

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Позябин Сергей Владимирович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 28.11.2023 03:09:59  
Уникальный программный ключ:  
7e7751705ad67ae2d629598571017060ad034

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Московская государственная академия ветеринарной медицины и**  
**биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»**



*Кафедра*  
*химии имени профессоров С.И. Афонского и А.Г. Малахова*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Биоэнергетика»**

**Направление подготовки**  
06.03.01-Биология

**Профиль: Ветеринария биохимия и радиобиологии**

**уровень высшего образования**  
бакалавр


**форма обучения:** очная

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) СОСТАВЛЕНА НА ОСНОВАНИИ:


- ФГОС ВО по направлению подготовки 06.03.01 «Биология», утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 920 от 07.08.2020 г. (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 20.08.2020 г., регистрационный № 59357);

- основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 06.03.01 - Биология

## РАЗРАБОТЧИКИ:

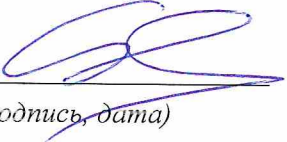
Доцент <hr/> <i>(должность)</i>	 <hr/> <i>(подпись, дата)</i>	Т.А. Садовская <hr/> <i>(ФИО)</i>
------------------------------------	---	--------------------------------------

## РЕЦЕНЗЕНТ:

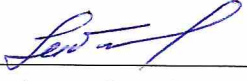
Профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина <hr/> <i>(должность)</i>	 <hr/> <i>(подпись, дата)</i>	А.А. Дельцов <hr/> <i>(ФИО)</i>
--	--	------------------------------------

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА:

- на заседании кафедры химии имени профессоров С.И. Афонского и А.Г. Малахова  
Протокол заседания № 43 от «21» июня 2023 г.

Заведующий кафедрой <hr/> <i>(должность)</i>	 <hr/> <i>(подпись, дата)</i>	Ю.И. Блохин <hr/> <i>(ФИО)</i>
---	--	-----------------------------------

- на заседании Учебно-методической комиссии факультета биотехнологии и экологии  
Протокол заседания № 3 от «23» июня 2023 г.

Председатель комиссии <hr/> <i>(должность)</i>	 <hr/> <i>(подпись, дата)</i>	М.В. Горбачева <hr/> <i>(ФИО)</i>
---	--	--------------------------------------

## СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно- методического управления <hr/> <i>(должность)</i>	 <hr/> <i>(подпись, дата)</i>	С.А. Захарова <hr/> <i>(ФИО)</i>
---	---	-------------------------------------

Руководитель сектора  
организации учебного  
процесса УМУ

\_\_\_\_\_  
(должность)



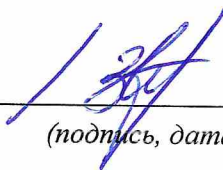
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Ю.П. Жарова

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Декан  
факультета биотехнологии и  
экологии

\_\_\_\_\_  
(должность)



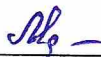
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

М.В. Новиков

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_  
(должность)



\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Н.А. Москвитина

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕКСТЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. ОПОП – основная профессиональная образовательная программа
2. ОК – общекультурная компетенция
3. ОПК – общепрофессиональная компетенция
4. ПК – профессиональная компетенция
5. з.е. – зачетная единица
6. ФГОС ВО – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования
7. РПД – рабочая программа дисциплины
8. ФОС – фонд оценочных средств
9. Пр- практические занятия
10. Лаб- лабораторное занятие
11. Лек- лекции
12. СР – самостоятельная работа
13. УМУ- учебно- методическое управление

## 2. ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цель дисциплины (модуля):

- формирование у обучающихся научного мировоззрения о многообразии биоэнергетических процессов биологических объектов, овладение теоретическими, методологическими и практическими знаниями в области биоэнергетики клетки и организма в целом для выполнения в будущем основных профессиональных задач в соответствии с квалификацией «бакалавр биологии»

Задачи дисциплины (модуля):

-общееобразовательная задача заключается в углубленном ознакомлении обучающихся с законами биоэнергетики, путями преобразования энергии в клетке, структурой макроэргических соединений и их участием в биохимических процессах, структурой и функционированием систем биологического и свободного окисления, что позволяет дать фундаментальное биологическое образование в соответствии с требованиями, предъявляемыми к высшим учебным заведениям ветеринарного и биологического профилей;

