

**Министерство образования Республики Беларусь  
Учебно-методическое объединение  
по образованию в области сельского хозяйства**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра  
образования Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ И. А. Старовойтова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Регистрационный № ТД- \_\_\_\_\_ /тип.

**ХИМИЯ**

**Типовая учебная программа  
по учебной дисциплине для специальностей  
1-74 03 01 Зоотехния;  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство**

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
образования, науки и кадров  
Министерства сельского хозяйства и  
продовольствия Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ В. А. Самсонович

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования Республики  
Беларусь

\_\_\_\_\_ С. А. Касперович

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Начальник Главного управления  
интенсификации животноводства  
Министерства сельского хозяйства и  
продовольствия Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ Н. А. Сонич

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования

«Республиканский институт высшей  
школы»

\_\_\_\_\_ И. В. Титович

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию  
в области сельского хозяйства

\_\_\_\_\_ В.В. Великанов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

И. В. Ковалева, заведующий кафедрой химии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

О. В. Поддубная, доцент кафедры химии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Е. В. Мохова, доцент кафедры химии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

И. Ю. Постраш, доцент кафедры химии учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», кандидат биологических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

кафедра анатомии животных учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет» (протокол № 2 от 15 октября 2020 г.);

И. П. Шейко, первый заместитель генерального директора Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

С. М. Дегтярик, заведующий лабораторией болезней рыб Республиканского унитарного предприятия «Институт рыбного хозяйства», кандидат биологических наук.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

кафедрой химии учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 4 от 23 ноября 2020 г.);

методической комиссией факультета биотехнологии и аквакультуры учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 3 от 24 ноября 2020 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 3 от 25 ноября 2020 г.);

научно-методическим советом по зоотехническим специальностям Учебно-методического объединения по образованию в области сельского хозяйства (протокол № 49 от 25.02.2021 г.).

Ответственный за редакцию: Т. И. Скикевич

Ответственные за выпуск: И. В. Ковалева, О. В. Поддубная

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Химия – наука, объясняющая химические явления и устанавливающая их закономерности на основании общих принципов развития природы и естествознания. Изучение химического состава неорганических веществ и живых организмов, а также закономерностей химических реакций, лежащих в основе биохимических превращений, дает возможность управлять процессами жизнедеятельности с целью повышения продуктивности животноводства, птицеводства и рыбоводства.

В сложном комплексе физико-химических процессов, протекающих в организме и составляющих основу жизни, участвуют в большинстве органические вещества. Химия базируется на знании структуры и свойств этих веществ и позволяет понять закономерности химических процессов, протекающих в живых организмах. Изучаемые темы учебной дисциплины «Химия» имеют профессиональную направленность, что помогает сформировать у студентов биологическое мышление и позволяет получить базовые знания для освоения дисциплин профессионального цикла.

*Цель дисциплины* – приобретение студентами навыков использования методов теоретического и экспериментального исследования в химии, применения основных законов химии для решения прикладных задач, а также выполнения химических экспериментов и обработки их результатов.

*Основной задачей учебной дисциплины* является формирование у современного специалиста химического мышления, помогающего ему решать вопросы качества и надежности различных препаратов, а также многообразные частные проблемы биохимического направления.

Важной составной частью процесса изучения учебной дисциплины «Химия» является лабораторный практикум, развивающий у студентов навыки научного экспериментирования, исследования. Будущий специалист должен ознакомиться с применением химических и физико-химических методов анализа при зоотехнических и биохимических исследованиях, а также в исследованиях по контролю окружающей среды в зонах животноводства, птицеводства и рыбоводства и определять биохимические показатели основных обменов, крови и мочи.

Учебная дисциплина «Химия» осваивается студентами, обучающимися по специальностям: 1-74 03 01 «Зоотехния», 1-74 03 03 «Промышленное рыбоводство», относится к государственному компоненту «Химико-биологический модуль».

Освоение учебной дисциплины «Химия» используется при изучении последующих учебных дисциплин «Микробиология», «Кормление сельскохозяйственных животных», «Зоогигиена», «Гидрохимия», «Экология рыб».

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

В результате изучения учебной дисциплины «Химия» студент должен закрепить и развить базовые профессиональные компетенции:

для специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» – владеть базовыми навыками для проведения анализа основных химических явлений или процессов, происходящих в природе, и понимать их значение в производстве продуктов животноводства;

для специальности 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» – владеть базовыми навыками проведения анализа основных химических явлений или процессов, происходящих в природе, а также непосредственно в водоеме, понимать их значение в производстве сельскохозяйственной продукции, в частности, рыбной.

В результате изучения учебной дисциплины «Химия» студент должен:

*знать:*

- основные химические понятия и законы, наиболее важные термодинамические и кинетические закономерности химических процессов;
- буферные растворы и коллигативные свойства растворов;
- коллоидные растворы и физико-химические особенности поверхностных явлений;
- свойства биогенных элементов и их соединений, представляющих наибольший интерес для специалистов сельского хозяйства;
- основные методы качественного и количественного анализа;
- химическую природу органических соединений и их биологическую роль;
- биологически активные вещества, их применение в зоотехнической практике;
- основные закономерности метаболических процессов, лежащих в основе физиологических явлений;
- вопросы функциональной биохимии, в частности биохимии крови, мышц, нервной и соединительной ткани, печени и основ биохимии продуктивности;
- биоэнергетику живого организма;

*уметь:*

- готовить растворы заданной концентрации,
- прогнозировать на основе законов стехиометрии и термодинамики протекание процессов;
- характеризовать специфическую роль биогенных элементов и их соединений в живых системах;
- проводить химические и физико-химические методы анализа при зоотехнических и биохимических исследованиях и в исследованиях по контролю окружающей среды в зонах животноводства, птицеводства и рыбководства;
- определять биохимические показатели основных обменов, крови и мочи;

*владеть:*

- понятийным аппаратом, основными законами и теориями современной химии;
- теоретическими знаниями свойств элементов и веществ в объеме, достаточном для последующего усвоения специальных дисциплин;
- методами самостоятельной экспериментальной работы в химической лабо-

ратории и способами безопасного обращения с веществами, лабораторным оборудованием;

- основными методиками химических и физико-химических методов анализа при зоотехнических и биохимических исследованиях, а также в исследованиях по мониторингу качества кормов и гигиены среды обитания.

