

**Министерство образования Республики Беларусь**  
Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию  
Учебно-методическое объединение по экологическому образованию

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

 А. И. Жук

30

Регистрационный № ГД-6-4257 тип.

**Биофизика**

**Типовая учебная программа**  
**для учреждений высшего образования по специальностям:**  
1-31 01 01 Биология (по направлениям);  
1-33 01 01 Биоэкология

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения по естественно-  
научному образованию

 А.Л. Толстик

20 10 2011 г.

Председатель Учебно-методического  
объединения по экологическому  
образованию

 С.П. Кундас

2011 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

 С.И. Романюк

30 05 2012 г.

Проректор по учебной и воспитательной  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»


 В.И. Шупляк

30 05 2012 г.

Эксперт-нормоконтролер

 С.М. Артемьева

30 04 2012 г.

 Н.В. Сенник

Минск 2012

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

Дмитрий Алексеевич Новиков, доцент кафедры биохимии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент;

Михаил Михайлович Филимонов, доцент кафедры биохимии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

## **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра биохимии и биофизики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова»;

Екатерина Ивановна Слобожанина, заместитель директора по научной и инновационной работе Государственного научного учреждения «Институт биофизики и клеточной инженерии Национальной академии наук Беларуси», доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой биохимии Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 26 сентября 2011 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 30 сентября 2011 г.);

Научно-методическим советом по биологии, биохимии и микробиологии Учебно-методического объединения по естественному образованию (протокол № 12 от 11 октября 2011 г.);

Научно-методическим советом по биоэкологии и геоэкологии Учебно-методического объединения по экологическому образованию (протокол № 2 от 17 октября 2011 г.)

Ответственный за редакцию: Дмитрий Алексеевич Новиков

Ответственный за выпуск: Дмитрий Алексеевич Новиков

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по дисциплине «Биофизика» составлена в соответствии с требованиями образовательных стандартов высшего образования первой степени по специальностям 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)» и 1-33 01 01 «Биоэкология».

Биофизика как междисциплинарная наука, находящаяся на стыке биологии, физики, химии и математики, играет существенную роль в формировании мировоззрения современного биолога, дает базу для глубокого усвоения других дисциплин, относящихся к разделу физико-химической биологии и биотехнологии. Современная биофизика стремительно развивается, ее достижения способствуют переходу биологии на качественно более высокий атомно-молекулярный уровень исследования.

Цель курса – освоение студентами основных принципов и теоретических положений биофизики, объяснение взаимосвязи физического и биологического аспектов функционирования живых систем, а также приобретение студентами навыков биофизического подхода к экспериментальному исследованию биологических явлений и закономерностей.

Программа включает следующие разделы: «Термодинамика биологических систем», «Кинетика биологических процессов», «Молекулярная биофизика», «Биофизика биологических мембран», «Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны», «Биоэлектрические явления», «Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения», «Биофизика сократительных систем», «Биофизика фотобиологических процессов», «Регуляция биологических процессов».

Программа курса составлена с учетом междисциплинарных связей и программ по смежным курсам химического и биологического профиля («Биохимия», «Генетика», «Молекулярная биология», «Ксенобиология» и др.)-

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- основные понятия, законы термодинамики и их применимость к биологическим системам и основные понятия кинетики биологических процессов, молекулярной биофизики, биофизики мембран и мембранных процессов, биофизики сократительных систем, биоэлектрических явлений и фотохимических процессов;

- новейшие достижения в области биофизики и перспективы их использования в биологии;

**уметь:**

- использовать основные законы биофизики для характеристики биологических систем;

- использовать методы теоретической и экспериментальной биофизики в биологии.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных и лабораторных занятиях;
- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных занятиях и при организации самостоятельной работы студентов;
- учебно-исследовательская деятельность, реализуемая на лабораторных занятиях;
- рейтинговая система оценки знаний.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

При чтении лекционного курса необходимо применять наглядные материалы в виде таблиц и мелового рисунка, а также использовать технические средства обучения для демонстрации слайдов и презентаций.