- прикладная задача заключается в изучении этапов биологического и свободного окисления, демонстрирующих тесную связь биоэнергетики с физиологическими и биохимическими процессами, способов генерации АТФ и активных форм кислорода (АФК), биологического действия прооксидантов и антиоксидантов, что позволяет создать междисциплинарные структурно-логические связи с целью выработки навыков научно-исследовательского мышления;

- специальная задача состоит в ознакомлении обучающихся с современными направлениями и методическими подходами, используемыми в биоэнергетике, а также освоении принципов методов выделения и исследования дыхания митохондрий и методик лабораторной диагностики метаболитов, отражающих энергетические процессы в организме, и компонентов системы антиоксидантной защиты организма.

Для освоения дисциплины «Биоэнергетика» обучающиеся используют компетенции, сформированные при освоении ранее изученных дисциплин: «Химия органическая», «Химия аналитическая», «Химия физическая», «Коллоидная химия», «Биохимия», «Энзимология», «Молекулярная биология», «Общая биология», «Биофизика», «Физиология растений», «Анатомия животных», «Цитология, гистология», «Физиология человека и животных. ВНД».

Освоение дисциплины «Биоэнергетика» является основой для изучения последующих дисциплин профессионального цикла бакалавриата: «Молекулярные основы гормональной регуляции», «Основы методологии научных исследований», «Спецпрактикум», а также для последующего написания выпускной квалификационной работы.



### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
1.	ПКО-2. Способен проводить оценку состояния биосистем, обеспечивать экологическую безопасность методов лабораторных исследований, разрабатывать и контролировать биобезопасность новых профилактических лекарственных и диагностических средств	ИД-1 <sub>ПКО-2</sub> Проводят оценку состояния биосистем	Знать: как проводить анализа состояния биосистем
		ИД-2 <sub>ПКО-2</sub> Обеспечивать экологическую безопасность методов лабораторных исследований	Уметь: обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований
		ИД-3 <sub>ПКО-2</sub> Разрабатывает и контролирует биобезопасность новых профилактических лекарственных и диагностических средств	Владеть: методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических , лекарственных и диагностических средств

### 4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Биоэнергетика» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОПОП по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» (бакалавриат) и является обязательной для освоения: - по очной форме обучения в 7 семестре.

### 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общий объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего, час.	Очная форма обучения			
		семестр			
		7			
<b>Общий объем дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	-	-	-
<b>Контактная работа:</b>	<b>56,3</b>	<b>56,3</b>	-	-	-
лекции	18	18	-	-	-
занятия семинарского типа, в том числе:	-	-	-	-	-
практические занятия, включая коллоквиумы	32,3	32,3	-	-	-
лабораторные занятия	6	6	-	-	-
другие виды контактной работы	-	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>51,7</b>	<b>51,7</b>	-	-	-
изучение теоретического курса	18	18	-	-	-
выполнение домашних заданий (РГР, решение задач, реферат, эссе и другое)	20,7	20,7	-	-	-
подготовка курсовой работы	-	-	-	-	-
другие виды самостоятельной работы	13	13	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация:</b>			-	-	-
зачет	+	+	-	-	-

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Разделы дисциплины (модуля):

## Очная форма обучения

№ раздела	Наименование раздела	Очная форма обучения				ИДК
		Лекции, час.	Занятия семинарского типа, час.		СР, час.	
			Практические занятия, коллоквиумы	Лабораторные занятия		
1.	Биоэнергетика и метаболизм	14	20	6	31,7	ПКО-2.1; ПКО-2.2; ПКО-2.3
2.	Свободное окисление в биологических системах	4	10	2	20	ПКО-2.1; ПКО-2.2; ПКО-2.3
Итого:		18	30	6	51,7	ПКО-2.1; ПКО-2.2; ПКО-2.3

### Содержание дисциплины (модуля) по видам занятий:

#### Лекционные занятия

№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема лекции	Объем, час.
			очно
1		Введение	1
2.	Биоэнергетика и Метаболизм	Преобразования энергии в биологических системах	2
		Биоэнергетика обменных процессов. Молекулярные механизмы регуляции метаболизма.	3
		Энергетика клетки	3
		Мембранное преобразование энергии	5
3.	Свободное окисление в биологических системах	Окислительно-восстановительные реакции в биологических системах	2
		Свободные радикалы и антиоксидантная защита	2