На изучение учебной дисциплины «Химия» по специальности 1-74 03 01 «Зоотехния» предусмотрено 334 часа, в том числе 162 часа аудиторных занятий. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 72 часа, лабораторные занятия – 90 часов.

Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет, экзамен.

На изучение учебной дисциплины «Химия» по специальности 1-74 03 03 «Промышленное рыбководство» предусмотрено 262 часа, в том числе 126 часов аудиторных занятий. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 54 часа, лабораторные занятия – 72 часа.

Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет, экзамен.

## 2. Примерный тематический план по специальности 1-74 03 01 Зоотехния

	Наименование разделов и тем	Всего аудиторных часов	В том числе	
			лекции	лабораторные занятия
	<b>Раздел 1. ОБЩАЯ ХИМИЯ</b>	<b>56</b>	<b>30</b>	<b>26</b>
1.1.	Атомно-молекулярное учение	6	2	4
1.2.	Строение вещества: атом, химическая связь и строение молекул	4	2	2
1.3.	Основы биоэнергетики: химическая термодинамика и кинетика химических реакций	8	4	4
1.4.	Растворы: состав, коллигативные свойства и ионные равновесия	12	6	6
1.5.	Окислительно-восстановительные процессы	6	2	4
1.6.	Комплексные соединения и их свойства	6	4	2
1.7.	Коллоидные растворы	6	4	2
1.8.	Физико-химические основы поверхностных явлений	2	2	
1.9.	Химия биогенных элементов	6	4	2
	<b>Раздел 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
2.1.	Общие вопросы теории	2	2	-
2.2.	Качественный анализ	2	-	2
2.3.	Количественный анализ	6	2	4
2.4.	Физико-химические методы анализа	6	2	4
	<b>Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
3.1.	Теоретические основы органической химии	4	2	2
3.2.	Общие закономерности строения и реакционной способности кислородсодержащих органических соединений	6	2	4
3.3.	Липиды	4	2	2
3.4.	Углеводы	4	2	2
3.5.	Азотсодержащие соединения: аминокислоты, пептиды и белки	8	4	4
3.6.	Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты	2	2	-
	<b>Раздел 4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b>	<b>62</b>	<b>22</b>	<b>40</b>
4.1.	Витамины	4	2	2
4.2.	Ферменты	6	2	4
4.3.	Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление	4	2	2
4.4.	Гормоны	2	-	2
4.5.	Обмен углеводов	10	4	6
4.6.	Обмен липидов	8	4	4
4.7.	Обмен белков и аминокислот	8	4	4
4.8.	Обмен нуклеиновых кислот	4	2	2
4.9.	Обмен воды и минеральных веществ	4	2	2
4.10.	Биохимия отдельных органов и тканей	6	-	6
4.11.	Биохимические основы продуктивности сельскохозяйственных животных, птиц и рыб	6	-	6
	<b>Всего часов</b>	<b>162</b>	<b>72</b>	<b>90</b>

**Примерный тематический план**  
по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство

	Наименование разделов и тем	Всего аудиторных часов	В том числе	
			лекции	лабораторные занятия
	<b>Раздел 1. ОБЩАЯ ХИМИЯ</b>	<b>40</b>	<b>14</b>	<b>26</b>
1.1.	Атомно-молекулярное учение	6	2	4
1.2.	Строение вещества: атом, химическая связь и строение молекул	4	2	2
1.3.	Основы биоэнергетики: химическая термодинамика и кинетика химических реакций	6	2	4
1.4.	Растворы: состав, коллигативные свойства и ионные равновесия	8	2	6
1.5.	Окислительно-восстановительные процессы	5	1	4
1.6.	Комплексные соединения и их свойства	3	1	2
1.7.	Коллоидные растворы	4	2	2
1.8.	Физико-химические основы поверхностных явлений	1	1	
1.9.	Химия биогенных элементов	3	1	2
	<b>Раздел 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
2.1.	Общие вопросы теории	2	2	-
2.2.	Качественный анализ	2	-	2
2.3.	Количественный анализ	6	2	4
2.4.	Физико-химические методы анализа	4	-	4
	<b>Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
3.1.	Теоретические основы органической химии	4	2	2
3.2.	Общие закономерности строения и реакционной способности кислородсодержащих органических соединений	4	2	2
3.3.	Липиды	4	2	2
3.4.	Углеводы	4	2	2
3.5.	Азотсодержащие соединения: аминокислоты, пептиды и белки	8	4	4
3.6.	Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты	4	2	2
	<b>Раздел 4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b>	<b>44</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
4.1.	Витамины	4	2	2
4.2.	Ферменты	4	2	2
4.3.	Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление	4	2	2
4.4.	Гормоны	2	-	2
4.5.	Обмен углеводов	6	4	2
4.6.	Обмен липидов	6	4	2
4.7.	Обмен белков и аминокислот	6	4	2
4.8.	Обмен нуклеиновых кислот	4	2	2
4.9.	Обмен воды и минеральных веществ	4	2	2
4.10.	Биохимия отдельных органов и тканей	2	-	2
4.11.	Биохимические основы продуктивности сельскохозяйственных животных, птиц и рыб	2	-	2
	<b>Всего часов</b>	<b>126</b>	<b>54</b>	<b>72</b>

### 3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

#### Раздел 1. ОБЩАЯ ХИМИЯ

##### 1.1. Атомно-молекулярное учение

Химия как раздел естествознания – наука о веществах и их превращениях. Использование достижений химии в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве: биологически активные вещества, кормовые добавки, антиоксиданты, консерванты. Химия и экология: вопросы охраны окружающей среды в зонах промышленного животноводства, птицеводства и рыбоводства.

Основные понятия и законы стехиометрии. Эквивалент. Фактор эквивалентности. Молярная масса эквивалента. Закон эквивалентных отношений.

