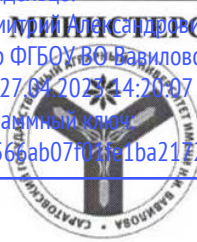


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович  
Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет  
Дата подписания: 27.04.2022 14:20:07  
Уникальный программный ключ:  
528682d78e671e56fab07f07e1ba212f735a12



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник ОПНПК

Третьяк Л.А. /Третьяк Л.А./  
«30» августа 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. проректора по НИР

Воротников И.Л. /Воротников И.Л./  
«30» августа 2022 г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

Дисциплина

**БИОФИЗИКА**

Научная специальность

**1.5.2 Биофизика**

Нормативный срок обучения

**4 года**

Разработчик(и): *доцент, Иванова З.И.*

Иванова  
(подпись)

Саратов 2022

## Введение

Программа кандидатского экзамена разработана в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951, проектом паспорта научной специальности 1.5.2 Биофизика, и на основании Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 марта 2014 г. №247 «Об утверждении порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня» (в ред. приказа Минобрнауки России от 05.08.2021 N 712).

Цель кандидатского экзамена - оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта) к проведению научных исследований по научной специальности 1.5.2 Биофизика и отрасли науки, по которой подготавливается диссертация.

Трудоемкость освоения программы кандидатского экзамена составляет 1 ЗЕТ (36 часов). Кандидатский экзамен «Биофизика» проводится в соответствии с рабочим учебным планом подготовки на третьем году обучения в первом семестре.

### 1. Перечень планируемых результатов освоения программы кандидатского экзамена, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры

Дисциплина направлена на формирование у аспирантов следующих результатов ее освоения:

| № п/п | Результаты освоения программы аспирантуры, формируемые в процессе освоения программы кандидатского экзамена  |
|-------|--|
| 1.    | РО 1 – быть готовым к критическому анализу и оценке современных научных достижений в биофизике, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях  |
| 2.    | РО 2 - быть готовым планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития  |
| 3.    | РО 3 - быть готовым самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области биофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий  |
| 4.    | РО 4 - быть готовым самостоятельно решать исследовательские задачи в области биофизики с использованием современных физических методов, математического аппарата и современной физической аппаратуры и биотехнологического оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта |
| 5.    | РО 5 - быть готовым осуществлять поиск, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования   |

По итогам освоения программы кандидатского экзамена «Биофизика» аспирант должен:

|       |       |         |
|-------|-------|---------|
| Знать | Уметь | Владеть |
|-------|-------|---------|

| 1   | 2  | 3   |
|---|--|---|
| <p>современные способы использования информационно-коммуникационных технологий для получения информации в области биофизики; принципы построения научного исследования в области биофизики, основные научные методы математического и статистического анализа для решения поставленных задач, основные методы научно-исследовательской деятельности в области биофизики</p> | <p>выбирать и применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы объектов, определять методологию исследования, делать выводы из проведенного исследования и определять перспективы дальнейшей работы, анализировать собранный эмпирический материал и делать достоверные выводы, отстаивать собственную научную концепцию в дискуссии, выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач; анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач, при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> | <p>навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований в области биофизики; свободно ориентироваться в источниках и научной литературе, владеть логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования, научным стилем изложения собственной концепции; навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения поставленных задач</p> |

## 2. Содержание кандидатского экзамена

### Введение

Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики. Задачи биофизики в практике народного хозяйства.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА

#### Кинетика биологических процессов

Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Понятие адекватности модели реальному объекту. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы. Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.

Способы математического описания пространственно неоднородных систем.

Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний.

Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Пределные циклы и их устойчивость. Примеры.

Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физических механизмах ферментативного катализа.

Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.

## **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА**

### **Пространственная организация биополимеров**

Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.

Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров.

Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран.

Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок.

Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков. Количественная структурная теория белка.

### **Динамические свойства глобулярных белков**

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии.

Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Карты уровней свободной энергии пептидов.

Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.

### **Электронные свойства биополимеров**

Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орби-

талей и электронных состояний. Энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.

Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.

Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Образование многоцентральной активной конфигурации.

## **БИОФИЗИКА КЛЕТОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **БИОФИЗИКА МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Структура и функционирование биологических мембран**

Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран.

Модельные мембранные системы. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.

Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.

Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.

Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль.

#### **Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектрогенез**

Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз.

Проницаемость мембран для воды. Осмос. Капиллярное поднятие воды в растениях. Течение воды в капиллярах. Водный потенциал и его компоненты. Гидравлическая проводимость, коэффициенты отражения. Измерения внутриклеточного давления в гидростатических и осмотических опытах. Определение механических свойств и водной проницаемости клеток. Аномальный осмос. Аквапорины. Электроосмос, электрофорез и электрокинетические явления.

Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана\*раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Соотношение односторонних потоков (соотношение Уссинга).

Активный транспорт. Ионные насосы различных типов. Активный транспорт  $H^+$  в простой хемиосмотической системе. Термодинамические соотношения для обратимого АТФ-зависимого  $H^+$ -насоса. Модель активации  $H^+$ -АТФ-азы электрохимическим градиентом протонов.  $Na, K$ -насос. Схема Поста-Альберса. Методы исследования (реконструированные системы, флуоресцентные зонды).

Использование проникающих ионов для оценки мембранного, дипольного и поверхностного потенциала. Биологические эффекты поверхностного заряда и поверхностного потенциала (влияние на  $pH$  у поверхности мембран,  $pK$ , агрегацию мембран, редокс-реакции). Уравнение Гуи-Чэпмена. Определение поверхностного заряда по изоэффективным концентрациям одно- и двухвалентных ионов. Потенциал покоя, его происхождение (электродные, оптические и др. методы определения). Электрохромизм. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

Мембранный транспорт слабых кислот и оснований. Уравнение Гендерсона-Хассельбалха. Относительное содержание  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$  и  $CO_3^{2-}$  в уравновешенных с воздухом растворах при разных  $pH$ . Продольные профили  $pH$  в клетках харовых водорослей и их влияние на фотосинтез и уровень  $Ca^{2+}$ . Буферные растворы. Распределение аминов в мембранной системе; разобща действие, использование в качестве зондов  $\Delta pH$ .

Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионофоры: переносчики и каналобразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы). Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов.

Потенциал действия. Роль ионов  $Na$  и  $K$  в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов  $Ca$  и  $Cl$  в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении. Механизмы активации и инактивации каналов.

Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Флутуакции напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах.

Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.

Основные понятия теории возбудимых сред.

### **Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения**

Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембраны.

Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной  $H^+$ -АТФазы.

Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга.

Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.

### **Биофизика сократительных систем**

Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

### **Биофизика рецепции**

Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецепторопосредованный внутриклеточный транспорт. Представления о цитоплазматическом ядерном транспорте. Методы исследования гормональных рецепторов.

Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.

Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиева орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция.

Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов.

Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток. проблема вкусовых рецепторных белков.

Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

## **БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах**

Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции.

Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно-конформационных взаимодействий.

Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.

#### **Биофизика фотосинтеза.**

Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции. Организация и функционирование фотореакционных центров. Первичный акт фотосинтеза. Электронно-конформационные взаимодействия. Фотоинформационный переход.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибирования.

Особенности и механизмы первичных фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

#### **Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы**

Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.

Фитохром - универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений. Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома. Механизм обратимой фотоконверсии двух форм фитохрома. Понятие о фитохромных молекулах и фитохромном механизме фотоактивации ферментов.

Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями.

Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты. Механизм фотосинергетических реакций при комбинированном действии разных длин волн ультрафиоле-



тового света.

### **Экологическая биофизика**

Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Энергетическая стоимость физиологических процессов и ее изменениях в неблагоприятных условиях. Структура популяции как отражение ее функционального состояния. Типизация особей в популяциях. Прогнозирование динамики численности популяции.