#### Занятия семинарского типа

№ раздела	Наименование раздела	Тема занятия, краткое содержание	Объем, час.
--------------	-------------------------	----------------------------------	-------------

	дисциплины (модуля)		очно
		Введение в Биоэнергетику. Предмет, основные цели и задачи. Значение дисциплины «Биоэнергетика» для понимания различных аспектов ветеринарных и зооинженерных, биологических и медицинских наук.	2
1.	Биоэнергетика и метаболизм	<b>Преобразования энергии в биологических системах.</b> Обмен энергией как составная часть метаболизма. Стандартная свободная энергия и константа равновесия. Теорема И.Р. Пригожина. Экзергонические и эндергонические реакции. Энергетическое сопряжение метаболических процессов (реакций).	3
		<b>Биоэнергетика обменных процессов. Молекулярные механизмы регуляции метаболизма.</b> Энергетическое сопряжение метаболических путей. Биоэнергетика углеводного и липидного обменов, особенности анаэробных и аэробных процессов.	3
		<b>Энергетика клетки.</b> Источники энергии для жизнедеятельности клеток. Общий план энергетики клетки. Законы биоэнергетики.	6
		<b>Мембранное преобразование энергии.</b> Основные принципы организации биомембран. Классификация мембран с точки зрения биоэнергетики. Сопрягающие мембраны, их роль в митохондриях, хлоропластах, хроматофорах. Митохондрии как органеллы дыхания. Окислительно-восстановительные реакции. Окислительно-восстановительный потенциал. Ферменты и коферменты, участвующие в окислительно-восстановительных процессах. Сопряженное и несопряженное окисление. Тканевое дыхание. Митохондрии – "силовые станции" клетки. Регуляция потоков восстановительных эквивалентов между цитозолем и митохондриями.	6
2.	Свободное окисление в биологических системах	<b>Окислительно-восстановительные реакции в биологических системах.</b> Классификация процессов окисления и их локализация в клетке. Свободное окисление при участии оксидаз, монооксигеназ, диоксигеназ. Функциональная роль в организме	6
		<b>Свободные радикалы и антиоксидантная защита.</b> Свободное окисление в клетке с участием активных форм кислорода, азота и хлора. Перекисное окисление липидов: реакции; значение перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот в норме и при патологии. Регуляция процессов некроза и апоптоза.	4

Самостоятельная работа обучающегося



№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема занятия	Вид СРС	Объем, час.
				очно
1.	Биоэнергетика и метаболизм	Преобразования энергии в биологических системах.	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	6
		Биоэнергетика обменных процессов. Молекулярные механизмы регуляции метаболизма.	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	13,7
		Энергетика клетки.	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	6
		Мембранное преобразование энергии.	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	6
2.	Свободное окисление в биологических системах	Окислительно-восстановительные реакции в биологических системах	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	8
		Свободные радикалы и антиоксидантная защита.	Изучение теоретического материала. Изучение видео лекций, размещенных в открытом доступе на образовательном портале академии. Подготовка к занятиям .	6

Основная литература:

1. Нельсон, Д. Основы биохимии Ленинджера: пер. с англ.: в 3 т. Т. 2: Биоэнергетика и метаболизм [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. Нельсон, М. Кокс.- М.: Лаб. знаний, 2017.- 691 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103033>.

Дополнительная литература:

1. Зайцев, С.Ю. Биоэнергетика фотосинтеза [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / С.Ю. Зайцев, Т.А. Садовская.- М.: МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2011.-21 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/49925>.



2. Скулачев, В.П. Мембранная биоэнергетика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Скулачев, А.В. Богачев, Ф.О. Каспаринский.- М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2010.- 368 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96187>.
3. Цыганов, А.Р. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы [Электронный ресурс] / А.Р. Цыганов, А.В. Ключков.- Минск, 2012.- 143 с.- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90605>.

### Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля):

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
<b>Информационно-справочные системы</b>			
1.	-	-	-
<b>Электронно-библиотечные системы</b>			
1.	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
2.	Электронно-библиотечная система «Book.ru»	<a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
3.	Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM»	<a href="https://znanium.com">https://znanium.com</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
4.	РУКОНТ : национальный цифровой ресурс	<a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»	<a href="http://www.biblio-online.ru">www.biblio-online.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
	Федеральный портал «Российское образование»	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
<b>Профессиональные базы данных</b>			
<b>Ресурсы ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина</b>			
1.	Образовательный портал МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина	<a href="https://portal.mgavm.ru/login/index.php">https://portal.mgavm.ru/login/index.php</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей

### Методическое обеспечение:

Отсутствует

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства:

№	Наименование	Правообладатель ПО (наименование владельца ПО, страна)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Операционная система UBLinux	ООО «Юбитех», Российская Федерация	Свободно распространяемое	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/307624/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/307624/</a>
2.	Офисные приложения AlterOffice	ООО «Алми Партнер», Российская Федерация	Свободно распространяемое	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/308464/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/308464/</a>
3.	Антивирус Dr. Web.	Компания «Доктор Веб», Российская Федерация	Лицензионное	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301426/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301426/</a>

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценочные средства для проведения текущего и промежуточного контроля знаний по дисциплине (модулю) «Биоэнергетика» представлены в виде фонда оценочных средств (далее – ФОС) в Приложении 1 к настоящей рабочей программе дисциплины (модуля).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа № 5	Комплект специализированной мебели, учебная доска, экран, мультимедийный проектор, компьютер, подключенный к сети «Интернет»
2.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации № 406	Комплект специализированной мебели, учебная доска, демонстрационные стенды, учебные наглядные пособия; технические средства обучения: вытяжной шкаф, фотоэлектроколориметр
3.	Помещение для самостоятельной работы № 413	Комплект специализированной мебели (в том числе мебели, для хранения анатомических препаратов), компьютер, подключенный к сети «Интернет» и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**текущего контроля / промежуточной аттестации обучающихся**  
**при освоении ОПОП ВО, реализующей ФГОС ВО**

*Кафедра*  
*химии имени профессоров С.И. Афонского, А.Г. Малахова*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

«Биоэнергетика»

**Направление подготовки**  
06.03.01 Биология

**профиль подготовки**  
Ветеринария биохимия и радиобиологии

**уровень высшего образования**  
бакалавриат

**форма обучения:** очная

**год приема:** 2023

## 1. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Оценка уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Текущий контроль успеваемости по дисциплине (модулю) осуществляется в формах:**

1. Опрос
2. Тест
3. Доклад

**Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в формах:**

1. Зачет

## 2. СООТНОШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СО ШКАЛОЙ ОЦЕНИВАНИЯ И УРОВНЕМ ИХ СФОРМИРОВАННОСТИ

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания	Уровень сформированной компетенции
<b>ПКО-2</b>			
Знать: Как проводить анализ биосистем	Глубокие знания о том как проводить анализа состояния биосистем	Отлично	Высокий
	Несущественные ошибки в знании о том как проводить анализ состояния биосистем	Хорошо	Повышенный
	Фрагментарные представления о том как проводить анализ биосистем	Удовлетворительно	Пороговый
	Отсутствие знаний о том как проводить анализ биосистем	Неудовлетворительно	Не сформирован
Уметь: обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований	Уметь в совершенстве обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований	Отлично	Высокий
	Уметь обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований	Хорошо	Повышенный
	Уметь частично обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований	Удовлетворительно	Пороговый
	Неумение обеспечивать экологическую безопасность методов проведения лабораторных исследований	Неудовлетворительно	Не сформирован
Владеть: методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических, лекарственных и диагностических средств	Полное владение методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических, лекарственных и диагностических средств	Отлично	Высокий
	Владение методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических, лекарственных и диагностических средств	Хорошо	Повышенный
	Фрагментарное владение методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических, лекарственных и диагностических средств	Удовлетворительно	Пороговый
	Отсутствие навыков владения методами разработки, контроля биобезопасности новых профилактических, лекарственных и диагностических средств	Неудовлетворительно	Не сформирован



### 3. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

#### Текущий контроль успеваемости обучающихся:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма текущего контроля	Оценочные средства	ИДК
1.	Биоэнергетика и метаболизм	1. Опрос 2. Поверочная работа 3. Доклад	1. Банк вопросов к опросу 2. Банк тестовых заданий	ПКО-2.1; ПКО-2.2; ПКО-2.3
2.	Свободное окисление в биологических системах	1. Опрос 2. Поверочная работа 3. Доклад	1. Банк вопросов к опросу 2. Банк тестовых заданий	ПКО-2.1; ПКО-2.2; ПКО-2.3

#### Промежуточная аттестация:

Способ проведения промежуточной аттестации:

Очная форма обучения: зачёт проводится в 7 семестре 4 курса

Перечень видов оценочных средств, используемых для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю):

1. Банк вопросов к зачету

### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

#### Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости:

- комплект вопросов для опроса по дисциплине – 14 шт. (Приложение 1);
- комплект тестовых заданий по дисциплине – 26 шт. (Приложение 2).