Важнейшие классы и номенклатура неорганических веществ.

##### 1.2. Строение вещества: атом, химическая связь и строение молекул

Основные сведения о строении атомов. Квантовомеханическая теория строения атома. Квантовые числа. Принцип минимума энергии. Правило Клечковского. Принцип Паули. Правило Гунда. Электронные формулы.

Периодический закон и периодическая система. Энергетические характеристики атомов элементов. Изменение физико-химических свойств элементов в зависимости от их положения в периодической системе. Периодическая система и биогенные элементы.

Химическая связь: сущность, основные типы и особенности. Положения метода валентных связей (ВС). Ковалентная связь. Механизмы образования ковалентной связи: обменный, донорно-акцепторный, дативный,  $\sigma$ - и  $\pi$ -связь. Свойства ковалентной связи. Гибридизация ( $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3d^1$ ,  $sp^3d^2$ ) и форма (геометрия) молекул. Количественные характеристики химической связи. Полярность связи и степень окисления. Ионность связи. Ионная связь. Механизм образования. Отсутствие насыщенности и направленности. Водородная связь: межмолекулярная и внутримолекулярная. Биологическое значение водородной связи. Межмолекулярные взаимодействия и их природа.

##### 1.3. Основы биоэнергетики: химическая термодинамика и кинетика химических реакций

Понятия: система; термодинамические функции и параметры. Внутренняя энергия системы. Энтальпия. Первый закон термодинамики. Тепловой эффект реакции, термохимические уравнения. Экзо- и эндотермические реакции. Стандартная энтальпия образования и сгорания веществ. Закон Гесса и его следствие. Направленность химических процессов. Энтропия как мера неупорядоченности системы. Второй закон термодинамики. Свободная энергия Гиббса. Экзэргонические и эндэргонические процессы.

Биохимические аспекты основных принципов термодинамики. Расчет ка-



лорийности кормов. Применение калориметрии при исследовании процессов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. Сопряженные реакции. Макроэргические соединения. Понятие о гомеостазе.

Понятие о скорости химической реакции (средняя, мгновенная); факторы, от которых она зависит. Закон действующих масс. Правило Вант-Гоффа, температурный коэффициент. Энергия активации, уравнение Аррениуса. Молекулярность и порядок реакции. Катализ и катализаторы. Гомогенный и гетерогенный катализ, механизм действия катализатора. Ферменты – биологические катализаторы. Особенности кинетики ферментативных реакций.

Реакции обратимые и необратимые. Состояние химического равновесия для обратимой реакции. Константа равновесия. Принцип Ле-Шателье. Применение законов равновесия к живым системам.

#### **1.4. Растворы: состав, коллигативные свойства и ионные равновесия**

Основные понятия: раствор, растворитель, растворенное вещество. Термодинамика процесса растворения. Истинные растворы. Жидкие растворы. Вода как растворитель и её роль в жизнедеятельности организма. Растворимость, влияние на растворимость веществ различных факторов: природы растворимого вещества и растворителя, температуры, давления. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри. Закон Сеченова. Концентрации растворов.

Коллигативные свойства разбавленных растворов: диффузия, осмос, осмотическое давление (закон Вант-Гоффа). Онкотическое давление. Изотонические, гипертонические, гипотонические растворы; тургор, плазмолиз, гемолиз. Роль осмоса в биосистемах. Законы Рауля. Криоскопия. Эбуллиоскопия.

Свойства электролитов. Теория электролитической диссоциации. Степень диссоциации и факторы, влияющие на нее. Типы электролитов. Слабые электролиты. Равновесие в растворах слабых электролитов. Константа диссоциации. Закон разведения Оствальда. Ионное равновесие. Ионные уравнения.

Образование осадка. Произведение растворимости. Ионное произведение воды. Водородный показатель и способы его определения. Сильные электролиты и их состояние в растворах. Изотонический коэффициент. Кажущаяся степень диссоциации сильных электролитов. Активность, коэффициент активности, ионная сила раствора.

Гидролиз солей. Степень и константа гидролиза, рН растворов гидролизующих солей. Буферные растворы: классификация, механизм их действия, буферная емкость. Понятие о кислотно-основном равновесии крови. Ацидоз, алкалоз. Роль электролитов в жизнедеятельности организмов. Буферные системы организма животных, птиц и рыб.

#### **1.5. Окислительно-восстановительные процессы**

Основные понятия: степень окисления атома элемента, процессы окисления и восстановления; окислители и восстановители. Типы окислительно-восстановительных реакций. Методы составления уравнений окислительно-

восстановительных реакций. Факторы, влияющие на протекание ОВР: концентрация реагента, температура, катализатор, характер среды.

Понятие о гальваническом элементе. Электрические потенциалы: стандартный электродный потенциал и водородный электрод; стандартный окислительно-восстановительный потенциал; диффузионный потенциал; мембранный потенциал. Уравнение Нернста. ЭДС окислительно-восстановительной реакции. Направление, протекание окислительно-восстановительных реакций.

Особенности окислительно-восстановительных процессов в живом организме. Понятие о биохимических редокс-системах. Взаимосвязь ЭДС реакции со свободной энергией Гиббса.

Электрическая проводимость растворов электролитов, удельная и эквивалентная электропроводимость, закон Кольрауша. Электропроводимость клеток и тканей животных. Кондуктометрические методы анализа.

### **1.6. Комплексные соединения и их свойства**

Понятие о комплексных соединениях. Координационная теория Вернера. Теория кристаллического поля. Структура комплексного соединения: комплексообразователь, лиганды (адденды), внутренняя и внешняя сфера, координационное число комплексообразователя. Классификация и номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений. Магнитные свойства. Геометрия комплекса.

Вторичная диссоциация комплексных соединений. Устойчивость комплексных соединений: константа нестойкости, константа устойчивости.

Биологическая роль координационных соединений. Металлолигандный баланс (гомеостаз) и его нарушения. Металлоферменты, гемоглобин, хлорофилл, витамин В<sub>12</sub>. Комплексные соединения для биоорганизмов.