Лабораторные занятия предусматривают освоение методики определения биологических потенциалов, использование метода электрофореза, спектральных методов для изучения биополимеров, освоение методов определения закономерностей транспорта веществ через биологические мембраны, освоение физических методов, применяемых в биологии, а также отработку навыков расчета термодинамических параметров и кинетических характеристик биологических процессов, и должны быть обеспечены микроскопами, спектральным и электрофоретическим оборудованием, живым и фиксированным материалом для исследования, химическими реактивами, демонстрационными рисунками и таблицами.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Программа рассчитана максимально на 156 часов, в том числе 54 часа аудиторных: 30 – лекционных и 24 – лабораторных занятий.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ разделов и тем	Наименование разделов и тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия
1	2	3	4	5
1	Введение	2	2	-

1	2	3	4	5
2	Термодинамика биологических систем	8	4	4
3	Кинетика биологических процессов	8	4	4
4	Молекулярная биофизика	8	4	4
5	Биофизика биологических мембран	6	2	4
6	Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны	8	4	4
7	Биоэлектрические явления	6	2	4
8	Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения	2	2	-
9	Биофизика сократительных систем	2	2	-
10	Биофизика фотобиологических процессов	2	2	-
11	Регуляция биологических процессов	2	2	-
ИТОГО:		54	30	24

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет и задачи биофизики. Уровни биофизических исследований; методы исследования и требования, предъявляемые к ним. Связь биофизики с другими науками: физикой, химией, биохимией, физиологией и молекулярной биологией. Границы и своеобразие проявления законов физики и химии в биологии; принцип качественной несводимости законов физики и биологии. Методологические вопросы биофизики: диалектический подход к вопросу о соотношении физических и биологических форм движения материи, принципы системного, функционально-структурного и исторического подхода к изучению природы биологических явлений. История развития биофизики. Задачи и перспективы развития современной биофизики. Значение биофизики для биологии, медицины, сельского хозяйства и биотехнологии.

### 2. ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предмет и задачи биологической термодинамики. Термодинамические системы, их классификация. Особенности живых организмов как термодинамических систем. Термодинамические функции, применяемые при анализе биологических процессов. Первый закон термодинамики в биологии.

Экспериментальное доказательство его применимости к живым системам с помощью метода калориметрии. Закон Гесса как следствие 1-го закона термодинамики, его применимость к биопроцессам и практическое значение. Второй закон термодинамики в биологии. Стационарное состояние открытых систем, его сходство и отличия от термодинамического равновесия. Изменение энтропии и свободной энергии в открытых системах. Доказательство применимости 2-го закона термодинамики к биосистемам. Принцип минимума прироста энтропии (теорема Пригожина). Условия перехода живых систем на новый стационарный уровень. Устойчивость стационарных состояний. Термодинамика систем вдали от равновесия (нелинейная термодинамика); ее основные черты.

Применение термодинамики в биологии. Расчет термодинамических функций и энергетических эффектов химических реакций в биосистемах (энтропии, энтальпии, свободной энергии, коэффициентов полезного действия метаболических циклов). Свободная энергия Гельмгольца и Гиббса. Изменение стандартной свободной энергии и константа равновесия. Термодинамические характеристики важнейших молекулярно-энергетических процессов в биосистемах (окисление углеводов, липидов, фотосинтез и др.). Структура АТФ и других макроэргических соединений, их сравнительная энергетическая характеристика и участие в сопряжении экзэргонических и эндэргонических стадий метаболизма – основном пути преобразования и запасания энергии в организме. Типы аккумуляции и пути расходования энергии в живых системах.

### **3. КИНЕТИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Предмет и задачи биокинетики, ее особенности. Описание кинетического поведения биосистем на различных уровнях биологической организации. Перевод химических уравнений в уравнения скорости реакций. Кинетика реакций нулевого, первого и второго порядка. Анализ последовательных (линейных) и разветвленных реакций. Обратимые и необратимые реакции, константа равновесия. Принцип «узкого места» в биологических процессах. Автокаталитические и цепные реакции в биосистемах, особенности их кинетики. Роль свободных радикалов в развитии цепных процессов.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности ферментативного катализа. Формальная схема простейшей ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс, методы его обнаружения. Графическое изображение зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата, температуры, рН и других факторов; определение оптимальных условий для действия фермента. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен и его алгебраическое преобразование для определения объединенной константы скорости. Строение, свойства и особенности кинетики аллостерических (регуляторных) ферментов, их участие в саморегулировании биопроцессов.

Ингибирование ферментов, его типы. Кинетическая модель для определения типа ингибирования ферментативных реакций. Практическое значение ингибирования.