Приложение 1

#### Комплект вопросов для опроса по дисциплине (модулю)

#### Перечень контрольных вопросов для оценки компетенции (ПКО-2):

##### Раздел 1. Биоэнергетика и метаболизм

1. Какова роль Убихинон в митохондриальной дыхательной цепи.
2. Биологическое значение окислительного и субстратного фосфорилирования. Сравнительная характеристика данных процессов.
3. Назовите соединения, обладающие разобщающим действием на процессы окислительного фосфорилирования.
4. Какая связь называется макроэргической. Её роль в организме
5. Строение белковых комплексов митохондриальной дыхательной цепи
6. Какие вещества входят в комплексы митохондриальной дыхательной цепи и какова их биологическая роль.
7. Определение окислительного фосфорилирования и его роль в организме.

## Раздел 2. Свободное окисление в биологических системах

1. Какие механизмы защищают организм от активных форм кислорода, роль антиоксидантной системы.
2. Какими системами осуществляется микросомальное окисление. Функциональная роль микросомального окисления.
3. Какие процессы окисления существуют и какова их роль.
4. Что такое перекисное окисление липидов. Его роль в организме.
5. Какие пути использования кислорода вам известны.
6. Классификация активных форм кислорода и их биологическая роль.
7. Строение и механизм работы АТФ-синтазы

### Критерии оценивания учебных действий обучающихся при проведении опроса

Отметка	Критерии оценивания
отлично	обучающийся четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры
хорошо	обучающийся допускает отдельные погрешности в ответе
удовлетворительно	обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного и нормативного материала
неудовлетворительно	обучающийся обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи

Приложение 2

### Комплект тестовых заданий по дисциплине (модулю)

#### Тестовые задания для оценки компетенции (ПКО-2):

Примерные тестовые задания:

1. Первичными акцепторами электронов от окисляемого субстрата к молекулярному кислороду являются:
  - 1) коэнзим Q
  - 2) пиридинзависимые дегидрогеназы
  - 3) цитохром b<sub>5</sub>
  - 4) трансферрин
2. Простетической группой первичных акцепторов водорода флавиновых дегидрогеназ является:
  - 1) НАДФ<sup>+</sup>
  - 2) ФАД
  - 3) ФМН
  - 4) НАД<sup>+</sup>
3. В состав простетической группы НАДН: КоQ-оксидоредуктазного комплекса входит:
  - 1) ФМН
  - 2) ФАД
  - 3) хинон
  - 4) цитохром b
4. В состав простетических групп флавиновых дегидрогеназ входит витамин:
  - 1) B<sub>1</sub>

2) В2

3) В5

4) В3

5. Активной частью молекулы ФАД или ФМН является:

пиримидин

пиридин

изоаллоксазин

аденин

6. В состав НАДН: КоQ-оксидоредуктазного комплекса (комплекс I дыхательного ансамбля) помимо флавинового фермента входят:

КоQ

атомы меди

железосерные белки

рибитол

7. Убихинон переносит электроны между ферментными комплексами дыхательной цепи митохондрией:

1) I и II

2) I и III

3) I и III

4) III и IV

8. КоQ является производным:

1) пиридина

2) бензохинона

3) изоаллоксазина

4) порфина

9. Хелатный комплекс железа с 1,3,5,8-тетраметил-2,4-дивинил-6,7-дипропио-порфином в качестве простетической группы содержит:

цитохром a

цитохром c

цитохром b

цитохром f

10. Синтез АТФ за счет энергии, выделяющейся при переносе электронов от окисляемого субстрата к молекулярному кислороду, называют:

1) субстратным фосфорилированием

2) окислительным фосфорилированием

3) фотофосфорилированием

4) циклическим фотофосфорилированием.

