

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шитикова Александра Валерьевна  
Должность: И.о. директора Института агробиотехнологии  
Дата подписания: 21.02.2024 15:29:50  
Уникальный программный ключ:  
fcd01ecb1fdf76890cc51f245ad12c7f716ce658

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт агробиотехнологии  
Кафедра биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора Института  
агробиотехнологии

Шитикова А.В.  
“ 30 ” ФЕВРАЛЯ 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФТД.02 «ЭПИГЕНЕТИКА»

для подготовки магистров

ФГОС ВО 3++

Направление: 19.04.01 – Биотехнология

Направленность: Биоинженерия и бионанотехнологии

Курс 1

Семестр 1

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2024

Москва, 2024

Разработчик: Чередниченко М.Ю., канд. биол. наук, доцент Чередниченко М.Ю.

«30» 08 2024 г.

Рецензент: Тараканов И.Г., д-р биол. наук, профессор Тараканов И.Г.

«30» 08 2024 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 19.04.01 – Биотехнология.

Программа обсуждена на заседании кафедры биотехнологии, протокол № 1 от «30» 08 2024 г.

И.о. зав. кафедрой Вертикова Е.А., д-р с.-х. наук, профессор Вертикова Е.А.

«30» 08 2024 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии

факультета агрономии и биотехнологии

Шитикова А.В., д-р с.-х. наук, профессор Шитикова А.В.

Шитикова А.В.

«30» 08 2024 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой

биотехнологии Вертикова Е.А., д-р с.-х. наук, профессор Вертикова Е.А.

«30» 08 2024 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Мирзаев А.А.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>7</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	7
ПО СЕМЕСТРАМ .....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
4.3 ЛЕКЦИИ, ПРАКТИЧЕСКИЕ/СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	11
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>14</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>14</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	14
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	16
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>16</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	16
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	16
7.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	17
<b>8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>17</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>17</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	Ошибкa! Закладка не определена.
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы учебной дисциплины ФТД.02 «Эпигенетика» для  
подготовки магистров по направлению 19.04.01 «Биотехнология»,  
программа «Биоинженерия и бионанотехнологии»**

**Цель освоения дисциплины:** формирование у студентов знаний в области эпигенетической наследственности и изменчивости; анализа, обобщения и использования фундаментальных и прикладных знаний в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области; использования цифровых средств и технологий, современных достижений нано- и биотехнологий, молекулярной биологии в сельском хозяйстве, экологии и медицине.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в факультативные дисциплины учебного плана по направлению подготовки 19.04.01 – Биотехнология.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-1, ПКос-1.

**Краткое содержание дисциплины:** Курс «Эпигенетика» предназначен для изучения студентами магистратуры основ эпигенетической регуляции экспрессии генов как механизма наследственности и изменчивости, а также возможностей использования данного явления. Дисциплина имеет теоретическую и практико-ориентированную направленность.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Эпигенетика», являются «Клеточная инженерия», «Методологические основы исследований в биотехнологии». Дисциплина «Эпигенетика» является основополагающей для изучения дисциплин «Методы моделирования биотехнологических процессов», «Генная инженерия».

**Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка:** 72 часа (2 зач.ед.) / 4 часа

**Промежуточный контроль:** зачет.

### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Эпигенетика» является формирование у студентов знаний в области эпигенетической наследственности и изменчивости; анализа, обобщения и использования фундаментальных и прикладных знаний в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области; использования цифровых средств и технологий, современных достижений нано- и биотехнологий, молекулярной биологии в сельском хозяйстве, экологии и медицине. В процессе обучения студенты знакомятся с принципами регуляции экспрессии генов, а также с достижениями в этой области науки.

Цель дисциплины соотносится с общими целями основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО 3++) по направлению 19.04.01 – Биотехнология, в рамках которого изучается данная дисциплина.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Эпигенетика» включена в факультативные дисциплины учебного плана. Дисциплина «Эпигенетика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.04.01 – Биотехнология.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Эпигенетика», являются «Клеточная инженерия», «Методологические основы исследований в биотехнологии».

Дисциплина «Эпигенетика» является основополагающей для изучения дисциплин «Методы моделирования биотехнологических процессов», «Генная инженерия».