Классификация воздействий. Слабые (фоновые) воздействия. Космические и периодические воздействия. Естественный радиационный фон и уровень радона в среде. Проблема озоновой дыры. ЭМ-излучения космических и земных источников. Магнитные поля Солнца, звезд, галактик и других объектов Вселенной. Циклы солнечной активности, их влияние на Землю. Свет и биоритмы. Биологические часы.

Действие оптического излучения. Фотосинтез в море. Причины лимитирования первичной продукции. Фотоингибирование и фотодеструкция. Фоторегуляция роста растения. Оптические свойства листьев высших растений и спектральные методы оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата.

Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация. Молекулярные механизмы действия фотолиазы.

Окислительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Повреждения растений при действии гербицидов, загрязнителей атмосферы, токсических веществ, заболеваниях. Фагоцитоз и сверхчувствительность в связи с иммунитетом животных и растительных организмов. Старение растений, продукты деградации липидов и пигментов.

Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии).

Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Методология биотестирования. Дистанционные методы. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

## **Дополнительная программа**

### **ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Условие нормального функционирования отдельной клетки и целого организма. Обмен веществом и энергией с окружающей средой, превращения одних видов энергии в другие. Два раздела классическая (равновесная) термодинамика и термодинамика необратимых процессов (неравновесная).

## **Особенности биологических объектов как термодинамических систем.**

Процессы, протекающие в биосистемах, как и в любых других системах, необратимы (неравновесны). Фундаментальным понятием классической термодинамики. Стационарное состояние системы.

### **Первый закон термодинамики в биологии и химии.**

Первый закон термодинамики имеет вид:  $\delta Q = dU + \delta A$

Первый закон термодинамики для химических процессов (закон Гесса). Справедливость первого закона термодинамики для биологических объектов.

### **Второй закон термодинамики для открытых систем**

Критерий Клаузиуса. Второй закон термодинамики указывает направление хода процессов в системе.

В процессе функционирования живой системы возможны следующие ситуации: уровень организации системы уменьшается, остается на неизменном уровне (стационарное состояние) или возрастает.

Скорость изменения энтропии открытой системы. Необратимые процессы, протекающие внутри системы.

Первый случай ( $dS/dt > 0$ ) соответствует патологическому состоянию организма, так как при этом уменьшается степень упорядоченности системы. Это наблюдается, например, при разложении тканей, наличии онкологических заболеваний (в последнем случае происходит неконтролируемый неупорядоченный рост клеток). Второй случай ( $dS/dt < 0$ ) соответствует повышению уровня организации организма (росту, формированию органов, тканей, систем); третий случай ( $dS/dt = 0$ ) — установлению стационарного состояния в системе. Общий энергообмен живых организмов. Окисление синтезированных углеводов в процессе дыхания сопровождается выделением энергии, которую используют для своей жизнедеятельности растения и животные. Поглощение света вызывает понижение энтропии в живом организме, однако одновременно идет повышение энтропии на Солнце в процессе ядерных реакций, которое по модулю превышает понижение энтропии на Земле. В целом в системе Земля-Солнце энтропия повышается

### **Термодинамические потенциалы**

Объединённая запись первого и второго законов термодинамики.

Свободная энергия Гельмгольца.

Свободная энергия Гиббса.

**Изменение стандартной свободной энергии. Химические и электрохимические потенциалы.** Знак приращения термодинамического потенциала, соответствующего условиям протекания процесса. Биоэнергетические процессы.

Химические реакции, протекающие с уменьшением термодинамического потенциала. Химические реакции, протекающие с увеличением термодинамического потенциала.

Изменение свободной энергии. Изменение стандартной свободной энергии в ходе химической реакции.

Термодинамический потенциал Гиббса одного моля вещества.

Электрохимический потенциал разбавленных растворов.

Изменение электрохимического потенциала имеет физический смысл работы, которую необходимо совершить, чтобы:

1) вызвать химическое превращение одного моля соединения при переходе из состояния 1 в состояние 2 (первое слагаемое, определяющее химическую работу);

2) изменить молярную концентрацию от  $c_1$  до  $c_2$  (второе слагаемое, определяющее осмотическую работу);

3) преодолеть силы электрического отталкивания, возникающие при переносе вещества из области с электрическим потенциалом  $\theta_1$  в область с потенциалом  $\theta_2$  (третье слагаемое, определяющее электрическую работу).