### **1.7. Коллоидные растворы**

Классификация дисперсных систем. Методы получения и очистки коллоидных растворов. Строение мицеллы лиофобных коллоидов. Молекулярно-кинетические свойства лиофобных коллоидных растворов. Оптические свойства. Электрокинетические свойства: электрофорез, электроосмос, изоэлектрическое состояние (ИЭС) и изоэлектрическая точка (ИЭТ).

Устойчивость и коагуляция коллоидных растворов. Причины коагуляции. Виды и кинетика коагуляции. Электролитическая коагуляция. Порог коагуляции. Правило Шульце-Гарди, коллоидная защита, флокуляция, пептизация. Взаимная коагуляция и ее значение.

Растворы высокомолекулярных соединений, биополимеры. Изоэлектрическая точка, набухание, устойчивость, высаливание, коацервация, осмотическое давление растворов биополимеров. Онкотическое давление крови.

### **1.8. Физико-химические основы поверхностных явлений**

Свободная поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Сорбция и

её виды: абсорбция и адсорбция. Адсорбция на границе раздела жидкость – газ, адсорбция на границе твердое тело – раствор. Молекулярная адсорбция из растворов на твердых адсорбентах. Адсорбция ионов из растворов. Ионно-обменная адсорбция. Поверхностно-активные вещества. Хроматография.

### 1.9. Химия биогенных элементов

Распространенность химических элементов в природе. Понятия: макроэлемент, микроэлемент, органоген, металлы жизни, биогенные элементы. Элементы, являющиеся органогенами, металлами жизни, токсикантами. Закономерности распределения биогенных элементов по s-, p-, d-блокам. Строение атомов каждого органогена, его основные валентные состояния и характерные особенности образуемых им химических связей. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные и комплексообразующие свойства органогенов и их соединений. Специфическая роль каждого органогена и его соединений в живых системах.

**s-элементы.** Общая характеристика элементов 1-А группы. Водород и его соединения. Уникальность свойств водорода.

Вода, геометрия и дипольный момент молекулы. Структура льда и жидкой воды. Химические свойства воды. Пероксид водорода. Окислительно-восстановительная двойственность. Кислотные свойства. Ингибирование ферментов. Применение пероксида водорода в ветеринарии.

Особенности химии лития. Натрий. Калий. Энтальпии гидратации ионов. Физические и химические свойства калия и натрия. Взаимосвязь ионов калия и натрия в биологических системах. Применение соединений калия и натрия в технологии переработки продуктов животноводства, птицеводства и рыбоводства.

Общая характеристика элементов II-А группы. Щелочно-земельные металлы. Энтальпии гидратации и комплексообразующая способность ионов. Гидриды, оксиды, пероксиды, гидроксиды, соли. Растворимость солей. Изоморфное замещение ионов кальция ионами стронция в биологических системах. Биологическое значение кальция и магния. Жесткость воды. Методы определения и устранения жесткости. Влияние жесткости воды на живые организмы.

**p-элементы.** Элементы III-А группы. Общая характеристика. Особенности химии бора. Соединения бора. Гидриды, оксиды, борные кислоты, соли. Бор как акцептор. Бор – микроэлемент. Использование соединений бора для дезинфекции и как консервирующего средства. Алюминий. Амфотерность гидроксида. Алюминаты. Квасцы. Стремление к комплексообразованию. Применение соединений алюминия в ветеринарии, для очистки воды.

Элементы IV-А группы. Общая характеристика. Углерод – главный органоген клетки. Аллотропия. Бинарные соединения. Оксиды углерода. Угольная кислота и ее соли. Циановодородная кислота. Родановодородная кислота и ее соли. Кремний. Бинарные соединения. Диоксид кремния. Кремневые кислоты и их соли. Токсичность свинца и его соединений.

Элементы V-А группы. Общая характеристика. Азот и его соединения.

Круговорот азота в природе. Азот: физические и химические свойства, инертность азота. Бинарные соединения азота: гидриды, оксиды. Соли аммония. Их свойства. Гидролиз. Термическое разложение. Азотная и азотистая кислоты. Нитриты и нитраты, их токсическое действие. Азотные удобрения. Фосфор. Аллотропия. Бинарные соединения. Оксиды. Кислородсодержащие кислоты фосфора и их соли. Роль фосфора в живом организме: макроэргические свойства фосфатов. Фосфорные удобрения, кормовые фосфаты. Общая характеристика и биологическая роль: мышьяк, сурьма, висмут. Токсичность этих элементов.

Общая характеристика элементов VI-A группы. Кислород. Строение молекулы кислорода, ее парамагнитные свойства. Химические свойства кислорода. Оксиды, пероксиды, надпероксиды. Озон, его свойства, проблема защиты озонового слоя. Сера и ее соединения. Круговорот серы в природе. Бинарные соединения серы. Сероводород, его химические свойства. Сероводородная кислота. Её соли. Диоксид и триоксид серы. Сернистая, серная кислоты и их соли; использование сульфатов как лечебных препаратов. Окислительные свойства концентрированной серной кислоты. Тиосерная кислота. Пиросульфаты. Персульфаты. Биологические аспекты химии серы. Селен как микроэлемент, его роль в организме. Использование соединений селена в ветеринарии.

Элементы VII-A группы. Общая характеристика. Сравнительная характеристика физико-химических свойств галогенов, их токсическое действие на живые организмы. Биологическая роль галогенов. Галогеноводороды. Плавиковая кислота, фториды. Соляная кислота, хлориды, их биологическая роль. Кислородсодержащие соединения галогенов: оксиды, кислоты, соли. Использование соединений галогенов. Биологическая роль и применение галогенов и их соединений в зоотехнии и ветеринарии.

**d-элементы.** Общая характеристика. Строение, общие свойства d-металлов жизни и их соединений. Химизм их биологической роли в организме. Зависимость кислотно-основных, окислительно-восстановительных и комплексообразующих свойств металлов и их соединений от строения их атомов и химизм токсического действия соединений металлов.

Медь, характеристика ее соединений. Медь – важнейший микроэлемент. Применение соединений меди в сельском хозяйстве. Бактерицидные свойства соединений серебра.