Особенностью дисциплины является фундаментальный подход к практической реализации целей освоения дисциплины, охватывающий широкий спектр теоретических знаний и практических навыков.

Рабочая программа дисциплины «Эпигенетика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

**Требования к результатам освоения учебной дисциплины**

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	Способен анализировать, обобщать и использовать фундаментальные и прикладные знания в области биотехнологии для решения существующих и новых задач в профессиональной области	ОПК-1.1 Знает современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук	современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук	анализировать современные актуальные проблемы, основные открытия и методологические разработки в области биологических и смежных наук	навыками осмыслиния современных актуальных проблем, основных открытий и методологических разработок в области биологических и смежных наук
2.	ПКос-1	Способен использовать цифровые средства и технологии, современные достиженияnano- и биотехнологий, молекулярной биологии в сельском хозяйстве, экологии и медицине	ПКос-1.1 Владеет актуальной информацией о возможностях применения разработок в области nano- и биотехнологий, молекулярной биологии в различных отраслях экономики; использует цифровые средства и технологии	возможности применения разработок в области nano- и биотехнологий, молекулярной биологии в различных отраслях экономики	использовать цифровые средства и технологии	актуальной информацией о возможностях применения разработок в области nano- и биотехнологий, молекулярной биологии в различных отраслях экономики; использует цифровые средства и технологии

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

#### **Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	в т.ч. по семестрам
		№ 1
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72/4</b>	<b>72/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>28,25/4</b>	<b>28,25/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>28,25/4</b>	<b>28,25/4</b>
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	14	14
практические занятия (ПЗ)	14	14
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25	0,25
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>43,75</b>	<b>43,75</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	34,75	34,75
подготовка к зачету (контроль)	9	9
Вид промежуточного контроля:	Зачёт	

\* практическая подготовка

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### **Тематический план учебной дисциплины**

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ПКР	
<b>Раздел 1 «Общие понятия эпигенетики»</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	-	<b>11</b>
Тема 1.1 «Эпигенетика: от явления к области науки»	6	2	-	-	4
Тема 1.2 «История эпигенетики»	6	2	-	-	4
Тема 1.3 «Основные понятия эпигенетики»	7	2	2	-	3
<b>Раздел 2 «Механизмы эпигенетики»</b>	<b>23,75</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	-	<b>11,75</b>
Тема 2.1 «Модификации хроматина и механизм их действия»	8	2	2	-	4
Тема 2.2 «Варианты гистонов»	7,75	2	2	-	3,75
Тема 2.3 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»	8	2	2	-	4
<b>Раздел 3 «Частная эпигенетика»</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	-	<b>12</b>
Тема 3.1 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»	8	2	2	-	4
Тема 3.2 «Эпигенетическая регуляция у	6	-	2/2	-	4

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ПКР	
растений»					
Тема 3.3 «Метилирование ДНК у млекопитающих»	6	-	2/2	-	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25	-	-	0,25	-
подготовка к зачету (контроль)	9	-	-	-	9
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>72</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>0,25</b>	<b>43,75</b>

## Раздел 1 «Общие понятия эпигенетики»

### Тема 1.1 «Эпигенетика: от явления к области науки»

История эпигенетики на симпозиумах Колд Спринг Харбор. 69-й симпозиум (Гипотеза гистонового кода, Динамический «молчщий» хроматин, Ядерная организация, Прионы)

### Тема 1.2 «История эпигенетики»

«Ключи» от генетики и биологии развития. ДНК в соматических клетках организма. Роль метилирования ДНК. Роль хроматина. Взаимосвязь механизмов.

### Тема 1.3 «Основные понятия эпигенетики»

Генетика vs. Эпигенетика. Модельные системы для изучения эпигенетики. Определение эпигенетики. Хроматиновая матрица. Более высокие уровни организации хроматина. Различие между эухроматином и гетерохроматином. Модификации гистонов и гистоновый код. Комплексы, осуществляющие ремоделинг хроматина, и варианты гистонов. Метилирование ДНК. РНКи и сайленсинг генов, направляемый РНК. От одноклеточных систем к многоклеточным. Polycomb и Trithorax. Инактивация X-хромосомы и факультативный гетерохроматин. Репрограммирование клеточной судьбы. Рак. Эпигенетический контроль. Основные вопросы в эпигенетических исследованиях