Современное представление о механизме действия ферментов. Энергетическая схема ферментативной реакции. Модели ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе.

Влияние температуры на скорость биологических процессов. Применимость закона Аррениуса к биосистемам. Энергия активации ферментов и ее экспериментальное определение.

#### **4. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА**

Предмет и задачи молекулярной биофизики; методы исследования. Биополимеры как основа организации биоструктур; своеобразие строения и функций биологических макромолекул.

Различные типы взаимодействий в полимерах (ковалентные связи, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические и гидрофобные взаимодействия, водородные связи), их биофизическая характеристика.

Природа пептидной связи и ее основные свойства. Строение полипептидной цепи, внутреннее вращение и подвижность ее звеньев. Пространственная организация белковой молекулы. Разнообразие вторичных и третичных структур белка; сверхспирали. Соотношение  $\alpha$ -спиральных и  $\beta$ -структурных участков в молекуле. Домены в пространственной структуре белков. Роль ковалентных связей и слабых взаимодействий ближнего и дальнего порядка в самоорганизации белковой молекулы; предсказание пространственной структуры белков. Взаимодействие белков с растворителем. Гидратация. Фазовые переходы в белках; тепловая и химическая денатурация. Динамические свойства глобулярных белков; взаимодействие статистических и детерминистских факторов, определяющих динамическую подвижность белков. Методы изучения конформационной подвижности белков. Связь конформационной подвижности белковых молекул с их функциональными свойствами.

Особенности структуры и пространственной организации нуклеиновых кислот (НК). Физические модели ДНК. Классификация НК по форме молекулы. Полиморфизм вторичной структуры НК (A, B, C, Z-формы); роль стэкинг-взаимодействий и других факторов в стабилизации пространственной структуры НК. Особенности вторичной и третичной структуры т-РНК. Сверхспиральные структуры ДНК.

Взаимодействие НК с растворителем. Фазовые переходы спираль клубок денатурация и ренатурация НК, факторы денатурации. Качественные и количественные характеристики денатурации. Метод молекулярной гибридизации ДНК, его биологическое значение. Физические свойства НК. Вязкость НК.

Физико-химическая характеристика липидов. Перекисное окисление липидов. Участие липидов в процессах внутриклеточной сигнализации.

## **5. БИОФИЗИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН**

Биомембрана как универсальный компонент биологических систем. Методы исследования биомембран. Развитие представлений о структурной организации мембран. Биофизическая характеристика молекулярных компонентов мембран: белков, липидов, углеводов и их комплексов. Вода как составной компонент биомембран. Свойства связанной воды, методы ее определения. Роль белков в связывании воды биоструктурами. Биомембрана как надмолекулярная структура. Типы межмолекулярных взаимодействий в мембранах, их природа и роль в стабилизации мембранных структур. Основные типы моделей, предложенных в мембранологии для объяснения строения и функционирования мембран. Жидкостно-мозаичная модель, ее основные характеристики. Физические свойства биомембран. Подвижность компонентов биомембраны. Вращательное движение, латеральная и вертикальная диффузия мембранных липидов. Подвижность мембранных белков. Фазовые переходы в мембранах. Жидкие кристаллы в структуре мембран, их свойства. Кооперативные переходы мембран, факторы, инициирующие их (температура, свет, электрическое поле, химические вещества). Понятие о доменной структуре мембран. Функции биологических мембран.

Искусственные мембраны. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные липидные мембраны. Липосомы и протеолипосомы. Механизмы взаимодействия липосом с биомембранами. Свойства искусственных мембран, их сходство и отличия от природных мембран, практическое использование в биологии и медицине.

## **6. БИОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ БИОМЕМБРАНЫ**

Проблема проницаемости веществ через биомембраны. Методы исследования проницаемости. Типы транспорта веществ через биомембрану. Пассивный транспорт (диффузия). Движущая сила диффузии. Уравнение диффузии Фика. Зависимость проницаемости мембран от растворимости в воде и липидах. Аквапорины. Проницаемость мембран для воды и нейтральных молекул. Проницаемость мембран для ионов. Факторы, влияющие на скорость пассивного транспорта ионов. Электрохимический потенциал. Механизмы прохождения ионов через мембрану. Ионный транспорт в каналах. Современное представление о строении и функционировании каналов. Селективность каналов. Индуцированный ионный транспорт, его моделирование на липосомах и плоских бислойных липидных мембранах. Ионофоры: подвижные переносчики и каналобразующие вещества.