Цинк. Характеристика соединений цинка. Амфотерность оксида и гидроксида цинка. Применение соединений цинка в сельском хозяйстве. Цинк, как микроэлемент. Ртуть. Свойства ртути и ее соединений. Токсические свойства ртути. Соединения ртути, как лекарственные препараты.

Хром. Характеристика соединений хрома в различной степени окисления (II), (III), (IV). Хромовые кислоты, хроматы, дихроматы, их окислительные свойства.

Марганец. Характеристика соединений марганца в степени окисления +2, +4, +6, +7. Марганцевая кислота, перманганат калия и их окислительные свойства. Биологическая роль марганца.

Железо – важнейший микроэлемент. Свойства соединений железа, железо,

как комплексообразователь. Гемоглобин и железосодержащие ферменты.

Кобальт как микроэлемент. Образование комплексных соединений, витамин В<sub>12</sub>. Молибден. Биоконплексы молибдена. Каталитическое действие.

## Раздел 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

### 2.1. Общие вопросы теории

Предмет аналитической химии. Её научное и практическое значение. Агробиохимические и сельскохозяйственные лаборатории.

Общая характеристика реакций в растворе. Осаждение и растворение малорастворимых соединений. Качественный и количественный анализы. Методы подготовки пробы к анализу.

### 2.2. Качественный анализ

Предмет и задачи качественного анализа. Особенности аналитических реакций и их характеристика. Требования к аналитическим реакциям. Общие и частные аналитические реакции. Чувствительность, селективность реакций, открываемый минимум, предельное разбавление. Факторы, влияющие на чувствительность реакций и способы ее увеличения.

Анализ «сухим» и «мокрым» способом. Дробный и систематический анализ. Классификация катионов и анионов на аналитические группы. Групповые реагенты. Использование аналитических реакций в зоотехнической практике, при анализе токсических веществ.

Общая характеристика и общие реакции изучаемых катионов (NH<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Co<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>). Характерные реакции этих катионов.

Общая характеристика и общие реакции изучаемых анионов (BO<sub>2</sub><sup>-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Характерные реакции этих анионов.

### 2.3. Количественный анализ

Предмет и задачи количественного анализа. Классификация и сравнительная характеристика методов количественного анализа.

**Гравиметрический анализ.** Понятие о методе гравиметрии. Основные этапы гравиметрического анализа. Отбор средней пробы, взятие навески, растворение навески, выбор осадителя, выбор осаждаемой формы, условий осаждения. Кристаллические и аморфные осадки, проверки полноты осаждения. Фильтрование и промывание осадков, высушивание и прокаливание. Расчеты в гравиметрическом анализе, использование в клиничко-биохимических исследованиях, при анализе зольности и влажности кормов.

**Титриметрический анализ.** Объемный титриметрический анализ. Основные понятия: рабочие (титрованные) и исследуемые растворы, точка эквива-

лентности, индикаторы. Способы приготовления титрованных растворов (растворы стандартные и стандартизированные), мерная посуда. Общие приемы и способы титрования (прямое, обратное, заместительное). Вычисления в титриметрическом анализе.

Метод кислотно-основного титрования, (ациди- и алкалиметрия), рабочие растворы, кривые титрования, выбор кислотно-основного индикатора. Использование метода кислотно-основного титрования для определения карбонатной жесткости воды, для анализа крови, молока и др.

Комплексонометрия. Сущность и возможности метода. Основные титранты и первичные стандарты метода (комплексон II, трилон Б). Индикаторы метода и принцип их действия. Особенности комплексонометрического титрования. Использование метода для анализа биологических объектов.

Оксидиметрия. Характеристика метода. Константа равновесия окислительно-восстановительных реакций. Перманганатометрия, йодометрия, нитритометрия: сущность метода, рабочие титрованные растворы, условия проведения титрования. Индикаторы метода оксидиметрии.

## **2.4. Физико-химические методы анализа**

Сущность и их классификация. Характеристика и сравнительная оценка физико-химических методов анализа.

Оптические (спектральные) методы анализа. Фотометрия: теоретические основы метода, закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность, выбор условий проведения измерений, метод калибровочного графика, метод эталонного раствора.

Фотоэлектроколориметрия, турбидиметрия, нефелометрия, спектрофотометрия, атомно-абсорбционная фотометрия. Использование оптических методов исследования в зоотехнии при исследовании кормов, молока и других биологических объектов.

Рефрактометрия. Потенциометрия.

Хроматография, теоретические основы метода, хроматография как метод разделения и анализа веществ. Сущность и классификация хроматографии. Использование хроматографии при анализе биологических объектов.

Примеры применения различных методов количественного анализа при составлении полноценных рационов кормления, а также для диагностики и лечения заболеваний сельскохозяйственных животных, птиц и рыб; в общей гигиене промышленного животноводства, птицеводства и рыбоводства; оценки качества видов животноводческой продукции.

## **Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

### **3.1. Теоретические основы органической химии**

Основы современной теории строения органических соединений. Основные классы органических соединений. Структурные формулы, изомерия органических соединений, классификация. Номенклатура органических соединений

(ИЮПАК). Взаимное влияние атомов. Электронные эффекты. Понятие реакционного центра. Классификация органических реакций и их компонентов. Сравнительная характеристика реакционной способности атомов углерода в состоянии  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ -гибридизации.

### **3.2. Общие закономерности строения и реакционной способности кислородсодержащих органических соединений**

Классификация, номенклатура спиртов, фенолов, оксоединений и карбоновых кислот. Основные физико-химические свойства. Важнейшие представители, распространение в природе, биологическая роль и применение в зоотехнической практике. Карбоновые кислоты со смешанными функциями. Гидроксикислоты, фенолоксикислоты, оксокислоты. Особенности химических свойств, биологическая роль.

### **3.3. Липиды**

Общая характеристика липидов, классификация, биологическая роль. Простые липиды. Нейтральные жиры (триацилглицерины). Строение жиров. Характеристика кислот, входящих в состав жиров. Физико-химические свойства жиров: растворимость, эмульгирование, температуры плавления, гидролиз, гидрогенизация, галогенирование. Мыла, детергенты. Аналитические константы жиров: йодное число, число омыления, кислотное число. Прогоркание жиров.