## Раздел 2 «Механизмы эпигенетики»

### Тема 2.1 «Модификации хроматина и механизм их действия»

Гистоны и ацетилирование играют регуляторную роль в транскрипции. Ацетилирование и деацетилирование. Фосфорилирование. Метилирование (Метилирование лизинов, Деметилирование лизинов, Метилирование аргининов). Деиминирование. Убиквитилирование/деубиквитилирование и сумоилирование. Темы в модификациях (Гистоновый код, Паттерны модификаций, Изменения в структуре хроматина, связанные с активацией транскрипции и элонгацией)

## **Тема 2.2 «Варианты гистонов»**

Упаковка ДНК архитектурными белками. Эукариотические коровые гистоны. Откладывание основной массы гистонов после репликации ДНК. Откладывание вариантов гистонов на протяжении всего клеточного цикла. Идентификация центромер специальным вариантом Н3. Замещение гистоновым вариантом Н3.3 в активном хроматине. Фосфорилирование Н2АХ в reparации двунитевых разрывов ДНК. Н2АЗ в регулировании транскрипции. Белковые комплексы для откладки и замещения вариантов Н2А. Другие варианты Н2А. Эволюция гистонов для более плотной упаковки ДНК.

## **Тема 2.3 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»**

Хромосомная наследственность. Эпигенетическая регуляция репликации ДНК, reparации и теломер (Инициация репликации ДНК контролируется эпигенетическими механизмами. Репарация ДНК включает эпигенетические изменения в структуре хроматина. Эпигенетический контроль структуры и функции теломер). Эпигенетическая регуляция идентичности и функции центромер (Структура и функция центромеры у разных эукариот. Центромерные последовательности не являются необходимыми или достаточными для формирования и функционирования кинетохора. Необычный состав центромерного хроматина. Модели структуры, функции и воспроизведения центромеры. Эпигенетика и эволюция центромер). Гетерохроматин и мейотическое спаривание / расхождение (Обнаружение сайта гетерохроматинового спаривания у самцов *Drosophila*. Спаривание гетерохроматина облегчает расхождение у самок *Drosophila*. Роль центромеры в облегчении ахиазматической сегрегации у почкоющихся дрожжей. Ассоциированный с гетерохроматином локус Phi у кукурузы и его роль в опосредовании гомологичного versus негомологичного спаривания). Гетерохроматин и мейотический драйв (Нарушитель сегрегации (Segregation Distorter) у самцов *Drosophila*. Утеря отцовской хромосомы у *Sciara* и картирование реагирующего элемента. Утеря отцовских хромосом у *Nasonia*. Вздутие 10 у кукурузы – роль последовательностей, соответствующих гетерохроматиновым «вздутиям», в облегчении расхождения хромосом в мейозе I). Сайленсинг генов неспаренными ДНК в мейозе (Мейотический сайленсинг неспаренной ДНК в мейозе у *Neurospora*. Сайленсинг асинапсных хромосом у мыши. Дисфункция половой хромосомы у *Drosophila*)

## **Раздел 3 «Частная эпигенетика»**

### **Тема 3.1 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»**

*Schizosaccharomyces pombe*: организм (Сайленсинг хроматина у *S. pombe* отличается от такового у *S. cerevisiae*. Гены, помещенные в центромеры дробянковых дрожжей, сайленсированы. Центромеры дробянковых

дрожжей состоят из разных гетерохроматиновых и центральных кинетохорных доменов. Центромерные внешние повторы без посторонней помощи делают возможной сборку «молчащего» хроматина. РНК-интерференция направляет сборку «молчащего» хроматина. Транскрипция центромерных повторов РНК-полимеразой II связывает RNAi с модификациями хроматина. «Молчящий» хроматин в центромерах необходим для опосредования когезии сестринских центромер и нормальной сегрегации хромосом. Эпигенетическое наследование функционального состояния центромеры. Различные механизмы сайленсинга у грибов). *Neurospora crassa*: история и особенности организма (Метилирование ДНК у *Neurospora*. RIP – система защиты генома, имеющая как генетические, так и эпигенетические аспекты. Исследования реликтов RIP позволило проникнуть в контроль метилирования ДНК. «Подавление» (quelling). Мейотический сайленсинг, осуществляемый неспаренной ДНК (MSUD). Вероятные функции и практическое использование RIP, «подавления» и MSUD)