11. Количество энергии, выделяющейся при переносе электронов от ФАДН<sub>2</sub> к молекулярному кислороду, обеспечивает синтез АТФ:

1) 3

2) 2

3) 1

4) 1,5

12. Каталитически активный субкомплекс протонзависимой АТФ-синтазы митохондрий (F<sub>1</sub>) ориентирован:

1) в матрикс митохондрии

2) в межмембранное пространство

3) в цитозоль

4) в ядро

13. Установить соответствие:

субкомплексы H<sup>+</sup>-АТФ-азы - функции

1) F<sub>1</sub> - синтез АТФ



2) F1 - формирование протонного канала

3) Fo - синтез АТФ

4) Fo - формирование протонного канала

14.Разобщающим действием на процессы сопряженного окислительного фосфорилирования обладают:

1) ингибиторы цитохромоксидазы

2) протонофоры

3) 2,4-динитрофенол

4) гидрофобные кислоты

15.Коэффициент P/O при окислении НАДН в присутствии 2,4-динитрофенола равен:

1) 3

2) 2

3) 1

4) 0

16.В молекуле АТФ макроэргической является связь:

1) гликозидная

2) фосфоэфирная

3) фосфоангидридная

4) сложноэфирная

17.Синтез АТФ из АДФ и Фн сопряжен с реакцией:

1) Фруктозо-1,6-фосфат + H<sub>2</sub>O → Фруктозо-6-фосфат + Фн ( $\Delta G^0 = -13,3$  кДж)

2) Фосфоеноилпируват + H<sub>2</sub>O → Пируват + Фн ( $\Delta G^0 = -61,9$  кДж)

3) Глюкозо-6-фосфат + H<sub>2</sub>O → Глюкоза + Фн ( $\Delta G^0 = -15,8$  кДж)

18.Реакции биологического окисления, сопровождающиеся трансформацией энергии химических связей окисляемых субстратов в энергию АТФ, протекают путем:

1) активации молекулярного кислорода

2) дегидрирования, с последующей передачей электронов на кислород

3) присоединения активированного кислорода к субстрату

4) образование АФК

19.Реакция дегидрирования, в которой акцептором водорода служит не кислород, а химическое вещество, называется:

1) тканевым дыханием

2) биологическим окислением

3) брожением

4) микросомальным окислением

Синтез АТФ в клетках эукариот протекает на:

1) внутренней мембране митохондрий

2) наружной мембране митохондрий

3) мембранах ЭПР

4) плазматической мембране

21. Микросомальное окисление осуществляется ферментными системами, локализованными преимущественно:

1) в наружной мембране митохондрий

2) в эндоплазматическом ретикулуме

3) в цитозоле

4) в матриксе митохондрий

22. Установить соответствие:

1) митохондриальное окисление - конечным акцептором электронов является кислород и используется лишь для образования воды.

2) микросомальное окисление - конечным акцептором электронов является кислород и используется лишь для образования воды.

3) митохондриальное окисление – кислород непосредственно внедряется в окисляемое вещество и



используется для образования воды

4) микросомальное окисление – кислород непосредственно внедряется в окисляемое вещество и используется для образования воды

23. Функциональная роль микросомального окисления состоит:

- 1) в использовании энергии окисления для синтеза АТФ
- 2) в образовании кислородсодержащих органических соединений с "пластическими" целями
- 3) в гидроксильном гидрофобных соединений с "детоксифицирующими" целями
- 4) образование АФК

24. При одноэлектронном восстановлении кислорода образуется:

- 1) гидроксильный ион
- 2) гидроксильный радикал
- 3) супероксидный радикал
- 4) пероксидный радикал

25. Супероксидные радикалы токсичны для организма потому, что:

- 1) спонтанно ускоряют цепные реакции пероксидного окисления липидов
- 2) гидроксильруют гидрофобные эндогенные соединения
- 3) реагируют с белками и нуклеиновыми кислотами, вызывая изменение их конформации
- 4) уничтожают фагоцитированные микроорганизмы

26. Указать механизм, который не относится к защитным от активных форм кислорода:

- 1) антиоксидантные ферментативные системы
- 2) антиоксиданты токоферального типа
- 3) восстановленный глутатион
- 4) легко самоокисляющиеся соединения

### Критерии оценивания учебных действий, обучающихся при проведении тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Каждому обучающемуся предлагается комплект тестовых заданий из 25 вопросов:

Отметка	Критерии оценивания
отлично	25-22 правильных ответов
хорошо	21-18 правильных ответов
удовлетворительно	17-13 правильных ответов
неудовлетворительно	Менее 13 правильных ответов

Приложение 3

### Комплект вопросов к зачету по дисциплине (модулю)

#### Вопросы к зачету для оценки компетенции (ПКО-2):

1) Общий план энергетики клетки. Метаболические пути: катаболические, анаболические, амфиболические. Роль необратимых реакций в стратегии метаболизма. Примеры. Живые организмы как термодинамические системы; первый и второй законы термодинамики применительно к биологическим системам. Энергетическая характеристика открытой биосистемы и теорема И.Р. Пригожина.