Понятие о восках. Спермацет, ланолин, пчелиный воск: их роль.

Стероиды. Строение, биологическая роль. Холестерин.

Сложные липиды. Строение, биологическая роль. Важнейшие представители фосфолипидов, гликолипидов.

### **3.4. Углеводы**

Понятие, распространение в природе, биологическая роль. Классификация. Номенклатура.

Моносахариды. Стериоизомерия, L- и D-ряды, оптические антиподы, диастереомеры, эпимеры. Цикло-оксотаутомерия, способы изображения (формулы Фишера и Хеуорса), пиранозы и фуранозы,  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры, полуацетальный (гликозидный) гидроксил. Физические свойства, мутаротация. Химические свойства моносахаридов: окисление, восстановление, эпимеризация, образование простых и сложных эфиров (ацетаты, фосфаты), образование гликозидов, конденсация. Качественные реакции на моносахариды. Производные моносахаридов. Отдельные представители. Биологическая роль.

Дисахариды. Мальтоза, лактоза, целлобиоза, сахароза. Понятие восстанавливающие, невосстанавливающие сахара. Строение, свойства, распространение в природе.

Полисахариды. Химическое строение, свойства, распространение в природе, биологическая роль. Гомополисахариды. Крахмал, гликоген, целлюлоза,

декстраны. Гетерополисахариды. Гиалуроновая кислота, хондроитинсульфат, гепарин.

### **3.5. Азотсодержащие соединения: аминокислоты, пептиды и белки**

Аминокислоты. Классификация, изомерия, номенклатура. Протеиногенные аминокислоты. Физические свойства. Поведение аминокислот в растворе, изоэлектрическая точка. Химические свойства аминокислот: образование пептидов, хелатов; окисление, декарбокислирование, дезаминирование. Взаимодействие с азотистой кислотой, формальдегидом, нингидрином и применение этих реакций для количественного определения аминокислот. Качественные реакции аминокислот.

Пептиды. Белки. Строение, классификация, номенклатура. Распространение в природе, биологическая роль. Строение и уровни структурной организации белков. Типы связей и их роль в молекулах белков: пептидная, водородная, дисульфидная, ионная, сложноэфирная связи, гидрофобное взаимодействие. Мономерные и олигомерные белки.

Физико-химические свойства белков. Амфотерность, буферные свойства. Гидролиз белка. Коллоидное состояние белков, изоэлектрическая точка, коагуляция и денатурация. Определение аминокислотного состава белка. Методы выделения и очистки белков (высаливание, осаждение органическими растворителями, диализ, хроматография, электрофорез).

### **3.6. Гетероциклические соединения. Нуклеиновые кислоты**

Гетероциклические соединения. Общая характеристика. Классификация. Ароматичность гетероциклических систем. Кислотные и основные свойства. Пятичленные, шестичленные гетероциклы с одним и двумя гетероатомами и их производные. Конденсированные системы гетероциклов. Отдельные представители. Биологическая роль. Понятие об алкалоидах, распространение в природе.

Нуклеиновые кислоты. Понятие о нуклеиновых кислотах. Биологическая роль. Нуклеотиды, нуклеозиды. Строение и уровни организации нуклеиновых кислот (ДНК, РНК). Принцип комплементарности, правило Чаргаффа. Понятие о генах, кодонах. Особенности строения РНК. Виды РНК, их биологическая роль. Биологическая роль нуклеотидов: АТФ, цАМФ, ФАД (ФМН), НАД.

## **Раздел 4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

### **4.1. Витамины**

Витамины: классификация, номенклатура (буквенная, химическая, физиологическая), участие в обмене веществ. Понятие о витаминах, провитаминах, авитаминах. Понятие об авитаминозе, гиповитаминозе, гипервитаминозе. Источники витаминов для сельскохозяйственных животных. Биологическая роль и связь с ферментами.



Основные жирорастворимые (А, D, E, К) и водорастворимые витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, Н, С, Р, фолиевая кислота). Краткая характеристика каждого витамина: название, химическая структура, физические свойства, участие в обмене веществ, проявление специфических признаков заболеваний, связанных с витамином, источники витамина.

Витаминоподобные вещества (витамин F, коэнзим Q, витамин U, парааминобензойная кислота, В<sub>15</sub>, инозит, холин, липоевая кислота). Участие в обмене веществ.

## 4.2. Ферменты

Ферменты как биокатализаторы. Классификация и номенклатура ферментов. Химическая природа, строение и свойства ферментов. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Холофермент. Апофермент. Кофактор. Соединения, выступающие в роли кофактора, коферменты. Понятие об активном центре ферментов. Аллостерический центр. Понятия о проферментах, мультиферментных комплексах. Изоферменты.

Представление о механизме действия ферментов. Факторы, влияющие на скорость ферментативной реакции (природа реагирующих веществ, концентрация фермента и субстрата, условия протекания реакции).

Основные свойства ферментов. Высокая каталитическая активность и единицы активности ферментов. Специфичность и обратимость действия. Влияние температуры, реакции среды, присутствия активаторов и ингибиторов на каталитическую активность ферментов. Регуляция ферментативной активности. Регуляция путем изменения скорости синтеза ферментов, путем ковалентной модификации, ассоциации и диссоциации. Аллостерическая регуляция, принцип обратной связи. Ингибирование. Использование ферментных препаратов в животноводстве и промышленном рыбоводстве.

## 4.3. Обмен веществ и энергии. Биологическое окисление

Общая характеристика обмена веществ и энергии. Понятия основной и продуктивный обмен. Понятие о промежуточном обмене (метаболизме), лимитирующих этапах, узловых метаболитах. Анаболизм. Катаболизм. Соотношения анаболических и катаболических процессов у растущих животных, птиц, рыб и при патологии.