### **Тема 3.2 «Эпигенетическая регуляция у растений»**

Преимущества использования растений в эпигенетических исследованиях (Сходство растений и животных по организации (эпи)генома. Растения предоставляют дополнительные направления эпигенетических исследований. Растения лучше выносят некоторые методологические манипуляции, которые очень трудно применимы к млекопитающим. Исследование растений внесло самый значимый вклад в эпигенетику). Молекулярные компоненты хроматина у растений (Регуляторы метилирования ДНК у растений. Ферменты модификации гистонов. Другие белки хроматина). Молекулярные компоненты путей опосредованного РНКi сайленсинга (Выработка РНКi-зависимого сайленсинга у растений. Путь 1: связанное с трансгенами посттранскрикционное и индуцированное вирусами замалчивание генов (PTGS/VICS). Путь 2: регуляция развития растений miРНК и трансдействующими siРНК. Путь 3: связанный с трансгенами транскрикционный сайленсинг, направляемое РНК метилирование ДНК и образование гетерохроматина). Эпигенетическая регуляция без участия РНК

### **Тема 3.3 «Метилирование ДНК у млекопитающих»**

Механизм клеточной памяти (Гипотеза. Данные о наследуемых паттернах метилирования. Поддерживающая ДНК-метилтрансфераза млекопитающих). Происхождение паттернов метилирования ДНК (De novo метилирование ДНК у ранних эмбрионов. Открытие de novo метилтрансфераз. Островки CpG и паттерны метилирования ДНК. Динамические изменения в паттернах метилирования ДНК в ходе развития. Активное деметилирование зиготического отцовского генома. Что защищает островки CpG от метилирования ДНК. Переключается ли метилирование ДНК структурой хроматина? Роль SWI/SNF-подобных

белков ремоделинга хроматина). Регуляция экспрессии генов метилированием ДНК (Ранние данные. Интерференция со связыванием транскрипционного фактора. Притяжение белков, связывающихся с метил-CpG. MeCP2 и синдром Ретта. MBD2 опосредует зависящую от метилирования репрессию транскрипции). Метилирование ДНК, мутации и стабильность хромосом (Метилирование ДНК и мутации. Метилирование ДНК и нестабильность хромосом). Будущие направления исследований (Факторы внешней среды, индуцирующие эпигенетические изменения. Эпигенетическая нестабильность и комплексные заболевания. Модуляция обратимых эпигенетических состояний)

#### 4.3 Лекции, практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
<b>Раздел 1 «Общие понятия эпигенетики»</b>					
1	Тема 1.1 «Эпигенетика: от явления к области науки»	Лекция № 1 «Эпигенетика: от явления к области науки»	ОПК-1.1	-	2
3	Тема 1.2 «История эпигенетики»	Лекция № 2 «История эпигенетики»	ОПК-1.1	-	2
4	Тема 1.3 «Основные понятия эпигенетики»	Лекция № 3 «Основные понятия эпигенетики»	ОПК-1.1	-	2
5		Практическое занятие № 1 «Основные понятия эпигенетики»	ОПК-1.1	устный опрос	2
<b>Раздел 2 «Механизмы эпигенетики»</b>					
6	Тема 2.1 «Модификации хроматина и механизм их действия»	Лекция № 4 «Модификации хроматина и механизм их действия»	ОПК-1.1	-	2
		Практическое занятие № 2 «Модификации хроматина и механизм их действия»	ОПК-1.1	устный опрос	2
	Тема 2.2 «Варианты гистонов»	Лекция № 5 «Варианты гистонов»	ОПК-1.1	-	2
7		Практическое	ОПК-1.1	устный опрос	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		занятие № 3 «Варианты гистонов»			
8	Тема 2.3 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»	Лекция № 6 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»	ОПК-1.1	-	2
		Практическое занятие № 4 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»	ОПК-1.1	устный опрос	2
<b>Раздел 3 «Частная эпигенетика</b>					
9	Тема 3.1 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»	Лекция № 7 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»	ПКос-1.1	-	2
10		Практическое занятие № 5 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»	ПКос-1.1	устный опрос	2
11	Тема 3.2 «Эпигенетическая регуляция у растений»	Практическое занятие № 6 «Эпигенетическая регуляция у растений»	ПКос-1.1	устный опрос	2
12	Тема 3.3 «Метилирование ДНК у млекопитающих»	Практическое занятие № 7 «Метилирование ДНК у млекопитающих»	ПКос-1.1	устный опрос	2

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 «Методы направленной модификации генома»</b>		
1.	Тема 1.1 «Эпигенетика: от явления к области науки»	Ядерная организация, Прионы (ОПК-1.1)
2.	Тема 1.2 «История эпигенетики»	Роль хроматина. Взаимосвязь механизмов.(ОПК-1.1)
3.	Тема 1.3 «Основные понятия эпигенетики»	РНКи и сайленсинг генов, направляемый РНК. От одноклеточных систем к многоклеточным. Polycomb и Trithorax. Инактивация X-хромосомы и факультативный

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела и темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
		гетерохроматин. Репрограммирование клеточной судьбы. Рак. Эпигенетический контроль. Основные вопросы в эпигенетических исследованиях (ОПК-1.1)
<b>Раздел 2 «Генетическая модификация растений»</b>		
4.	Тема 2.1 «Модификации хроматина и механизм их действия»	Темы в модификациях (Гистоновый код, Паттерны модификаций, Изменения в структуре хроматина, связанные с активацией транскрипции и элонгацией) (ОПК-1.1)
5.	Тема 2.2 «Варианты гистонов»	Фосфорилирование H2AX в reparации двунитевых разрывов ДНК. H2AZ в регулировании транскрипции. Белковые комплексы для откладки и замещения вариантов H2A. Другие варианты H2A. Эволюция гистонов для более плотной упаковки ДНК. (ОПК-1.1)
6.	Тема 2.3 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»	Гетерохроматин и мейотический драйв (Нарушитель сегрегации (Segregation Distorter) у самцов Drosophila. Утеря отцовской хромосомы у Sciaridae и картирование реагирующего элемента. Утеря отцовских хромосом у Nasonia. Вздутые 10 у кукурузы – роль последовательностей, соответствующих гетерохроматиновым «вздутиям», в облегчении расхождения хромосом в мейозе I). Сайленсинг генов неспаренными ДНК в мейозе (Мейотический сайленсинг неспаренной ДНК в мейозе у Neurospora. Сайленсинг асинапсных хромосом у мыши. Дисфункция половой хромосомы у Drosophila) (ОПК-1.1)
<b>Раздел 2 «Генетическая модификация растений»</b>		
7.	Тема 3.1 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»	«Молчащий» хроматин в центромерах необходим для опосредования когезии сестринских центромер и нормальной сегрегации хромосом. Эпигенетическое наследование функционального состояния центромеры. Различные механизмы сайленсинга у грибов). Neurospora crassa: история и особенности организма (Метилирование ДНК у Neurospora. RIP – система защиты генома, имеющая как генетические, так и эпигенетические аспекты. Исследования реликтов RIP позволило проникнуть в контроль метилирования ДНК. «Подавление» (quelling). Мейотический сайленсинг, осуществляемый неспаренной ДНК (MSUD). Вероятные функции и практическое использование RIP, «подавления» и MSUD) (ПКос-1.1)
8.	Тема 3.2 «Эпигенетическая регуляция у растений»	Молекулярные компоненты путей опосредованного РНК- сайленсинга (Выработка РНК-зависимого сайленсинга у растений. Путь 1: связанное с трансгенами посттранскрипционное и индуцированное вирусами замалчивание генов (PTGS/VICS). Путь 2: регуляция развития растений miРНК и транс-действующими siРНК. Путь 3: связанный с трансгенами транскрипционный сайленсинг, направляемое РНК метилирование ДНК и образование гетерохроматина). Эпигенетическая регуляция без участия РНК (ПКос-1.1)
9.	Тема 3.3 «Метилирование ДНК у млекопитающих»	Притяжение белков, связывающихся с метил-CpG. MeCP2 и синдром Ретта. MBD2 опосредует зависящую от метилирования репрессию транскрипции). Метилирование ДНК, мутации и стабильность хромосом (Метилирование

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела и темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
		ДНК и мутации. Метилирование ДНК и нестабильность хромосом). Будущие направления исследований (Факторы внешней среды, индуцирующие эпигенетические изменения. Эпигенетическая нестабильность и комплексные заболевания. Модуляция обратимых эпигенетических состояний) (ПКос-1.1)

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

<b>№ п/п</b>	<b>Тема и форма занятия</b>	<b>Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий</b>	
1.	«Эпигенетика: от явления к области науки»	Л	Лекция-дискуссия
2.	«Модификации хроматина и механизм их действия»	ПЗ	Мозговой штурм
3.	«Грибы как модельные объекты эпигенетики»	Л	Лекция-дискуссия
4.	«Эпигенетическая регуляция у растений»	ПЗ	Мозговой штурм

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

6.1.1. Примерные вопросы для обсуждения на практических занятиях

*Практическое занятие № 1 «Основные понятия эпигенетики»*

1. Генетика vs. Эпигенетика.
2. Модельные системы для изучения эпигенетики.
3. Определение эпигенетики.

*Практическое занятие № 2 «Модификации хроматина и механизм их действия»*

1. Регуляторная роль гистонов и ацетилирования в транскрипции.
2. Ацетилирование и деацетилирование.
3. Фосфорилирование.

*Практическое занятие № 3 «Варианты гистонов»*

1. Упаковка ДНК архитектурными белками.
2. Эукариотические коровые гистоны.
3. Откладывание основной массы гистонов после репликации ДНК.

*Практическое занятие № 4 «Эпигенетическая регуляция хромосомного наследования»*

1. Хромосомная наследственность.
2. Эпигенетическая регуляция репликации ДНК, reparации и теломер
3. Эпигенетическая регуляция идентичности и функции центромер

*Практическое занятие № 5 «Грибы как модельные объекты эпигенетики»*

1. *Schizosaccharomyces pombe*: модельный организм
2. *Neurospora crassa*: история и особенности организма

*Практическое занятие № 6 «Эпигенетическая регуляция у растений»*

1. Преимущества использования растений в эпигенетических исследованиях
2. Молекулярные компоненты хроматина у растений
3. Молекулярные компоненты путей опосредованного РНКі сайленсинга

*Практическое занятие № 7 «Метилирование ДНК у млекопитающих»*

1. Механизм клеточной памяти
2. Происхождение паттернов метилирования ДНК
3. Регуляция экспрессии генов метилированием ДНК

6.1.2. Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет):

1. История эпигенетики.
2. ДНК в соматических клетках организма.
3. Роль метилирования ДНК.
4. Роль хроматина.
5. Модельные системы для изучения эпигенетики.
6. Хроматиновая матрица.
7. Модификации гистонов и гистоновый код.
8. Комплексы, осуществляющие ремоделинг хроматина, и варианты гистонов.
9. Метилирование ДНК.
10. РНКи и сайленсинг генов, направляемый РНК.
11. Инактивация X-хромосомы и факультативный гетерохроматин.
12. Эпигенетический контроль.
13. Модификации хроматина и механизм их действия
14. Упаковка ДНК архитектурными белками.
15. Эукариотические коровые гистоны.
16. H2AZ в регулировании транскрипции.
17. Белковые комплексы для откладки и замещения вариантов H2A.
18. Хромосомная наследственность.
19. Эпигенетическая регуляция репликации ДНК, reparации и теломер
20. Эпигенетическая регуляция идентичности и функции центромер
21. *Schizosaccharomyces pombe*: модельный организм

22. *Neurospora crassa*: история и особенности организма
23. Преимущества использования растений в эпигенетических исследованиях
24. Молекулярные компоненты хроматина у растений
25. Молекулярные компоненты путей опосредованного РНКи сайленсинга
26. Эпигенетическая регуляция без участия РНК
27. Механизм клеточной памяти
28. Происхождение паттернов метилирования ДНК
29. Регуляция экспрессии генов метилированием ДНК
30. Метилирование ДНК, мутации и стабильность хромосом

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

**Зачет – «зачтено», «не зачтено».**

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Таблица 7

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Зачтено	заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом; в основном сформировал практические навыки.
Не зачтено	заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Сельскохозяйственная биотехнология : учебник для студ. вузов / В. С. Шевелуха, Е. А. Калашникова, С. В. Дегтярев ; ред. В. С. Шевелуха. - М. : Высшая школа, 1998. - 416 с. : ил.
2. Основы биотехнологии : учебное пособие / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Москва : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. - 186 с.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Основы биотехнологии. Практикум : учебное пособие / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян [и др.]. – Москва : КноРус, 2023. – 160 с.
2. Калашникова, Е. А. Основы биотехнологии : учебное пособие / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко, Р. Н. Киракосян. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : КноРус ; Москва : КНОРУС, 2022, 2023. – 227 с.