2) Роль  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  и  $\Delta G$  в биологических системах. Стандартная свободная энергия и константы равновесия. Изменение  $\Delta G^0$  и  $\Delta G$  при альдозном расщеплении (4 реакция гликолиза). Стационарное состояние и энтропия биосистем. Ферментативный катализ и факторы,

способствующие протеканию ферментативных реакций (с высокой скоростью).

3) Экзергонические и эндергонические реакции. Механизм энергетического сопряжения в биосистемах. Открытие сопряженного субстратного фосфорилирования (Отто Мейергоф (1884-1951), лауреат Нобел. премии по физиологии или медицине 1922 «За открытие тесной взаимосвязи между процессом поглощения кислорода и метаболизмом молочной кислоты в мышце»). Механизм дегидрогеназной реакции в гликолизе.

4) Биоэнергетика гликогенолиза. Энергетические затраты и способы активации ферментов гликогенфосфорилазы и киназы фосфорилазы в печени и мышцах. Изоферменты гликолиза и челночных систем (глюкокиназа и гексокиназа; митохондриальная и цитозольная глицерол-3-фосфатдегидрогеназа) и их роль в биоэнергетике клетки. Регуляция процессов гликолиза. Аллостерические механизмы активации и инактивации фосфофруктокиназы.

5) Реокисление цитоплазматического НАДН челночными системами переноса электронов. Энергетический выход окисления глюкозы. Гликолитическая оксидоредукция. Енолазная реакция и ее роль в биоэнергетике гликолиза. Концепция макроэргичности (Фриц Альберт Липман, 1941 «Все виды процессов, которые происходят с уменьшением свободной энергии сопряжено с этим уменьшением, синтезируют макроэргические фосфаты»), классификация и структурные особенности макроэргических соединений. Способы образования АТФ.

6) Креатинфосфат: структура и биологическая роль. Метаболизм креатина в организме. Связи в макроэргических соединениях. Примеры. Понятия высокоэнергетическое соединение и высокоэнергетическая связь. "Происхождение" свободной энергии, высвобождаемой при гидролизе макроэргических соединений.

7) Функции макроэргических соединений. Примеры участия макроэргических соединений в метаболизме. АТФ структура и особенности строения молекулы. Свободные энергии гидролиза АТФ. Химические факторы, благоприятствующие гидролизу АТФ с существенным изменением  $\Delta G$ .

8) Роль ионов  $Mg^{2+}$  в протекании киназных реакций (стабилизация молекул АТФ: для гексокиназы  $Enzyme + Substrate - Mg^{2+}$ , стабилизация активного центра "металлоэнзимов": пируваткиназы  $Enzyme - Mg^{2+} + Substrate$ ). Примеры реакций.

9) Роль АТФ в энергетике клетки: цикл АТФ/АДФ, пути использования АТФ. АТФ-генерирующие вещества.

10) Законы биоэнергетики. Взаимопревращение (трех) конвертируемых форм энергии. Классификация процессов окисления и их локализация в клетке. Примеры. Свободное окисление при участии оксигеназ. Синтез и катаболизм тирозина в организме.

11) Классификация процессов окисления в клетке. Перекисное окисление липидов: реакции; значение перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот в норме и при патологии. Классификация процессов окисления в клетке. Окисление, сопряженное с образованием АТФ.

12) Пути потребления кислорода в реакциях окисления. Сравнительные характеристики биологического и небиологического окисления, субстратного и окислительного фосфорилирования.

13) Биологическое окисление и тканевое дыхание: цикл трикарбоновых кислот, бета-окисление жирных кислот, роль в энергетике клетки.

14) NAD и FAD как первичные акцепторы электронов. Механизм реакций окисления и восстановления NAD и FAD. NAD-зависимые и FAD-зависимые дегидрогеназы.