Биоэнергетика. Значение высокоэнергетических фосфатов в биоэнергетике. Биологическое окисление и его особенности. Ферменты и коферменты, участвующие в окислительно-восстановительных процессах. Характеристика дыхательной цепи. Окислительное фосфорилирование как механизм аккумуляции энергии. Образование АТФ при окислении НАДН(Н) и ФАДН<sub>2</sub> в дыхательной цепи. Понятия субстратного фосфорилирования, свободного окисления. Цикл трикарбоновых кислот, его интеграционная, амфиболическая (анаболическая и катаболическая), энергетическая и водороднодонорная функции. Выход АТФ при окислении ацетил-КоА. Митохондриальное окисление. Роль печени

в детоксикации различных веществ.

#### 4.4. Гормоны

Общая характеристика и биологическая роль гормонов. Классификация по месту синтеза, характеру и механизму действия, химической природе.

Представление о механизме нейрогуморальной регуляции обмена веществ. Пути проявления регулирующего действия гормонов. Взаимосвязь гормонов, ферментов, витаминов. Механизм действия гормонов различной химической природы. Рецепторы гормонов, внутриклеточные посредники передачи сигнала гормона ферменту (цАМФ, ионы кальция, фосфоинозитиды).

Гормоны – производные аминокислот (гормоны щитовидной железы, мозгового слоя надпочечников). Белковые и пептидные гормоны (гормоны гипоталамуса, гипофиза, поджелудочной железы, паращитовидных желез).

Стероидные гормоны (гормоны коркового слоя надпочечников, половые гормоны). Понятие о гормоноидах. Простагландины.

Гормональная регуляция метаболизма, процессов роста и развития.

#### 4.5. Обмен углеводов

Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте и их всасывание. Особенности превращения углеводов корма у разных видов животных при участии микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Содержание глюкозы в крови сельскохозяйственных животных, птиц, рыб.

Основные метаболические пути промежуточного обмена углеводов. Анаэробный распад углеводов. Гликолиз. Гликогенолиз. Субстратное фосфорилирование и энергетический баланс гликолиза и гликогенолиза. Аэробное окисление углеводов. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, превращение ацетил-КоА в цикле трикарбоновых кислот. Энергетический баланс окисления глюкозы в аэробных условиях. Представление о пентозофосфатном пути окисления и его биологической роли. Никотинамидные коферменты – источник восстановительных эквивалентов в клетке.

Глюконеогенез. Представление о метилмалонатном пути и его роли для жвачных животных. Биосинтез гликогена (гликогенез). Роль печени в обмене углеводов. Гликогенная функция печени. Взаимосвязь обмена углеводов с другими обменами. Регуляция обмена углеводов. Нарушения углеводного обмена. Гипо- и гипергликемия.

#### 4.6. Обмен липидов

Переваривание и всасывание липидов. Значение желчных кислот в процессах переваривания липидов и всасывания жирных кислот. Особенности обмена липидов у жвачных животных.

Промежуточный обмен липидов. Внутриклеточный липолиз. Окисление глицерина. Активирование и транспорт жирных кислот в митохондриях. Окис-

ление насыщенных кислот с четным числом углеродных атомов. Особенности окисления жирных кислот с нечетным числом углеродных атомов, ненасыщенных жирных кислот. Энергетический баланс окисления жирных кислот.

Биосинтез липидов. Биосинтез жирных кислот, триацилглицеринов и фосфолипидов. Обмен холестерина. Кетоновые тела. Образование, биологическое значение и особенности метаболизма кетоновых тел у жвачных животных. Биохимические механизмы возникновения кетоза. Кетонемия, кетонурия. Роль печени в липидном обмене. Взаимосвязь обмена липидов с обменом углеводов и белков. Регуляция и нарушения липидного обмена.

#### **4.7. Обмен белков и аминокислот**

Общая характеристика обмена белков как центрального обмена в метаболизме клетки. Пути формирования и использования фонда аминокислот в организме. Баланс азота и его разновидности, белковый минимум.

Переваривание и всасывание белков. Протеолитические ферменты. Особенности переваривания белков у новорожденных животных. Особенности превращения белков и азотсодержащих соединений у жвачных животных. Процесс гниения белков в толстом отделе кишечника и механизмы обезвреживания.

Биосинтез белка. Общие принципы матричного биосинтеза. Основные этапы синтеза белка. Посттрансляционная модификация белков. Регуляции биосинтеза белка. Особенности обмена хромопротеинов. Гемоглобин. Метаболизм аминокислот. Биосинтез заменимых аминокислот. Катаболизм аминокислот. Дезаминирование аминокислот (восстановительное, гидролитическое, внутримолекулярное, окислительное). Трансаминирование и его биологическая роль. Декарбоксилирование аминокислот и роль биогенных аминов в организме животных. Токсичность аммиака и пути его нейтрализации. Биосинтез мочевины как основной путь нейтрализации аммиака. Роль печени в обмене белков.

Пути превращения безазотистых углеродных остатков аминокислот. Понятие о гликогенных и кетогенных аминокислотах. Взаимосвязь обмена аминокислот и белков с другими обменами.

#### **4.8. Обмен нуклеиновых кислот**

Ферментативный гидролиз нуклеопротеидов. Всасывание и использование организмом продуктов гидролиза. Биосинтез пуриновых и пиримидиновых оснований. Соединения, выступающие донорами атомов углерода и азота при биосинтезе азотистых оснований. Продукты окисления азотистых оснований в организме различных видов животных и рыб. Нарушения обмена азотистых оснований и их проявления.

#### **4.9. Обмен воды и минеральных веществ**

Содержание, распределение, состояние воды в организме и ее роль в об-

мене веществ. Электролитный состав жидкостей организма. Кисотно-основное равновесие и механизмы его регуляции. Нарушения кислотно-основного равновесия. Регуляция водно-солевого обмена.

Макро- (калий, натрий, кальций, магний, фосфор, сера) и микроэлементы (железо, кобальт, иод, селен, марганец, цинк), их биологическая роль, участие в обмене веществ. Понятие о биогеохимических провинциях и эндемии. Применение макро- и микроэлементов в животноводстве и промышленном рыбоводстве.