### **Скорость возрастания энтропии и диссипативная функция.**

Скорость диссипации различных видов энергии, которые могут быть превращены в работу, в тепловую энергию, за счет которой при постоянной температуре совершение работы невозможно. Изменение энтропии в открытой системе составляет.

Термодинамический потенциал Гиббса, взятый с обратным знаком.

Таким образом, скорость возрастания энтропии в самопроизвольных необратимых процессах при постоянной температуре и давлении.

Диссипативная функция  $\beta$ .

Для идеальных обратимых процессов  $\beta = 0$ .

Диссипативная функция, определяющая скорость возрастания энтропии в системе, в которой протекают необратимые процессы, является мерой рассеяния энергии системы в тепло. Диссипативная функция также определяет возможность самопроизвольного протекания того или иного процесса: при  $\beta > 0$  процесс возможен, при  $\beta < 0$  — нет.

### **Сопряженные процессы**

В процессе функционирования биологических систем происходят как экзергонические процессы, в ходе которых высвобождается энергия ( $\Delta G < 0$ ), так и эндергонические, в ходе которых затрачивается энергия ( $\Delta G > 0$ ). Явление, при котором один процесс энергетически обеспечивает протекание второго, называется сопряжением. Процесс, являющийся источником энергии, называется сопрягающим, а процесс, на который затрачивается энергия, — сопряженным.

Явление химического сопряжения обеспечивает превращение энергии одних химических связей в энергию других, снижая потери энергии в виде тепла. В отсутствие сопряжения величина диссипативной функции выше, чем в случае наличия сопряжения. Чем меньше значение диссипативной функции, тем энергетически экономичнее работает система.

### **Положения линейной неравновесной термодинамики. Уравнение Онзагера.**

Линейная неравновесная термодинамика.

Примером линейного процесса является закон Ома. Выражения для потоков в случае сопряженных процессов называются уравнениями Онзагера.

В живых организмах одним из самых распространенных сопряженных процессов является активный транспорт, то есть перенос вещества из области с меньшей его концентрацией в область с большей концентрацией. Такой процесс самопроизвольно не протекает, ибо сопровождается увеличением степени упорядоченности системы и, следовательно, понижением энтропии. Активный транспорт требует затраты энергии и может совершаться только в случае сопряжения с

другим процессом — источником энергии. В качестве сопрягающего процесса может выступать, например, реакция гидролиза АТФ, транспорт какихлибо других веществ.

### **Критерии достижения и устойчивости стационарных состояний**

Критерий установления в системе равновесного состояния. Знак изменения энтропии. Направление хода процесса. Стационарные состояния.

По изменению во времени скорости возрастания энтропии за счет внутренних необратимых процессов можно судить о том, приведут ли данные процессы систему в стационарное состояние или нет. Если скорость возрастания энтропии уменьшается, то система стремится к состоянию с минимальной скоростью продукции энтропии, а именно к стационарному состоянию.

При значительных изменениях внешних условий система выходит из одного стационарного состояния и переходит в другое. Это наблюдается, например, при проведении нервного импульса или при мышечном сокращении. Смена одного стационарного состояния на другое при изменении внешних условий означает приспособление (адаптацию) к ним организма.

## **3. Структура кандидатского экзамена**

**Экзамен** проводится в устной форме и включает три вопроса:

- 1 вопрос – из раздела истории науки,
- 2 вопрос – из раздела общих проблем биофизики,
- 3 вопрос – из области научного знания, которая соответствует теме диссертации аспиранта (на соискание ученой степени кандидата наук).

Необходимость в пересдачи кандидатского экзамена по биофизике возникает только при смене отрасли науки, по которой планируется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

### **Критерии оценки промежуточного контроля**

Оценка 5 «отлично» ставится, если аспирант:

- демонстрирует глубокие знания программного материала;
- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагает программный материал, не затрудняясь с ответом при видоизменении задания;
- свободно справляется с решением ситуационных и практических задач;
- грамотно обосновывает принятые решения;
- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок;
- свободно оперирует основными теоретическими положениями по проблематике излагаемого материала.