Облегченная диффузия, ее основные свойства и отличия от простой диффузии. Транслокация радикалов как тип транспорта веществ, его механизмы и роль в доставке в клетку сахаров, аминокислот и других метаболитов.

Активный транспорт молекул и ионов, его отличие от облегченной диффузии. Свойства и функции активного транспорта. Термодинамика активного переноса молекул и ионов. Механизмы активного транспорта. Электрогенный и нейтральный транспорт. Первичный и вторичный активный транспорт. Транспортные АТФ-азы, их краткая характеристика и классификация. Строение и механизм действия Na-K-насоса. Активный транспорт  $Ca^{2+}$  и протонов. Модели параллельно функционирующих пассивных и активных каналов.

Специальные механизмы транспорта веществ через биомембрану (эндо- и экзоцитоз, перенос ДНК и др.).

## **7. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

Краткая история открытия и изучения биоэлектрических явлений. Классификация биопотенциалов. Характеристика ионных и электродных биопотенциалов. Потенциал покоя, его происхождение. Потенциал действия. Современное представление о генерации нервного импульса. Модель Ходжкина-Хаксли. Измерение потенциала действия в нерве. Асимметричное распределение ионов по обе стороны мембраны как основа возникновения биопотенциалов. Факторы, определяющие величину мембранного потенциала. Равновесие Доннана. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Распространение нервного импульса по миелиновым и немиелиновым нервным волокнам. Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Векторный характер передачи электрических сигналов, его механизм. Значение регистрации биопотенциалов для биологии и медицины.

Электрокинетические явления. Образование двойного электрического слоя. Факторы, определяющие величину электрокинетического потенциала. Применение микроэлектродфореза для оценки электрического потенциала мембран клеток в норме и при патологии. Примеры других электрокинетических явлений.

## **8. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ**

Общая характеристика преобразования энергии в биомембранах. Сопрягающие комплексы, их локализация в митохондриальной и фотосинтетической мембране хлоропластов. Строение и условия функционирования различных цепей переноса электронов (ЦПЭ) в биомембранах. Окислительно-восстановительный потенциал переносчиков электронов, его измерение (уравнение Нернста). Особенности и биологическое значение транспорта электронов. Сходства и отличия ЦПЭ в

митохондриях и хлоропластах. Экзэргоническая и эндэргоническая стадии окислительного фосфорилирования, КПД этого процесса. Теории, объясняющие механизм мембранного фосфорилирования. Основные положения теории П. Митчела. Электрохимический потенциал хемиосмотической ионов водорода. Состав протонной АТФ-азы. Механизм энергетического сопряжения (образование и гидролиз АТФ). Следствия хемиосмотической теории. Другие переносчики ионов как молекулярные преобразователи энергии, генерирующие АТФ. Обобщенная схема трансформации энергии в клетке.

## **9. БИОФИЗИКА СОКРАТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Общая характеристика механохимических процессов. Основные типы сократительных и подвижных систем. Биофизическая характеристика мышечных и неммышечных сократительных белков (актина, миозина, тропомиозина, тубулина, флагеллина и др.). Основные свойства поперечно-полосатой мышцы как механохимического преобразователя энергии; структура саркомеров, ее изменение при сокращении. Молекулярный механизм мышечного сокращения, его регуляция. Энергообеспечение мышечного сокращения; значение опытов В.Энгельгардта и М.Любимовой. Теории, объясняющие механизм сокращения. Основные особенности строения неммышечных сократительных систем, молекулярный механизм их подвижности.

## **10. БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Общая характеристика и классификация фотобиологических процессов и их стадий. Применимость законов физики и фотохимии к фотобиологическим процессам. Поглощение света биомолекулами. Закон Ламберта-Бэра. Механизм поглощения света. Закономерности перехода фотоэлектрона на возбужденный уровень. Спектры поглощения биомолекул. Оптические свойства белков и нуклеиновых кислот: поглощение света, оптическая активность, дисперсия оптического вращения, круговой дихроизм, природа бато-, гипсо-, гипо- и гиперхромного эффектов. Пути дезактивации молекул, возбужденных светом. Люминесценция, ее виды и основные физические характеристики: спектры испускания, квантовый выход, длительность свечения. Биолюминесценция и сверхслабое свечение объектов (биохемилюминесценция). Миграция энергии в биосистемах, ее механизмы: индуктивно-резонансный, экситонный, обменно-резонансный, полупроводниковый.