#### **4.10. Биохимия отдельных органов и тканей**

Кровь. Общая характеристика. Химический состав. Особенности метаболизма в форменных элементах. Возрастные и видовые особенности химического состава крови в норме и при патологии.

Мышечная ткань. Общая характеристика. Органические вещества мышц: белки, углеводы, липиды, небелковые азотсодержащие и безазотистые вещества. Особенности обмена белков, углеводов, липидов в мышечной ткани. Биохимические основы механизма сокращения мышц. Макроэргические соединения, обеспечивающие сократительную функцию мышц, и механизмы их восстановления. Атрофия, дистрофия.

Нервная ткань. Химический состав. Особенности обмена веществ в нервной ткани. Функциональная связь между состоянием нервной ткани и ее метаболизмом. Химизм передачи нервного импульса. Медиаторы.

Почечная ткань. Особенности обмена веществ в почечной ткани. Моча, общая характеристика, физические свойства. Химический состав мочи. Органические и неорганические вещества мочи в норме и при патологии.

#### **4.11. Биохимические основы продуктивности сельскохозяйственных животных, птиц и рыб**

Состав и пищевая ценность мяса различных видов животных. Особенности обмена веществ в мышце. Биохимические изменения в мышце после убоя. Окоченение. Биохимические основы процесса созревания мяса.

Особенности обмена веществ в молочной железе. Состав и физико-химические свойства молока и молозива у разных видов животных. Биохимические основы биосинтеза белков, липидов, углеводов молока.

Особенности обмена веществ у птиц. Биохимия яйца и яичной продуктивности. Особенности биосинтеза основных компонентов яйца.

Химический состав волосяного покрова. Белки шерсти. Кератин. Изменения химического состава волоса при нарушении метаболизма и при хранении.

Особенности обмена веществ у рыб. Химический состав рыб. Особенности биосинтеза основных компонентов.

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Литература

#### *Основная*

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов / Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743 с.
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: учеб. пособие. – Минск: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: учеб. пособие / Е. В. Барковский [и др.]. – М.: Высш. шк., 1997. – 126 с.
4. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред. Е. С. Северина, А. Я. Николаева. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 448 с.
5. Биохимия животных: учебник для студ. зооинженер. и ветеринарн. ф-тов с/х вузов / А. В. Чечеткин; под ред. А. В. Чечеткина. – М.: Высш. школа, 1982. – 511 с.
6. Грандберг, И. И. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по агрономическим специальностям / И. И. Грандберг. – 6-е изд, стереотипное. – М.: Дрофа, 2004. – 672 с.
7. Жеребцов, Н. А. Биохимия: учебник / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 696 с.
8. Князев, Д. А. Неорганическая химия / Д. А. Князев, С. Н. Смарикин. – М.: Высш. шк., 1990. – 425 с.
9. Кононский, А.И. Биохимия животных: учебник для вузов / А. И. Кононский. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 432 с.
10. Практикум по общей и биоорганической химии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
11. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. – М.: Дрофа, 2005. – 542 с.
12. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
13. Химия. Общая химия с основами аналитической: учеб.-метод. пособие / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 204 с.
14. Хомченко, Г. П. Неорганическая химия / Г. П. Хомченко, И. К. Цитович. – М.: Высшая школа, 1990. – 574 с.
15. Цыганов, А. Р. Биохимия. Практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, И. В. Сучкова, И. В. Ковалева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 150 с.
16. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 234 с.

*Дополнительная*

1. Алешин, В. А. Практикум по неорганической химии / В. А. Алешин. – М.: Издат. центр «Академия», 2004. – 384 с.
2. Березов, Т. Т. Биологическая химия: учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.
3. Белясова, Н. А. Биохимия и молекулярная биология: учеб. пособие / Н. А. Белова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
4. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: учеб. пособие / В. В. Свиридов [и др.]. – Минск: Выш. шк., 2003. – 96 с.
5. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. – 382 с.
6. Кудряшов, Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Л. С. Кудряшов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 160 с.
7. Ленский, А. С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию / А. С. Ленский. – М.: Высшая школа, 1989.
8. Метревели, Т. В. Биохимия животных / Т. В. Метревели. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. – 295 с.
9. Микробиологический анализ мяса, птицы и яйцопродуктов / под ред. Дж. К. Мида; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – М.: Профессия, 2009. – 384 с.
10. Николаев, А. Я. Биологическая химия: учебник / А. Я. Николаев. – М.: Мед. информ. агенство, 2004. – 566 с.
11. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов/ Ю. А. Ершов [и др.]. – 6-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2007. – 560 с.
12. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
13. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов / Я. А. Угай. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
14. Хазипов, Н. З. Биохимия животных: учебник / Н. З. Хазипов, А. Н. Аскарова. – Казань: КГАВМ, 2003. – 312 с.

*Справочники*

1. Кольман, Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем; пер. с нем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
2. Лидин, Р. А. Химические свойства неорганических веществ / под ред. Р. А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

## **4.2. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов по данной дисциплине организуется в соответствии с положением о самостоятельной работе студентов, утвержденным Министерством образования Республики Беларусь, требованиями образовательного стандарта, Положением о самостоятельной работе, разработанным и утвержденным учреждением высшего образования и другими документами учреждения высшего образования по организации, выполнению и контролю самостоятельной работы студентов. При организации самостоятельной работы студентов, кроме использования при изучении лекционных материалов (включая электронные и бумажные тексты лекций), учебников, учебно-методических пособий, реализуются следующие формы самостоятельной работы: подготовка рефератов и (или) презентаций по темам, выносимым на самостоятельное изучение.

## **4.3. Перечень рекомендуемые средства диагностики компетенций**

Для оценки учебных достижений студентов в приобретении компетенций рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих опросов;
- сдача модулей;
- оформление выполненных лабораторных работ;
- сдача зачета, экзамена.

## **4.4. Методы (технологии) обучения**

В процессе освоения учебной дисциплины используется модульно-рейтинговая технология.

Основными методами являются:

- элементы проблемного изучения учебной дисциплины, реализуемые на лекционных занятиях и при самостоятельной работе;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемой на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе.