


федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Мичуринский государственный аграрный университет»

Кафедра садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных  
культур

УТВЕРЖДЕНА  
решением учебно-методического со-  
вета университета  
(протокол от 22 июня 2023 г. № 10)

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель учебно-методического  
совета университета  
 С.В. Соловьёв  
«22» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**«РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА КЛЕТКИ»**

Направление подготовки - 19.03.01 Биотехнология  
Направленность (профиль) Биотехнология  
Квалификация выпускника - бакалавр

Мичуринск, 2023 г.

## 1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями - изучение общих принципов регуляции метаболических процессов в клетке про- и эукариот, формирование целостной системы знаний о механизмах контроля метаболических процессов и межклеточных коммуникациях.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний и понятий в области инновационных биотехнологий;
- формирование представлений о технологиях производства основных видов биотехнологической продукции, получения знаний и навыков, необходимых для осуществления и управления технологическими процессами;
- формирование у обучаемых способностей для оценки последствий их профессиональной деятельности, при участии в решении практических социальных и экономических проблем в области биотехнологии.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина (модуль) «Регуляция метаболизма клетки» согласно учебному плану по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)», дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.11.01

Для освоения дисциплины обучающемуся необходимы знания, таких дисциплин как: Органическая химия, Основы биохимии, Общая биология и микробиология, Физиология растений, Генетика, Основы молекулярной биологии.

Знания и навыки, приобретённые при изучении курса «Регуляция метаболизма клетки», необходимы при освоении следующих дисциплин: «Основы фитоиммунологии», «Молекулярная биотехнология», «Основы микробной биотехнологии», «Лекарственные растения в медицинской биотехнологии».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2- способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ОПК-3- способностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы;

ПК-9- владением основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов.

Планируемые результаты обучения* (показатели освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения			
	Низкий (допороговый) компетенция не сформирована	Пороговый	Базовый	Продвинутый

<p><u>ОПК-2</u> Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин.</p> <p>Уметь: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p> <p>Владеть: методикой математического анализа результатов полевых и лабораторных исследований</p>	<p>Поверхностные знания основных законов естественнонаучных дисциплин.</p> <p>Не умеет: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>Не владеет: методикой математического анализа результатов полевых и лабораторных исследований</p>	<p>Слабые знания основных законов естественнонаучных дисциплин.</p> <p>Плохо умеет: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>Плохо владеет: методикой математического анализа результатов полевых и лабораторных исследований</p>	<p>Хорошие знания основных законов естественнонаучных дисциплин.</p> <p>Хорошо умеет: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>Хорошо владеет: методикой математического анализа результатов полевых и лабораторных исследований</p>	<p>Отличные знания основных законов естественнонаучных дисциплин.</p> <p>Отлично умеет: применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>Свободно владеет: методикой математического анализа результатов полевых и лабораторных исследований</p>
<p><u>ОПК-3</u> Знать: современную физическую картину мира, пространственно-временные закономерности, строение вещества.</p> <p>Уметь: использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</p>	<p>Поверхностные знания современной физической картины мира, пространственно-временных закономерностей, строения вещества</p> <p>Не умеет: использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Слабые знания современной физической картины мира, пространственно-временных закономерностей, строения вещества</p> <p>Плохо умеет: использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Хорошие знания современной физической картины мира, пространственно-временных закономерностей, строения вещества</p> <p>Хорошо умеет: использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Отличные знания современной физической картины мира, пространственно-временных закономерностей, строения вещества</p> <p>Отлично умеет: использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>

<p>ды Владеть: методами получения знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>природы Не владеет: методами получения знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Плохо владеет: методами получения знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Хорошо владеет: методами получения знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>	<p>Свободно владеет: методами получения знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений</p>
<p><b>ПК-9</b> Знать: основные методы и приемы проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области Уметь: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов Владеть: способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</p>	<p>Поверхностные знания основных методов и приемов проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области Не умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов Не владеет: способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</p>	<p>Слабые знания основных методов и приемов проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области Плохо умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов Плохо владеет: способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</p>	<p>Хорошие знания основных методов и приемов проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области Хорошо умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов Хорошо владеет: способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</p>	<p>Отличные знания основных методов и приемов проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области Отлично умеет: проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов Отлично владеет: способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:  
**знать:**

- знать современную физическую картину мира, пространственно-временных закономерности, строения вещества для понимания окружающего мира и явлений природы;
- структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот;
- общие принципы регуляции клеточных процессов;
- молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции;
- особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот;
- основные принципы контроля клеточного цикла;
- механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.

**уметь:**

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

- предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы;

- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;

- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов;

**владеть:**

- методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной области; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов;

- теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.

### **3.1. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины (модуля) и формируемых в них общепрофессиональных и профессиональных компетенций**

Темы, разделы дисциплины	Компетенции			Общее количество компетенции
	ОПК-2	ОПК-3	ПК-9	
Принципы транскрипционной регуляции	+	+	-	2
Регуляторные белки	+	+	+	3
Механизмы регуляции транскрипции	+	+	+	3
Фосфотрансферазная система бактерий. Простые регуляторные системы.	+	+	-	2
Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы.	+	+	-	2
Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.	+	+	+	3

### **4. Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 акад. часа.

#### 4.1 - Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды занятий	Всего акад. часов	
	Очная форма обучения 5 семестр	Заочная форма обучения 4 курс
Общая трудоемкость дисциплины	75	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем	32	12
Аудиторные занятия, в т.ч.	32	12
Лекции	16	4
Практические занятия	16	8
Самостоятельная работа, в т.ч.	40	56
проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	12	14
подготовка к контрольной работе, семинарам, коллоквиумам	10	10
выполнение индивидуальных заданий	10	18
подготовка к сдаче модуля, зачета	8	14
Контроль		4
Вид итогового контроля	зачет	зачет

#### 4.2. Лекции

№	Раздел дисциплины (модуля), темы лекций и их содержание	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
1	<b>1.1. Принципы транскрипционной регуляции.</b> Понятие о единице транскрипции. Развитие учения о метаболизме клетки во второй половине XX века. Общая характеристика регуляторных механизмов. Уровни регуляции метаболизма. Организация гена.	2	0,5	ОПК- 2, ОПК-3
2	<b>2.1. Регуляторные белки.</b> Основные функции регуляторных белков. Факторы регуляции трансляции. Оперонная организация. Опероны про- и эукариот. Принцип работы регуляторных белков. Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы).	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
3	<b>3.1. Механизмы регуляции транскрипции.</b> Основные понятия. Осуществление регуляции экспрессии. Особенности механизма транскрипции. Белки, контролирующие транскрипцию. Типы транскрипционных факторов. Посттранскрипционная регуляция. Посттрансляционная регуляция. Модель ре-	4	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9

	гуляции транскрипции эукариотического гена.			
4	<b>4.1. Фосфотрансферазная система бактерий. Простые регуляторные системы.</b> Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Транспорт углевода внутрь клетки. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы. Механизмы катаболитной репрессии. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы.	2	0,5	ОПК- 2, ОПК-3,
5	<b>5.1. Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы.</b> Автоиндукторы бактерий и их синтез. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Рецепторы стероидных гормонов животных. Общие принципы сенсорной регуляции. Работа двухкомпонентной сенсорной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции. Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про- и эукариот.	2	0,5	ОПК- 2, ОПК-3,
6	<b>6.1. Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.</b> Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Ферментная регуляция метаболизма. Генная регуляция метаболизма. Контроль стрессовых регулонов бактерий. Температурный шок. Холодовой шок. Кислородный стресс и редокс контроль.	4	0,5	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
Итого:		16	4	

### 4.3 Практические занятия

№ разделов	Наименование занятия	Объем в акад. часах		Формируемые компетенции
		очная форма обучения	заочная форма обучения	
1-2	Структура и функции белков	2	1	ОПК- 2, ОПК-3
1-2	Структура и функции нуклеиновых кислот. Биологические функции нуклеиновых ки-	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9

	слот			
1-2	Влияние температуры и реакции среды на активность фермента инвертаза	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
1, 3	Семинар «Биосинтез нуклеиновых кислот и белков. Репликация ДНК»	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
4	Коллоквиум: «Принципы транскрипционной регуляции»	2	1	ОПК- 2, ОПК-3
5	Семинар «Сенсорные системы»	2	1	ОПК- 2, ОПК-3
6	Характеристика систем "общей регуляции" метаболизма у про - и эукариот и их роль в жизнедеятельности организмов.	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
6	Коллоквиум: «Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям».	2	1	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
Итого:		16	8	

#### 4.4. Лабораторные работы не предусмотрены

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающегося

№ разделов	Тема СРС	Вид СР	Объем в акад. часах	
			очно	заочно
1	Контроль локализации белков	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	0,5	0,5
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	0,5	1
		выполнение индивидуальных заданий	1	1
		подготовка к сдаче модуля, зачета	0,5	1
2	Секреция белков	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	1
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	0,5	1
		выполнение индивидуальных заданий	1	1
		подготовка к сдаче модуля, зачета	0,5	1
3	Принципы транскрипционной регуляции	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1,5	1
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1,5	3
		выполнение индивидуальных заданий	1,5	3
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	2
3	Транскрипционный контроль	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1,5	2
		подготовка к контрольной работе. семина-	1	2



		рам, коллоквиумам		
		выполнение индивидуальных заданий	1	1,5
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	1
3	Посттранскрипционная регуляция	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	2
		выполнение индивидуальных заданий	1	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	1,5
3	Посттрансляционная регуляция	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	2
		выполнение индивидуальных заданий	1	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	1
4	Катаболитная репрессия	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	1
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	1
		выполнение индивидуальных заданий	1	1
		подготовка к сдаче модуля, зачета	0,5	1
5	Межклеточные коммуникации	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	2
		выполнение индивидуальных заданий	1	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	0,5	2
5	Сенсорные системы	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1,5	2
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	2
		выполнение индивидуальных заданий	1	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	2
6	Контроль клеточного цикла	проработка учебного материала по дисциплине (конспектов лекций, учебников, материалов сетевых ресурсов)	1	1
		подготовка к контрольной работе. семинарам, коллоквиумам	1	2
		выполнение индивидуальных заданий	1	2
		подготовка к сдаче модуля, зачета	1	1
Итого:			40	56

Перечень методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Дубровский М.Л., Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для обучающихся по направлению 19.03.01 Биотехнология. – Мичуринск, 2023.

#### **4.6. Выполнение контрольной работы обучающимися заочной формы**

Важной формой самостоятельной работы обучающегося является написание письменных работ, в том числе контрольной работы по данной дисциплине.

Цели выполнения работы:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний и умений применять их для решения конкретных практических задач;
- развитие навыков самостоятельной научной работы (планирование и проведение исследования, работа с научной и справочной литературой, нормативными правовыми актами, интерпретация полученных результатов, их правильное изложение и оформление).

Работа должна отвечать следующим требованиям:

- самостоятельность исследования;
- формирование авторской позиции по основным теоретическим проблемным вопросам;
- анализ научной и учебной литературы по теме исследования;
- связь предмета исследования с актуальными проблемами современной науки и практики;
- логичность изложения, аргументированность выводов и обобщений;
- научно-практическая актуальность работы.

Задания в контрольной работе направлены на закрепление теоретических знаний обучающегося по дисциплине регуляция метаболизма клетки. Контрольная работа включает 4 вопроса. Выбор варианта определяется последней и предпоследней цифрами шифра зачетной книжки.

Перечень вопросов и требования к выполнению контрольной работы рассмотрены в методических указаниях для выполнения контрольной работы.

#### **4.7. Содержание разделов дисциплины**

##### **Раздел 1. Принципы транскрипционной регуляции.**

Введение. Цель и задачи курса «Регуляция метаболизма клетки». Современная физическая картина мира, пространственно-временных закономерности, окружающего мира и явлений природы. Необходимость регуляции клеточного метаболизма. Значение контроля метаболизма клеток продуцентов в биотехнологических процессах. Развитие учения о метаболизме клетки во второй половине XX века. Методы и приемы проведения экспериментальных исследований в области биотехнологии, стандартные и сертификационные испытания сырья.

Понятие о единице транскрипции. Экспериментальное развитие идеи о делимости гена. Три свойства генетического материала: функция в цепи метаболических превращений в клетке, способность претерпевать мутации и способность к рекомбинации. Организация гена. Основные термины, отражающие сложное строения гена.

Общая характеристика регуляторных механизмов. Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции. Уровни регуляции метаболизма. Дополнительные уровни регуляции метаболизма у эукариот.

##### **Раздел 2. Регуляторные белки.**

Регуляторная функция белков. Разновидности белков, выполняющих регуляторную функцию: белки — рецепторы, воспринимающие сигнал; сигнальные белки — гормоны и другие вещества, осуществляющие межклеточную сигнализацию ; регуляторные белки.

Белки, контролирующие транскрипцию:

- 1) Базальные транскрипционные факторы = general transcription factors (GTFs);
- 2) Коактиваторы и корепрессоры;
- 3) Транскрипционные факторы.

Регуляторные белки (транскрипционные факторы): структура, связывание с ДНК, взаимодействие с РНК-полимеразой и между собой, механизм репрессии и активации транскрипции. Значение ди- и олигомеризации регуляторных белков. Основные белковые домены, узнающие специфические последовательности ДНК (спираль-поворот-спираль, спираль-петля-спираль, гомеодомен, "лейциновая застежка", "цинковые пальцы"). Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы).

Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции.

Оперонная организация. Структура абстрактного оперона.

### **Раздел 3. Механизмы регуляции транскрипции.**

Стадии инициации транскрипции. Различия механизмов инициации у про- и эукариот. Основные понятия:

Регуляторные единицы - промоторный район, энхансеры, сайленсеры.

Транскрипционные факторы – белки, специфически связывающиеся с ДНК и регулирующий транскрипцию.

Коактиваторы и корепрессоры, медиаторы – белки, не взаимодействующие с ДНК.

Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. Негативная и позитивная регуляция оперонов бактерий на примере лактозного, арабинозного и триптофанового оперона. Понятие о регулоне.

Контроль терминации транскрипции. Антитерминация. Белки N и Q фага.

#### *Посттранскрипционная регуляция*

Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование).

Регуляция стабильности мРНК. Факторы, влияющие на стабильность мРНК. РНКазы, участвующие в деградации мРНК (РНКаза E, РНКаза III, полинуклеотидфосфорилаза, РНКаза II). Мультибелковые комплексы деградации РНК. РНК-хеликазы в деградации РНК. Действие полиаденилирования на стабильность бактериальных и эукариотических мРНК. Участие нетранслируемых молекул РНК в регуляции: контроль инициации репликации ДНК, процессинга РНК и ее трансляции. Антисмысловая РНК.

МикроРНК как регулятор. РНК-интерференция.

#### *Посттрансляционная регуляция*

Фолдинг и деградация белков как компоненты регуляторных систем. Формирование нативной трехмерной структуры белков. Молекулярные шапероны семейств Hsp60 и Hsp70 у про- и эукариот. Рабочий цикл шаперонных комплексов GroEL и DnaKJ-GrpE. Участие молекулярных шаперонов в регуляторных процессах.

Деградация белков: АТФ-зависимые протеазы прокариот и 26S-протеасома эукариот. Механизм распознавания аномальных белков. Система убиквитинирования белков эукариот. Роль контролируемого протеолиза в регуляции метаболизма у про- и эукариот.

### **Раздел 4. Фосфотрансферазная система. Простые регуляторные системы.**

Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Фосфотрансферазная система состоит из двух неспецифических компонентов: ферментов I и HPr и набора субстрат-специфических белков, связанных с мембраной и

обозначенных как ферменты II. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы.

Транспорт углевода внутрь клетки. Осуществление регуляторной функции. Катаболическая репрессия. Механизмы катаболической репрессии. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы.

Контроль утилизации галактозы у дрожжей. Модульная организация регуляторных белков. Дрожжевые двухгибридные системы.

#### **Раздел 5. Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы.**

Значение межклеточной коммуникации. Автоиндукторы бактерий и их синтез. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Кросс-сигналы. Ингибирование антибиотиками.

Контроль биолюминесценции у *Vibrio fischeri*.

Регуляция синтеза экзоферментов и антибиотиков у *Erwinia carotovora*.

Рецепторы стероидных гормонов животных.

Общие принципы сенсорной регуляции. Передача информации через клеточную мембрану. Белковые каналы, транспортеры и рецепторы. Рецепторная функция воротных каналов. Роль киназ и G- белков в регуляции.

Двухкомпонентные сенсорные системы. Работа двухкомпонентной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции.

Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про - и эукариот.

Сенсорные процессы и внутриклеточная регуляция у эукариот.

Сенсорные механизмы эукариот. Компоненты сигнальных путей (рецепторы, G-белки, адапторы, эффекторы, вторичные мессенджеры). Киназы как компоненты сигнальных путей. Типы протеинкиназ. Способы передачи сигнала через клеточную мембрану. Типы трансмембранных рецепторов и механизмы их активации. Тримерные и мономерные G- белки: структура и принцип действия. Способы передачи сигнала в ядро. Контроль специфичности сигнализации.

#### **Раздел 6. Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.**

Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. Типы метаболизма у микроорганизмов – броидильный, дыхательный, метаногенный и фототрофный.

Общая схема процессов катаболизма. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Регуляция метаболитами. Ферментная регуляция метаболизма. Генная регуляция метаболизма.

Контроль стрессовых регулонов бактерий при помощи альтернативных сигма-факторов РНК-полимеразы. Общий стресс: регулон RpoS. Периплазматический стресс: регулон RpoE.

Температурный шок. Контроль регулона теплового шока у различных бактерий. Тепловой шок у дрожжей.

Холодовой шок.

Кислородный стресс и редокс контроль. Активные формы кислорода: их повреждающее действие и механизм инактивации. Причина кислородного стресса. Механизмы окислительных повреждений клетки. Защита от окислительного стресса. Регулоны SoxRS и OxyR. Адаптация к анаэробнозю. Белок FNR как сенсор кислорода.

Утилизация азота. Детекция внутриклеточной концентрации азота, компоненты регуляторной системы. Структура и особенности функционирования белков RpoN и NtrC.

### **5. Образовательные технологии**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Образовательные технологии</b>
Лекции	Электронные материалы, использование мультимедий-

	ных средств, раздаточный материал
Практические занятия	Постановка опытов, обсуждение и анализ предложенных вопросов их аудиторных занятиях, индивидуальные доклады, тестирование
Самостоятельные работы	Защита и презентация результатов самостоятельного исследования на занятиях

## 6. Фонд оценочных средств дисциплины

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки»

п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Оценочное средство	
			наименование	кол-во вопросов
1	Принципы транскрипционной регуляции	ОПК- 2, ОПК-3	реферат тест вопросы для зачета	2 9 7
2	Регуляторные белки	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9	реферат тест вопросы для зачета	4 8 7
3	Механизмы регуляции транскрипции	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9	реферат тест вопросы для зачета	5 23 15
4	Фосфотрансферазная система. Простые регуляторные системы.	ОПК- 2, ОПК-3	реферат тест вопросы для зачета	3 13 6
5	Межклеточные коммуникации. Сенсорные системы	ОПК- 2, ОПК-3,	реферат тест вопросы для зачета	5 22 6
6	Общая схема метаболизма микроорганизмов и механизмы его регуляции. Механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9	реферат тест вопросы для зачета	6 26 9

### 6.2. Перечень вопросов для зачета

1. Организация гена. Основные термины, отражающие сложное строения гена. Локализация генов в хромосомах. (ОПК- 2, ОПК-3)
2. Современная физическая картина мира, пространственно-временных закономерности, окружающего мира и явлений природы. Современные представления о структуре белков. Уровни организации белковой молекулы. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура. Физико-химические свойства белков. (ОПК- 2, ОПК-3)
3. Строение нуклеотидов. Нуклеозидмоно-, ди-, трифосфаты. Биологические функции нуклеотидов. (ОПК- 2, ОПК-3)

4. Современные представления о структуре ДНК, правило Чаргаффа, видовая специфичность, модель Уотсона-Крика. Третичная структура ДНК. Сателлитная ДНК. Палиндромы. (ОПК- 2, ОПК-3).
5. Рибонуклеиновые кислоты, их классификация, строение рРНК, иРНК. Структура тРНК. Спирализация в РНК (вторичная структура). Внутрицепочечные комплементарные взаимодействия. Петли и внутренние петли шпилек РНК. (ОПК- 2, ОПК-3).
6. Репликация ДНК. Ферменты и белковые факторы биосинтеза ДНК. Этапы репликации ДНК. (ОПК- 2, ОПК-3).
7. Регуляторная функция белков. Разновидности белков, выполняющих регуляторную функцию. (ОПК- 2, ОПК-3)
8. Белки, контролирующие транскрипцию. Базальные транскрипционные факторы. Коактиваторы и корепрессоры. Транскрипционные факторы. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
9. Оперонная организация генома. Структура абстрактного оперона. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9)
10. Транскрипция как основа регуляции экспрессии генов. Матричный синтез РНК. Комплементарность продукта РНК-полимеразной реакции матрице. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9)
11. Стадии транскрипции: инициация, элонгация и терминация. РНК-полимераза – основной фермент транскрипции. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9)
12. Транскрипция у эубактерий. Понятие оперонов и полицистронных мРНК. Промотор и терминатор транскрипции. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
13. Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
14. Примеры регуляции активности генов с использованием набора сигма-субъединиц. Структура промоторов: области нуклеотидов (-35) и (-Структура терминаторов). (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
15. Инициация транскрипции: этапы. Оперон как способ регуляции транскрипции. Примеры оперонов: оперон рРНК, опероны рибосомных белков и «лишние» гены в составе этих оперонов. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9)
16. Регуляция активности генов *E.coli*, утилизирующих лактозу. Лас-оперон *E.coli*. Схема Жакоба-Моно. Понятия “репрессор”, “активатор”, “оператор”. Способы изменения активности репрессоров и активаторов. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
17. Примеры регуляции активности оперонов на стадии инициации. Сопряжение транскрипции и трансляции. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
18. Механизм работы активаторов транскрипции. Катаболитный тип регуляции. Триптофановый оперон. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
19. Контроль терминации транскрипции. Антитерминация. Примеры антитерминации. (ОПК-2; ПК-9).
20. Посттранскрипционная регуляция. Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование). (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
21. Посттрансляционная регуляция. Фолдинг и деградация белков как компоненты регуляторных систем. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
22. Трансляция. Активация аминокислот. Роль аминоацил-тРНК-синтетаз. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
23. Трансляция. Инициация белкового синтеза. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
24. Регуляция трансляции антисмысловыми РНК. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
25. Структура ферментов. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Коферменты. Активный центр. Аллостерический центр, роль в регуляции обмена. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
26. Лабильность действия ферментов. Ингибиторы и активаторы. Специфичность действия ферментов. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).

27. Аллостерические ферменты. Регуляция путем активации и ингибирования. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
28. Изоферменты, мультиферменты, зимогены. Механизм действия ферментов на примере химотрипсина. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
29. Типы ингибирования (мультивалентное, кумулятивное, изоферментное и др.) (ОПК- 2, ОПК-3).
30. Ретроингибирование. Молекулярные механизмы ингибирования. (ОПК- 2, ОПК-3).
31. Общее представление о фосфотрансферазной системе. Бактериальная фосфотрансферазная система. Какие процессы катализирует ФТС? (ОПК- 2, ОПК-3).
32. Белки фосфотрансферазной системы. (ОПК- 2, ОПК-3).
33. Катаболитная репрессия. Механизмы катаболитной репрессии. (ОПК- 2, ОПК-3).
34. Контроль утилизации галактозы у дрожжей. Модульная организация регуляторных белков. (ОПК- 2, ОПК-3).
35. Тепловой шок. Белки теплового шока. Основные функции белков теплового шока. (ОПК- 2, ОПК-3).
36. Шапероны. (ОПК- 2, ОПК-3).
37. Значение межклеточной коммуникации. Автоиндукторы бактерий и их синтез. (ОПК- 2, ОПК-3).
38. Синтез N-ацилгомосеринлактонов. Роль N-АГСЛ –сигналов в межклеточной коммуникации бактериальных популяций. (ОПК- 2, ОПК-3).
39. Сенсоры, внутриклеточные посредники и эффекторы. (ОПК- 2, ОПК-3).
40. Детектируемые трансмембранные рецепторы. (ОПК- 2, ОПК-3).
41. Двухкомпонентные системы. Типичная двухкомпонентная система. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
42. Общие принципы сенсорной регуляции. Передача информации через клеточную мембрану. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
43. Внеклеточные сигналы. Основа работы двухкомпонентной системы. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
44. Особенности регуляции клеточного метаболизма у про- и эукариотических организмов. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
45. Анаболизм и катаболизм микробной клетки, их взаимосвязь. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
46. Синтез и распад гликогена в тканях, гормональная регуляция этих процессов. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
47. Влияние физико-химических факторов среды на метаболические процессы. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
48. Классификация механизмов регуляции метаболизма. Регуляция метаболитами. Методы и приемы проведения экспериментальных исследований в области биотехнологии, стандартные и сертификационные испытания сырья. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
49. Ферментная регуляция метаболизма. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).
50. Генная регуляция метаболизма. (ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9).

### 6.3. Шкала оценочных средств

Уровни освоения компетенций	Критерии оценивания	Оценочные средства (кол-во баллов)
Продвинутый (75 -100 баллов) «зачтено»	Показывает глубокие знания предмета. Знает: -структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот; -общие принципы регуляции клеточных процессов; -молекулярные механизмы взаимодействия регуля-	Тестовые задания (30-40 баллов); реферат (7-10

	<p>торных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции;</p> <p>-особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот;</p> <p>-основные принципы контроля клеточного цикла;</p> <p>-механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.</p> <p>Умеет использовать полученные знания, приводя при ответе собственные примеры. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы;</li> <li>- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;</li> <li>- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов.</li> </ul> <p>Владеет навыками анализа современного состояния отрасли, науки и техники, свободно владеет терминологией из разных разделов дисциплины, теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.</p>	<p>баллов);</p> <p>вопросы к зачету (38-50 баллов).</p>
<p>Базовый (50 -74 балла) «зачтено»</p>	<p>Хорошо знает предмет, однако эти знания ограничены объемом материала, представленным в учебнике. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот;</li> <li>-общие принципы регуляции клеточных процессов;</li> <li>-молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции;</li> <li>-особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот;</li> <li>-основные принципы контроля клеточного цикла;</li> <li>-механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.</li> </ul> <p>Умеет использовать полученные знания, приводя примеры из тех, что имеются в учебнике. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы;</li> <li>- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;</li> </ul>	<p>Тестовые задания (20-29 баллов);</p> <p>реферат (5-6 баллов);</p> <p>вопросы к зачету (25-39 баллов).</p>



	<p>- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов.</p> <p>Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном употреблении сам может их исправить.</p>	
<p>Пороговый (35 - 49 баллов) – «зачтено»</p>	<p>Знает ответ только на конкретный вопрос о структуре и пространственной организации белков и нуклеиновых кислот, общим принципам регуляции клеточных процессов в клетках про- и эукариот;</p> <p>на дополнительные вопросы отвечает только с помощью наводящих вопросов экзаменатора.</p> <p>Не всегда умеет привести правильный пример. Не всегда самостоятельно может предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы;</p> <p>- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;</p> <p>- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов.</p> <p>Слабо владеет терминологией. Слабо владеет навыками анализа современного состояния отрасли, теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.</p>	<p>Тестовые задания (14-19 баллов);</p> <p>реферат (3-4 балла);</p> <p>вопросы к зачету (18-26 баллов).</p>
<p>Низкий (допороговый) (компетенция не сформирована) (менее 35 баллов) – «не зачтено»</p>	<p>Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-структуру и пространственную организацию белков, нуклеиновых кислот;</li> <li>-общие принципы регуляции клеточных процессов;</li> <li>-молекулярные механизмы взаимодействия регуляторных белков с нуклеиновыми кислотами и механизмы контроля стабильности мРНК и механизм РНК-интерференции;</li> <li>-особенности регуляторных процессов в клетках про- и эукариот;</li> <li>-основные принципы контроля клеточного цикла;</li> <li>-механизмы адаптации клетки к стрессовым условиям.</li> </ul> <p>Не умеет привести правильный пример. Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать знания о принципах регуляции метаболизма при создании организмов-продуцентов каких-либо соединений;</li> <li>- предложить возможные пути повышения или понижения экспрессии определенных метаболических путей за счет воздействия на известные регуляторные процессы</li> </ul>	<p>Тестовые задания (0-13 баллов);</p> <p>реферат (0-2 балла);</p> <p>вопросы к зачету (0-19 баллов).</p>

	<p>- оценить возможные последствия изменения условий культивирования на основные метаболические процессы модельных организмов. Не владеет терминологией. Не владеет навыками анализа современного состояния отрасли, теоретической базой профессионально-профилированных методов регуляции метаболических процессов.</p>	
--	--	--

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1. Основная учебная литература:**

1. Дубровский М.Л. УМК по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для обучающихся по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология. - Мичуринск-2023.

### **7.2. Дополнительная учебная литература:**

1. Биотехнология, биоинформатика и геномика растений и микроорганизмов [Электронный ресурс] : материалы конференции. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2016. — 140 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92007>. — Загл. с экрана.
2. Гистология, цитология и эмбриология [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2012. — 462 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65442>. — Загл. с экрана.
3. Ржечицкая, Л. Э. Основы биотехнологии [Электронный ресурс] : лаб. практикум / М. А. Сысоева, М. Е. Зиновьева, Казан. гос. технол. ун-т, Л. Э. Ржечицкая. — Казань : КГТУ, 2004. — 90 с. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/292655>
4. Основы биотехнологии. В 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для СПО — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 170 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07840-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/441963> (дата обращения: 07.05.2019).
5. Современные биотехнологии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] : монография / О.В. Богатова, Г.В. Карпова, М.В. Ребезов, Г.М. Топурия, М.В. Клычкова, Ю.С. Кичко, Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург : ОГУ, 2012. — 171 с. — Авт. указаны на обороте тит. л.; Библиогр.: с. 161-171. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/187871>

### **7.3. Методические указания по освоению дисциплины**

1. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для направления подготовки 190301 биотехнология - Мичуринск, 2023.
2. Методические указания для самостоятельной работы и выполнения контрольной работы занятий по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» для направления подготовки 190301 биотехнология - Мичуринск, 2023.

### **7.4. Информационные и цифровые технологии (программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы)**

Учебная дисциплина (модуль) предусматривает освоение информационных и цифровых технологий. Реализация цифровых технологий в образовательном пространстве является

одной из важнейших целей образования, дающей возможность развивать конкурентоспособные качества обучающихся как будущих высококвалифицированных специалистов.

Цифровые технологии предусматривают развитие навыков эффективного решения задач профессионального, социального, личностного характера с использованием различных видов коммуникационных технологий. Освоение цифровых технологий в рамках данной дисциплины (модуля) ориентировано на способность безопасно и надлежащим образом получать доступ, управлять, интегрировать, обмениваться, оценивать и создавать информацию с помощью цифровых устройств и сетевых технологий. Формирование цифровой компетентности предполагает работу с данными, владение инструментами для коммуникации.

#### **7.4.1. Электронно-библиотечная системы и базы данных**

1. ООО «ЭБС ЛАНЬ» (<https://e.lanbook.ru/>) (договор на оказание услуг от 10.03.2020 № ЭБ СУ 437/20/25 (Сетевая электронная библиотека)

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям ООО «Издательство Лань» от 03.04.2023 № 1)

3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям ООО «Издательство Лань» от 06.04.2023 № 2)

4. База данных электронных информационных ресурсов ФГБНУ ЦНСХБ (договор по обеспечению доступа к электронным информационным ресурсам ФГБНУ ЦНСХБ через терминал удаленного доступа (ТУД ФГБНУ ЦНСХБ) от 07.04.2023 № б/н)

5. Электронно-библиотечная система «AgriLib» ФГБОУ ВО РГАЗУ (<http://ebs.rgazu.ru/>) (дополнительное соглашение на предоставление доступа от 13.04.2023 № б/н к Лицензионному договору от 04.07.2013 № 27)

6. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»: Коллекции «Базовый массив» и «Колос-с. Сельское хозяйство» (<https://rucont.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа от 04.04.2023 № 2702/бп22)

7. ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (<https://urait.ru/>) (договор на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» от 06.04.2023 № 6)

8. Электронно-библиотечная система «Вернадский» (<https://vernadsky-lib.ru>) (договор на безвозмездное использование произведений от 26.03.2020 № 14/20/25)

9. База данных НЭБ «Национальная электронная библиотека» (<https://rusneb.ru/>) (договор о подключении к НЭБ и предоставлении доступа к объектам НЭБ от 01.08.2018 № 101/НЭБ/4712)

10. Соглашение о сотрудничестве по оказанию библиотечно-информационных и социокультурных услуг пользователям университета из числа инвалидов по зрению, слабовидящих, инвалидов других категорий с ограниченным доступом к информации, лиц, имеющих трудности с чтением плоскочечного текста ТОГБУК «Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина» (<https://www.tambovlib.ru>) (соглашение о сотрудничестве от 16.09.2021 № б/н)

#### **7.4.2. Информационные справочные системы**

1. Справочная правовая система КонсультантПлюс (договор поставки и сопровождения экземпляров систем КонсультантПлюс от 03.02.2023 № 11481 /13900/ЭС)

2. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ» (договор на услуги по сопровождению от 22.12.2022 № 194-01/2023)

### 7.4.3. Современные профессиональные базы данных

1. База данных нормативно-правовых актов информационно-образовательной программы «Росметод» (договор от 11.07.2022 № 530/2022)
2. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU – российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования - <https://elibrary.ru/>
3. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru/>
4. Открытые данные Федеральной службы государственной статистики - <https://rosstat.gov.ru/opendata>

### 7.4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)	Реквизиты подтверждающего документа (при наличии)
Microsoft Windows , Office Professional	Microsoft Corporation	Лицензионное	-	Лицензия от 04.06.2015 № 65291651 срок действия: бессрочно
Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	АО «Лаборатория Касперского» (Россия)	Лицензионное	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/366574/?sphrase_id=415165">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/366574/?sphrase_id=415165</a>	Сублицензионный договор с ООО «Софттекс» от 06.07.2022 № б/н, срок действия: с 22.11.2022 по 22.11.2023
МойОфисСтандартный - Офисный пакет для работы с документами и почтой (myoffice.ru)	ООО «Новые облачные технологии» (Россия)	Лицензионное	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301631/?sphrase_id=2698444">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301631/?sphrase_id=2698444</a>	Контракт с ООО «Рубикон» от 24.04.2019 № 0364100000819000012 срок действия: бессрочно
Программная система для обнаружения текстовых заимствований в	АО «Антиплагиат» (Россия)	Лицензионное	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303350/?sphrase_id=2698186">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303350/?sphrase_id=2698186</a>	Лицензионный договор с АО «Антиплагиат» от 17.04.2023 №

	учебных и научных работах «Антиплагиат ВУЗ» ( <a href="https://docs.antiplagiat.ru">https://docs.antiplagiat.ru</a> )				6627, срок действия: с 17.04.2023 по 16.04.2024
	AcrobatReader - просмотр документов PDF, DjVU	<a href="https://www.adobe.com">AdobeSystems</a>	Свободно распространяемое	-	-
	FoxitReader - просмотр документов PDF, DjVU	<a href="https://www.foxit.com">FoxitCorporation</a>	Свободно распространяемое	-	-

#### 7.4.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. CDTOWiki: база знаний по цифровой трансформации <https://cdto.wiki/>
2. Режим доступа: .garant.ru - справочно-правовая система «ГАРАНТ»
3. Режим доступа: www.consultant.ru - справочно-правовая система «Консультант Плюс»
4. <http://www.biotechnolog.ru> – молекулярная биология и биотехнология;
5. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
6. <http://www.inbi.ras.ru> – Институт биохимии имени А.Н. Баха РАН;
7. <http://www.eimb.relarn.ru> – институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН
8. <http://www.iteb.serpukhov.su> – институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
9. [www.xumuk.ru](http://www.xumuk.ru) – сайт «Химик»
10. <http://www.volgmed.ru/biochem/301/edu-libr-d.php> - медицинская биохимия.
11. <http://www.protein.bio.msu.ru/biokhimiya/index.htm> - каталог научно-образовательных ресурсов МГУ;
12. <http://www.tusearch.blogspot.com> – поиск электронных книг, публикаций, ГОСТов, на сайтах научных библиотек.;
13. [http://www.yanko.lib.ru/books/biolog/nagl\\_biochemindex.htm](http://www.yanko.lib.ru/books/biolog/nagl_biochemindex.htm) - Кольман Я., Рем К.-Г., Вирт Ю. Наглядная биохимия.
14. <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека;
15. <http://www.humbio.ru/humbio/biochem/000b6185.htm> - биохимия. Справочник (онлайн);
16. <http://www.sci-lib.com> – наука, новости науки и техники для студентов;
17. <http://www.biomolecula.ru> – наука, новости;
18. <http://www.pereplet.ru> – сайт Соросовского образовательного журнала.

#### 7.4.6. Цифровые инструменты, применяемые в образовательном процессе

1. LMS-платформа Moodle
2. Виртуальная доска Миро: [miro.com](https://miro.com)
3. Виртуальная доска SBoard <https://sboard.online>
4. Виртуальная доска Padlet: <https://ru.padlet.com>

5. Облачные сервисы: Яндекс.Диск, Облако Mail.ru
6. Сервисы опросов: Яндекс Формы, MyQuiz
7. Сервисы видеосвязи: Яндекс телемост, Webinar.ru
8. Сервис совместной работы над проектами для небольших групп Trello <http://www.trello.com>
9. ...

#### 7.4.7. Цифровые технологии, применяемые при изучении дисциплины

	Цифровые технологии	Виды учебной работы, выполняемые с применением цифровой технологии	Формируемые компетенции
1.	Облачные технологии	Лекции Самостоятельная работа	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9
2.	Большие данные	Лекции Самостоятельная работа	ОПК- 2, ОПК-3, ПК-9


#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)


Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (г. Мичуринск, ул. Интернациональная, дом № 101, 2/32)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жалюзи горизонтальные на три окна (инв. № 2101065486)</li> <li>2. Интерактивная доска (инв. № 2101040205)</li> <li>3. Системный комплект: процессор Intel Original LGA 1150, вентилятор Deepcool THETA 21, материнская плата ASUS H81M-K&lt;S-1150 iH, память DDR3 4 Gd, жесткий диск 500 Gb, корпус MAXcase H4403, блок питания Aerocool 350W (инв. № 21013400740)</li> <li>4. Проектор Viewsonic PJD6243 DLP 3200 lumens XGA 3000:1 HDMI 3D</li> <li>5. Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Microsoft Windows 7 (лицензия от 31.12.2013 № 49413124, бессрочно).</li> <li>2. Microsoft Office 2010 (лицензия от 04.06.2015 № 65291658, бессрочно).</li> </ol>
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебная лаборатория физиологии растений) (г. Мичуринск, учхоз «Роша», 9/27)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Платформа UP-12 BioSan для шейкера, универсальная для колб, бытолок и стаканов, 265´185мм для шейкеров OS-12, PSU-10i, ES-20 (инв.№21013600789)</li> <li>2. Фотометр КФК-3-01-"ЗОМЗ" фотоэлектрический (инв.№21013600788)</li> <li>3. Шейкер PSU-10i BioSan, орбитальный (50-450 об/мин, орбитальный, до 3кг) без платформы (инв.№21013600790)</li> <li>4. Шейкер S-3 цифровой (платф. 168´168 об/мин, амплитуда 20мм, орбитальный, 10-250 об/мин) (инв.№21013600783)</li> <li>5. Доска классная (инв.№41013602281)</li> <li>6. Кресло офисное AV 204 PL МК ткань (инв.№41013602311)</li> <li>7. Микроскоп медицинский Биомед 2 (инв.№41013401728, 41013401727,</li> </ol>	

	<p>41013401726, 41013401725, 41013401724, 41013401723, 41013401722, 41013401721, 41013401720, 41013401719, 41013401718, 41013401717, 41013401716, 41013401715, 41013401714)</p> <p>8. Настенный экран Lumien Master Picture 220-220 см (инв.№41013401710)</p> <p>9. Проектор NEC M361X (инв.№41013401707)</p> <p>10. Системный комплект: Процессор Intel Original LGA 1155, вентилятор, материнская плата, память, жесткий диск, видеокарта, монитор, устройство чтения карт памяти, привод, корпус, клавиатура, мышь (инв.№41013401700)</p> <p>11. Стол лабораторный химический (1200'600'750) столешн.пластик/каркас ал.профиль (инв.№41013602349, 41013602348, 41013602347, 41013602346, 41013602345, 41013602344, 41013602343, 41013602342, 41013602341, 41013602340, 41013602339, 41013602338, 41013602337)</p> <p>12. Шкаф для хранения лабораторной посуды (800'450'1950) полки пластик/каркас ал.профиль с замком (инв.№41013602358)</p> <p>13. Испаритель ИР-1М3 ротационный (инв.№21013600785)</p>	
<p>Учебная аудитория для самостоятельной работы (г. Мичуринск, ул. Интернациональная, дом № 101, 3/239б)</p>	<p>1. Доска классная (инв. № 2101063508)</p> <p>2. Жалюзи (инв. № 2101062717)</p> <p>3. Жалюзи (инв. № 2101062716)</p> <p>4. Компьютер Celeron E3500, мат. плата ASUS, опер.память 2048Mb, монитор 19"АОС (инв.№ 2101045283, 2101045284, 2101045285)</p> <p>5. Компьютер Pentium-4 (инв.№ 2101042569)</p> <p>6. Моноблок iRU308 21.5 HD i3 3220/4Gb/500gb/GT630M 1Gb/DVDRW/MCR/DOS/WiFi/white/Web / клавиатура, мышь (инв. № 21013400521, 21013400520)</p> <p>7. Компьютер Dual Core E 6500 (инв.№ 1101047186)</p> <p>8. Компьютер торнадо Core-2 (инв.№ 1101045116, 1101045118, 1101045117)</p> <p>9. Экран на штативе (инв.№ 1101047182)</p> <p>Компьютерная техника подключена к сети «Интернет» и обеспечена доступом</p>	<p>1. Microsoft Windows XP,7 (лицензия от 31.12.2013 № 49413124, бессрочно).</p> <p>2. Microsoft Office 2003, 2010 (лицензия от 04.06.2015 № 65291658, бессрочно).</p> <p>3. AutoCAD Design Suite Ultimate (договор от 17.04.2015 № 110000940282);</p> <p>4. nanoCAD (версия 5.1 локальная, образовательная лицензия, серийный номер NC50B-270716 лицензия действительна бессрочно, бесплатная).</p> <p>5. Программный комплекс «АСТ-Тест Plus» (лицензионный договор от 18.10.2016 № Л-21/16).</p> <p>6. ГИС MapInfo Professional 15.0 для Windows для учеб-</p>

	в ЭИОС университета.	ных заведений (лицензионный договор от 18.12.2015 №123/2015-у)
--	----------------------	--

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Регуляция метаболизма клетки» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 193 от 11.03.2015 г.

Автор: доцент кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур, канд.с.-х.наук  Е.В. Хованова

Рецензент:  
Профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии доктор сельскохозяйственных наук  Алиев Т. Г.-Г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, тепличных технологий и биотехнологии (протокол от 17 марта 2015 № 10)

Программа рассмотрена на заседании методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина (протокол №8 от 23 марта 2015 г.).

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол № 9 от 23 апреля 2015 г.

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.*

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, тепличных технологий и биотехнологии (протокол № 1 от 29 августа 2016 г)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина (протокол № 1 от 30 августа 2016).

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета (протокол № 1 от 23 сентября 2016 г.).

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.*

Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, тепличных технологий и биотехнологии (протокол № 8 от «18» апреля 2017 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 9 от 18 апреля 2017 г)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета (протокол № 8 от 20 апреля 2017 г.).

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.*

Программа рассмотрена на заседании кафедры биотехнологий, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 7 от «13» апреля 2018 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 9 от « 16» апреля 2018 г)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол № 10 от 26 апреля 2018 г.



*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО*  
Программа рассмотрена на заседании кафедры биотехнологии, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол №7 от «9» апреля 2019 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 9 от «22» апреля 2019 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от 25 апреля 2019 г.

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО*  
Программа рассмотрена на заседании кафедры биотехнологии, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 6 от «12» марта 2020 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 9 от «20» апреля 2020 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от 23 апреля 2020 г.

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО*  
Программа рассмотрена на заседании кафедры биотехнологии, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 8 от «5» апреля 2021 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 9 от «19» апреля 2021 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от «22» апреля 2021 г.

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО*  
Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции семеноводства сельскохозяйственных культур (протокол № 9 от «18» апреля 2022 г.)

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Плодоовощного института им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 8 от «18» апреля 2022 г.)

Программа утверждена решением Учебно-методического совета университета протокол №8 от «21» апреля 2022 г.

*Программа переработана и дополнена в соответствии с требованиями ФГОС ВО*  
Программа рассмотрена на заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур (протокол № 11 от 13 июня 2023 г.).

Программа рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии института фундаментальных и прикладных агробiotехнологий им. И.В. Мичурина Мичуринского ГАУ (протокол № 11 от 19 июня 2023 г.).

Программа утверждена на заседании учебно-методического совета университета (протокол № 10 от 22 июня 2023 г.).