Оценка 4 «хорошо» ставится, если аспирант:

- демонстрирует достаточные знания программного материала;
- грамотно и по существу излагает программный материал, не допускает существенных неточностей при ответе на вопрос;
- правильно применяет теоретические положения при решении ситуационных и практических задач;

Оценка 3 «удовлетворительно» ставится, если аспирант:

Оценка 3 «удовлетворительно» ставится, если аспирант:

- излагает основной программный материал, но не знает отдельных деталей;
- допускает неточности, некорректные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала;
- испытывает трудности при решении ситуационных и практических задач.

Оценка 2 «неудовлетворительно» ставится, если аспирант:

- не знает значительной части программного материала;
- допускает грубые ошибки при изложении программного материала;
- с большими затруднениями решает ситуационные и практические задачи.

**Результаты кандидатского экзамена оформляются протоколом (приложение 1).**

#### **4. Вопросы к кандидатскому экзамену**

1. Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики.
2. Понятие адекватности модели реальному объекту. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы.
3. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы.
4. Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры.
5. Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физических механизмах ферментативного катализа.
6. Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций.
7. Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.
8. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.
9. Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок.
10. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров.
11. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.
12. Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний. Энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул.

13. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.
14. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.
15. Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Образование многоцентровой активной конфигурации.
16. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран.
17. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.
18. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.
19. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль.
20. Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз.
21. Использование проникающих ионов для оценки мембранного, дипольного и поверхностного потенциала. Биологические эффекты поверхностного заряда и поверхностного потенциала (влияние на рН у поверхности мембран, рК, агрегацию мембран, редокс-реакции). Уравнение Гуи-Чэпмена.
22. Определение поверхностного заряда по изоэффективным концентрациям одно- и двухвалентных ионов. Потенциал покоя, его происхождение (электродные, оптические и др. методы определения). Электрохромизм. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.
23. Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологиче-

ские мембраны.

24. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Иониферы: переносчики и каналобразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы). Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов.

25. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Флутуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах.

26. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.

27. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной  $H^+$ -АТФазы.

28. Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

29. Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

30. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

31. Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиева орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция.

32. Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов.

33. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток, проблема вкусовых рецепторных белков.

34. Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

35. Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно-конформационных взаимодействий.

36. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибирования.

37. Особенности и механизмы первичных фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

38. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.

39. Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и моле-

кулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты. Механизм фотосинергетических реакций при комбинированном действии разных длин волн ультрафиолетового света.

40. Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях.

41. Классификация воздействий. Слабые (фоновые) воздействия. Космические и периодические воздействия. Естественный радиационный фон и уровень радона в среде. Проблема озоновой дыры. ЭМ-излучения космических и земных источников. Магнитные поля Солнца, звезд, галактик и других объектов Вселенной. Циклы солнечной активности, их влияние на Землю. Свет и биоритмы. Биологические часы.

42. Действие оптического излучения. Фотосинтез в море. Причины лимитирования первичной продукции. Фотоингибирование и фотодеструкция. Фоторегуляция роста растения. Оптические свойства листьев высших растений и спектральные методы оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата.

43. Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация. Молекулярные механизмы действия фотолиазы.

44. Окислительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода.

45. Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии).

46. Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Методология биотестирования. Дистанционные методы. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

47. Условие нормального функционирования отдельной клетки и целого организма. Обмен веществом и энергией с окружающей средой, превращения одних видов энергии в другие.

48. Процессы, протекающие в биосистемах, как и в любых других системах, необратимы (неравновесны). Фундаментальное понятие классической термодинамики. Стационарное состояние системы.

49. Скорость изменения энтропии открытой системы. Необратимые процессы, протекающие внутри системы.