Типы фотохимических реакций; одно- и двухквантовые реакции. Спектры действия фотобиологических процессов.

Биофизика фотосинтеза. Физический смысл фотосинтеза. Превращение энергии в первичных процессах фотосинтеза. Транспорт электронов и

фотофосфорилирование. Термодинамика фотосинтеза, квантовый выход и квантовый расход, КПД превращения световой энергии в химическую.

Бактериородопсиновый фотосинтез: физический и биологический смысл, последовательность энергетических превращений, молекулярный механизм.

Фотодеструктивные процессы. Фотохимические реакции при действии ультрафиолетовых излучений на нуклеиновые кислоты. Молекулярные механизмы действия ультрафиолетового излучения на белки и липиды. Биологическое значение фотоповреждений молекул. Фотосенсибилизация и фотозащита; световая и темновая репарация.

Основные физические характеристики и биологическое действие лазерного излучения. Роль двухквантовых реакций. Лазерные методы исследования.

## 11. РЕГУЛЯЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Основные понятия теории информации. Связь энтропии и информации в биологических системах. Количество биологической информации, ее ценность. Приложение теории информации к биопроцессам: генетический код, информационная характеристика структуры белков и др. Понятие о биокибернетике. Принципы авторегулирования биологических процессов (положительная и отрицательная обратная связь, автоколебания, биоритмы). Роль биологических триггеров в регулировании метаболизма.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная:

1. Рубин А. Б. Биофизика. / А. Б. Рубин. М.: Книжный дом «Университет», 1999–2000. Т. 1-2.
2. Антонов В. Ф. Биофизика / В. Ф. Антонов. М.: Гум. издат. центр «Владос», 2002.
3. Новиков Д.А., Филимонов М.М. Биофизика. Курс лекций / Д.А. Новиков, М.М. Филимонов Мн.: БГУ, Ч. 1-2, 2010-2011.
4. Костюк П. Г. Биофизика / П. Г. Костюк. Киев: Выща школа, 1988.
5. Конев С. В., Волотовский И. Д. Фотобиология / С. В. Конев, И. Д. Волотовский. Мн.: Изд-во Белорусского ун-та, 1979.

#### Дополнительная:

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика / А.Н. Ремизов. М.: Медицина, 1987.
2. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия / Ч. Кантор, П. Шиммель. М.: Мир, 1984-1985. Т.1-3
3. Уильямс В., Уильямс Х. Физическая химия для биологов / В. Уильямс, Х. Уильямс. М.: Мир, 1976.

4. Плонси Р., Барр Р. Биоэлектричество. Количественный подход / Р.Плонси, Р.Барр. М.: Мир, 1992.
5. Зенгер В. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот / В.Зенгер. М.: Мир, 1989.
6. Тарусов Б.Н. и др. Биофизика / Б.Н. Тарусов. М.: Высшая школа, 1968.
- 7 Антонов В.Ф., Коржуев А.В. Физика и биофизика: Курс лекций для студентов медицинских вузов: Учебное пособие / В.Ф. Антонов, А.В. Коржуев. М.: Гум. издат. центр "Владос" 2004.
8. Артюхов В.Г.. Биофизика / В.Г.Артюхов, Т.А.Шмелева, В.П. Шмелев. - Изд. Воронежского университета, 1994 г., 336 с.
9. Журавлев А.Н. Основы физики и биофизики. Серия: Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / А.Н Журавлев. М.: Гум. издат. центр «Владос», 2005.
10. [http:// www.molbiol.ru](http://www.molbiol.ru)
11. <http://www.biophys.msu.ru>
12. <http://bio-phys.narod.ru>

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Баллы	Показатели оценки
1	2
1 (один)	Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа
2 (два)	Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
3 (три)	Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
4 (четыре)	Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной

	дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные ( типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень исполнения заданий
5 (пять)	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно принимать типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий
6 (шесть)	Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий
7 (семь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях

	по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
8 (восемь)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
9 (девять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; систематическая, активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

10 (десять)	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
----------------	---

### **ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

Типовыми учебными планами направлений специальности 1-31 01 01 «Биология» и специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» в качестве формы итогового контроля по дисциплине рекомендован экзамен. Оценка учебных достижений студента осуществляется на экзамене и производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.