- 15) Общая организация дыхательной цепи. Хемиосмотическая теория Митчела.
- 16) Белковые комплексы митохондриальной дыхательной цепи.
- 17) Строение и биологическая роль. Пути восстановления коэнзима Q.
- 18) Строение и спектральные свойства цитохромов дыхательной цепи. Перенос электронов по механизму туннелирования.
- 19) Строение и биологическая роль комплекса III. Окисление и восстановление коэнзима Q с участием цитохрома b/c1.
- 20) Строение и биологическая роль убихинон-цитохром-с-оксидоредуктазы. Механизм переноса электронов и протонов с участием убихинон-цитохром-с-оксидоредуктазы.
- 21) Строение и биологическая роль цитохром-с-цитохромоксидазы. Процесс переноса электронов с цитохрома с на кислород.
- 22) Взаимосвязь биологического окисления и окислительного фосфорилирования. Ингибиторы и разобщители ЦПЭ. Хемиосмотическая теория Митчела. История изучения АТФ-синтазы.
- 23) Понятие окислительного фосфорилирования. Хемиосмотическая теория Митчелла.
- 24) Окислительное фосфорилирование. Строение и механизм работы АТФ-синтазы.
- 25) Структура АТФ-синтазы. Механизм переноса протонов в комплексе Fo.
- 26) Механизм синтеза АТФ и преобразования энергии в активных центрах АТФ-синтазы.
- 27) Ингибиторы и разобщители окислительного фосфорилирования. Термогенин митохондрий бурой жировой ткани.
- 28) ΔμH – источник энергии для образования тепла. Термогенез в буром жире.

#### **Критерии оценивания учебных действий, обучающихся при проведении зачета**

Отметка	Критерии оценивания
зачтено	обучающийся показал знания основных положений учебной дисциплины, умение решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента
не зачтено	при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

**Комплект тем докладов по дисциплине (модулю)***Перечень примерных тем докладов*

1. Методы мембранной биоэнергетики (полярографический метод измерения дыхания митохондрий, измерение мембранного потенциала ( $\Delta\Psi$ ), измерение  $\Delta\Psi$  в интактных клетках и органеллах, микроэлектродный метод)
2. Взаимосвязь энерготрансформирующих и генетических функций в митохондриях и хлоропластах
3. Редокс-контроль как способ контроля генетических функций митохондрий и хлоропластов
4. Молекулярные механизмы возникновения «митохондриальных болезней», нейродегенеративных заболеваний и болезней пожилого возраста.
5. Возможности генной и клеточной терапии с участием стволовых клеток «митохондриальных болезней», нейродегенеративных заболеваний и болезней пожилого возраста.
6. Энергетический обмен в кардиомиоцитах. Нарушения энергообразования в клетках сердечной мышцы: причины и следствия
7. Системы микросомального окисления и их роль в системе метаболизма гидрофобных соединений
8. Цитохром P-450 и монооксигеназные системы
9. Снижение внутриклеточной концентрации  $O_2$  как особая функция дыхательных систем клетки
10. Выбраковка зараженных клеток АФК-индуцированным апоптозом как возможный механизм действия АФК при вирусных инфекциях
11. Роль апоптоза в защите клетки от действия АФК
12. АФК и продолжительность жизни организмов
13. АФК как регуляторы экспрессии генов
14. Роль АФК в регуляции кодирующих митохондриальные и хлоропластные белки генов органелл и ядра.
15. Роль глутатиона и глутатион-зависимых ферментов в редокс-зависимых процессах
16. Окислительный стресс и онкогенез
17. Глутатион-зависимые процессы в развитии лекарственной устойчивости опухолевых клеток
18. Редокс-зависимые изоформы глутатион-S-трансферазы и глутатионпероксидазы
19. Экспрессия генов  $\gamma$ -глутамилтрансферазы и глутатионредуктазы в опухолевых клетках
20. Бесклеточные и реконструированные системы и их роль в изучении биоэнергетических процессов.
21. Открытие Энтони Мура: сдвиг  $K \rightarrow r$
22. Использование методов генетической инженерии при изучении вопросов биоэнергетики
23. Биоэнергетика хлоропластов и митохондрий. Принципиальное сходство и отличия в организации двух основных типов энерготрансформирующих органелл у растений.



**ЛИСТ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ  
В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

«Биоэнергетика»

Направление подготовки: 06.03.01 Биология

**Форма обучения:** очная

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры химии имени профессоров С.И. Афонского, А.Г. Малахова  
Протокол заседания №   1   от «  29  »    августа    2023 г.

Заведующий кафедрой

*(должность)*

Ю.И. Блохин

*(подпись, дата)*

*(ФИО)*

<b>Изменение пункта</b>	<b>Содержание изменения</b>