50. Общий энергообмен живых организмов. Окисление синтезированных углеводов в процессе дыхания сопровождается выделением энергии, которую используют для своей жизнедеятельности растения и животные. Поглощение света вызывает понижение энтропии в живом организме, однако одновременно идет повышение энтропии на Солнце в процессе ядерных реакций, которое по модулю



превышает понижение энтропии на Земле. В целом в системе Земля-Солнце энтропия повышается

51. Объединённая запись первого и второго законов термодинамики.
52. Изменение стандартной свободной энергии. Химические и электрохимические потенциалы. Биоэнергетические процессы.
53. Термодинамический потенциал Гиббса одного моля вещества.
54. Скорость возрастания энтропии и диссипативная функция.
55. Термодинамический потенциал Гиббса, взятый с обратным знаком.
56. Сопряженные процессы
57. Положения линейной неравновесной термодинамики. Уравнение Онзагера.
58. Линейная неравновесная термодинамика.
59. Критерии достижения и устойчивости стационарных состояний
60. Критерий установления в системе равновесного состояния. Знак изменения энтропии. Направление хода процесса. Стационарные состояния.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) основная литература (библиотека Вавиловского университета):

1. Акимова С.А., Фирсов Г.М. Биотехнология : учебное пособие / С.А. Акимова, Г.М. Фирсов.- Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018.  
<https://e.lanbook.com/reader/book/112369/#142>

2. Поспелова, И. Г. Биофизика : учебное пособие / И. Г. Поспелова. - Германия : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2014. - 88 с. - ISBN 978-3-659-66729-9. - Текст : электронный. – ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=352605>

3. Практикум по биофизике : в 2 ч. Ч. 2 : практикум / под ред. А. Б. Рубина, Г. В. Максимова, С. М. Ременникова. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 512 с. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-00101-775-2. - Текст : электронный. – ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=365755>

4. Пустовалов А.П. Курс лекций по физике и биофизике (часть 3) [Электронный ресурс] : Учебное пособие для неинженерных факультетов / А.П. Пустовалов.- Рязань, ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», 2013.- 140 с. - Текст : электронный. – ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=260382>

5. Шугайло, В. В. Методы и приборы для клеточных исследований в биологии: биофизика : монография / В. В. Шугайло, В. А. Никитин. - Германия : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2012. - 87 с. - ISBN 978-3-659-16823-9. - Текст : электронный. – ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=351340>

6. Якупов Т.Р., Фаизов Т.Х. Молекулярная биотехнология: учебник / СПб.: Лань, 2019. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/123684/#158>

б) дополнительная литература:

1. Барцев, С. И. Эвристические нейросетевые модели в биофизике: приложение к проблеме структурно-функционального соответствия [Электронный

ресурс] : Монография / С. И. Барцев, О. Д. Барцева. - Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2010. - 115 с. - ISBN 978-5-7638-2080-5. - Текст : электронный. — ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=143471>

2. Векшин, Н. Л. Биофизика ДНК-актиномициновых комплексов. Противоопухолевые антибиотики : монография / Н. Л. Векшин. - Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2012. - 182 с. - ISBN 978-3-8473-9141-8. - Текст : электронный. – ЭБС «Znanium» – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=354077>

3. Т.Г. Волова, Н.А. Войнов, Е.И. Шишацкая, Г. С. Калачева Введение в биотехнологию. Версия 1.0: методические указания по лабораторным работам / Т.Г. Волова, Н.А. Войнов, Е.И. Шишацкая, Г. С. Калачева.- Красноярск: ИПК СФУ, 2008. <http://www.studfiles.ru/preview/5429643/>

4. А.В. Луканин Инженерная биотехнология: основы технологии микробиологических производств: учеб. пособие / А.В. Луканин М.: ИНФРА-М, 2016.<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=527386>

5. А.А. Панкратова Основы биотехнологии : учебное пособие / А.А. Панкратова.- пос. Караваево : КГСХА, 2019. <https://e.lanbook.com/reader/book/133620/#16>

6. Н.Е. Павловская, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, А.Ю. Гаврилова Основы биотехнологии : учебное пособие / Н.Е. Павловская, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, А.Ю. Гаврилова.- Орел : ОрелГАУ, 2013 <https://e.lanbook.com/reader/book/71482/#182>

7. Фирсов Г.М., Акимова С.А. Вирусология и биотехнология: учебное пособие / Фирсов Г.М., Акимова С.А..- Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2015.<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=615175>

#### **в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Новости фундаментальной науки – Режим доступа: <http://elementy.ru/>;
2. Электронный каталог Российской государственной библиотеки. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
3. Официальный сайт университета (ссылка доступа - <http://www.vavilovsar.ru>);
4. Журнал «Биотехнология» (аннотации статей) (ссылка доступа – <http://www.genetika.ru/journal>);
5. Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология» (ссылка доступа – <http://cbio.ru>);
6. Журнал «Вестник биотехнологии и физико-химической биологии» (ссылка доступа – <http://biorosinfo.ru/journal/>);
7. On-line-журнал «Биотехнология. Теория и практика» (ссылка доступа – <http://www.biotechlink.org>);

г) **периодические издания:** Биотехнология, Аграрный научный журнал, Прикладная биохимия и микробиология, Журнал микробиологии, эпидемиологии, иммунологии, Фармацевтическая промышленность.

д) **информационные справочные системы и профессиональные базы данных:**

Для пользования стандартами и нормативными документами рекомендуется применять информационные справочные системы и профессиональные базы данных, доступ к которым организован библиотекой университета через локальную вычислительную сеть.

Для пользования электронными изданиями рекомендуется использовать следующие информационные справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Научная библиотека университета <http://read.sgau.ru/biblioteka>

Базы данных содержат сведения обо всех видах литературы, поступающей в фонд библиотеки. Более 1400 полнотекстовых документов (учебники, учебные пособия и т.п.) (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>

Электронная библиотека издательства «Лань» – ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань», так и коллекции полнотекстовых файлов других российских издательств (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

3. «Университетская библиотека ONLINE» <http://www.biblioclub.ru>

Электронно-библиотечная система, обеспечивающая доступ к книгам, конспектам лекций, энциклопедиям и словарям, учебникам по различным областям научных знаний, материалам по экспресс-подготовке к экзаменам (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

4. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>

ЭБС обеспечивает возможность работы с постоянно пополняемой базой лицензионных изданий (более 40000) по широкому спектру дисциплин – учебные, научные издания и периодика, представленные более 600 федеральными, региональными и вузовскими издательствами, научно-исследовательскими институтами и ведущими авторскими коллективами (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

5. ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru>

Электронно-библиотечная система издательства «Юрайт». Учебники и учебные пособия от ведущих научных школ. Тематика: «Бизнес. Экономика», «Гуманитарные и общественные науки», «Естественные науки», «Информатика», «Прикладные науки. Техника», «Языкознание. Иностранные языки» (Доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к Internet).

6. ЭБС Znanium.com <http://znanium.com/>

Фонд ЭБС Znanium.com постоянно пополняется электронными версиями изданий, публикуемых Научно-издательским центром ИНФРА-М, коллекциями книг и журналов других российских издательств, а также произведениями отдельных авторов (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet; свободная регистрация).

7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Российский информационный портал в области науки, медицины, технологии и образования. На платформе аккумулируются полные тексты и рефераты

научных статей и публикаций (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet; свободная регистрация).

8. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования (доступ: с любого компьютера, подключенного к сети Internet).

9. База данных международных индексов научного цитирования Scopus <https://www.scopus.com/home.uri>

Scopus представляет собой крупнейшую в мире единую реферативную базу данных, которая индексирует более 21 000 наименований научно-технических и медицинских журналов примерно 5 000 международных издательств (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к Internet).

10. Зарубежная наукометрическая база данных Web of Science <http://webofscience.com>

Web of Science – поисковая платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах и патентов, в том числе базы, учитывающие взаимное цитирование публикаций, разрабатываемая и предоставляемая компанией Thomson Reuters. Web of Science охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам и искусству (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к Internet).

11. Зарубежные электронные ресурсы издательства SpringerNature <http://link.springer.com/>

Полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer по различным отраслям знаний (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к Internet).

12. Журналы и книги издательства Elsevier на платформе ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Мультидисциплинарная платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки и позволяет повысить эффективность научно-исследовательского процесса. Подписка включает доступ к коллекции книг Freedom, которая предлагает полный доступ примерно к 5000 книжных изданий по 24 различным предметным областям естественных, технических и медицинских наук (доступ: после регистрации с компьютера университета с любого компьютера, подключенного к Internet).

13. Поисковые Internet-системы: Яндекс, Rambler, Google и др.

**е) информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:**

К информационным технологиям, используемым при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, относятся:

– персональные компьютеры, посредством которых осуществляется доступ к информационным ресурсам, и оформляются результаты самостоятельной работы;

– проекторы и экраны для демонстрации слайдов мультимедийных лекций;

– активное использование средств коммуникаций (электронная почта, тематические сообщества в социальных сетях и т.п.).

• программное обеспечение:

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины (модуля) | Наименование программы   | Тип программы   |
|-------|--|--|-----------------|
| 1     | Все разделы дисциплины                           | Microsoft Desktop Education (Microsoft Access, Microsoft Excel, Microsoft InfoPath, Microsoft OneNote, Microsoft Outlook, Microsoft PowerPoint, Microsoft Publisher, Microsoft SharePoint Workspace, Microsoft Visio Viewer, Microsoft Word):<br>Право на использование Microsoft Desktop Education All Lng Lic/SA Pack OLV E 1Y Acadmc Ent. Лицензиат – ООО «Современные технологии», г. Саратов.<br>Контракт № 0024 на передачу неисключительных (пользовательских) прав на программное обеспечение от 11.12.2018 г. | Вспомогательная |
| 2     | Все разделы дисциплины                           | ESET NOD 32:<br>Право на использование программного продукта ESET NOD32 Antivirus Business Edition renewal for 2041 user (продление 2041 лицензий на срок 12 месяцев). Лицензиат – ООО «Компьютерный супермаркет», г. Саратов.<br>Контракт № 0025 на приобретение прав на использование средств антивирусной защиты от 11.12.2018 г.   | Вспомогательная |

*Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Общеобразовательные дисциплины» «30» августа 2022 года (протокол № 20).*

Министерство сельского хозяйства  
 Российской Федерации  
 Федеральное государственное  
 бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 Саратовский государственный  
 университет генетики,  
 биотехнологии и инженерии  
 имени Н.И. Вавилова  
 (ФГБОУ ВО Вавиловский университет)  
 Пр-кт им Петра Столыпина, зд 4, стр 3,  
 г. Саратов, 410012  
 факс: (8452) 23-47-81, тел.: 23-32-92  
 e-mail: rector@vavilovsar.ru

УТВЕРЖДАЮ  
 Ректор ФГБОУ ВО  
 Вавиловский университет  
 \_\_\_\_\_ Д.А. Соловьев  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_  
 заседания экзаменационной комиссии

от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Состав комиссии: (утвержден приказом № \_\_\_\_ -ОД от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.):  
 \_\_\_\_\_ – д-р \_\_\_\_ . наук, профессор каф. « \_\_\_\_\_ » (председатель);  
 \_\_\_\_\_ – д-р \_\_\_\_ . наук, профессор каф. « \_\_\_\_\_ »;  
 д-р \_\_\_\_\_ наук, профессор каф. « \_\_\_\_\_ »; \_\_\_\_\_ – канд. \_\_\_\_\_  
 наук, доцент каф. « \_\_\_\_\_ »

СЛУШАЛИ: Прием кандидатского экзамена по дисциплине \_\_\_\_\_

**Научная специальность** \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_\_

**Отрасль науки** \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_  
 (фамилия, имя, отчество)

На экзамене были заданы следующие вопросы: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ПОСТАНОВИЛИ: Считать, что \_\_\_\_\_  
 сдал(а) экзамен с оценкой \_\_\_\_\_

**Председатель экзаменационной комиссии:** \_\_\_\_\_ Ф.И.О

**Члены экзаменационной комиссии:** \_\_\_\_\_ Ф.И.О  
 \_\_\_\_\_ Ф.И.О  
 \_\_\_\_\_ Ф.И.О