30, 33, 49,67 54	2, 15, 21,34 50,68, 53	3,16 22, 35, 41, 69, 52	4, 17, 23,36 42,70, 51
3	7,17, 23 38,44 69,52	3,18, 24 39,45 68,53	8,19,25 40,4667 54	9,20,26 31,47,66 55	10, 11 27, 32 48, 65,56	1,12,283 3,49 64,57	2,13,29 34,50 63,58	3,14 30,35 41,62 59	4,15,21 36, 42 61, 60	5,16 22,37, 43,60,61
4	6,15, 24 39,43 59,62	7,16, 25 40,44 58,63	9,17,26 31,45 57,64	10,18,27 32,46,56 65	1,19,28 33, 47 55, 66	2,20,29 34,48 54,67	3,11,30 35,49 53,68	4,12 21,36 50,52 69	5,13,22 37, 41 51,70	6,14 23,38 42,52, 69

33

5	8,13,23 40,42 53,68	9,14,24 31,43 54,67	10,15,25 32,44,55 66	1,16,26 33,45,56 65	2,17,27 34,46 57,64	3,18,28 35,47 58,63	4,19,29 36,48 59,62	5,20 30,37 49,60,61	6,11,21 38,50 61,60	7,12 22,39 41,62,59
6	7,12,26 31,41 63,58	8,13,27 32,42 64,57	4,14,28 33,43,65 56	2,15,29 34,44,66 55	3,16,30 35,45 67,54	4,17,21 36,46 68,53	5,18,22 37,47 69,52	6,19 23,38 48,70 51	7,20,24 39,49 69,50	8,11 25,40 50,51,68
7	10,11, 25,32 50,52, 67	1,12,26 33,49 53,66	3,13,27 34,48,54 65	3,14,28 35,47,55 64	4,15,29 36,46 56,63	5,16,30 37,45 57,62	7,17,21 38,44 58,61	7,18 22,39 43,59 60	8,19,23 40,42 60,59	9,20, 24,31 41,61, 58
8	2,19, 27 31,45 62,57	2,20, 28 32,46 63,56	1,11,29 33,47,64 55	4,12,30 34,48,65 54	5,13,21 35,49 66,53	6,15,22 36,50 67,52	8,15,23 37,41 68,51	8,16 24,38 42,69,50	9,17,25 39,43 70,49	10,18 26,40 44,69, 48
9	1,20, 21 33,46 68,47	7,11, 22 34,47 67,46	2,12,23 35,48,66 45	5,13,24 36,49,65 44	6,14,25 37, 50 64, 43	7,15,26 38,41 63,42	6,16,27 39,42 62,41	9,17,8 40,43 61,39	5,18,29 31, 44 60, 38	1,9, 30,32 45,59 37

# **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*Методические указания для самостоятельной работы  
студентов заочного обучения*

**Зейберт Галина Федоровна**

*Редактор Н.А. Семенкова*

*Электронное издание*

Подписано в свет 26.10.2016. Регистрационный № 65  
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
Тел. (391) 265-01-93. e-mail: rio@kgau.ru