3. Браун, Т. А. Геномы / Т. А. Браун. – Москва : Ин. компьютерных исслед., 2011. – 921 с.

4. Патрушев, Л. И. искусственные генетические системы / Л. И. Патрушев ; российская академия наук, Институт биоорганической химии им. Академиков М. М. шемякин и Ю. А. Овчинникова (Москва) = Artificial genetic systems / L. I. Patrushev : монография. Т. 1. Генная и белковая инженерия = Genetic and protein engineering. – Москва : Наука, 2004. – 526 с.

### **7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Практикум по биотехнологии растений / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко, Н. П. Карсункина, М. Р. Халилуев ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. - 148 с.

2. Лабораторный практикум по культуре клеток и тканей растений / Е. А. Калашникова, М. Ю. Чередниченко, Р. Н. Киракосян, С. М. Зайцева ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). - М.: Росинформагротех, 2017. - 140 с.

### **8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 8

#### **Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
1	2
Учебная лаборатория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Учебный корпус № 37, аудитории № 212, 303-308, 314)	Система очистки воды Hydrurus Ultra Flow, № 410124000603648 Комплект оборудования для очистки и обеззараживания воздуха, № 410124000603649 Стерилизатор паровой форвакуумный СПГА-100-1-НН В, № 210124558132517 Бокс микробиологический безопасности БМБ-II «Ламинар-С» по ТУ 32.50.50-010-51495026-2020 в исполнении: БМБ-II-«Ламинар-С»-1,5, № 210124558132419, № 210124558132418, № 210124558132420, № 210124558132421, № 210124558132422 Климатическая камера «Лаборатория биофотоники», № 410124000603662, № 410124000603663 Комплект климатических установок (фитotron), № 210124558132659, № 210124558132660 Комплекс контролируемого фотонного излучения для роста растений (люминесцентный), № 410124000603660 Комплекс контролируемого фотонного излучения

	для роста растений (светодиодный), № 410124000603659 Шейкер инкубатор DW-SI-D2403, Drawell, № 410124000603704 Шейкер - инкубатор с охлаждением CRYSTE, модель PURICELL_SHAKING X10, № 410124000603688 Спектрофотометр K5500Plus, Drawell № 410124000603673 Лиофильная сушилка, LFD-10A, Laboao, № 410124000603685 Комплект лабораторного оборудования пробоподготовки для биотехнологических исследований, № 410124000603692 Центрифуга лабораторная с охлаждением TGL18C,Nanbei, № 410124000603681 Льдогенератор XB-50, Scientz, № 410124000603690 Амплификатор детектирующий "ДТпрайм" по ТУ 9443- 004-96301278-2010 в модификации 5М6, № 410124000603637, № 410124000603638 Гельдокументирующая система QUANTUM-CX5 Edge - Epi UV PadBox, № 410124000603639 Гомогенизатор лабораторный RCP 24, № 410124000603640 Электропоратор для клеток эукариот, прокариот и растений CRY-3B, Scientz, № 410124000603691 Термостат Binder, № 210134000004208 Интерактивная панель, № 410124000603731 Рабочая станция с предустановленным программным обеспечением, № 210134000018973 Рабочая станция, № 210134000019227-210134000019242
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Читальные залы библиотеки.	

## 9. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Для успешного усвоения каждой из тем дисциплины «Эпигенетика» студент должен внимательно прослушать и конспектировать лекцию по конкретной теме, подготовиться к выполнению практической работы, выполнить практическую работу в лаборатории и защитить ее, выполнить домашнее задание и в срок сдать его на проверку. Для самоконтроля студентов предназначены контрольные вопросы.

Для конспектирования лекций рекомендуется завести отдельную тетрадь из 96 листов. Конспект каждой лекции следует начинать с названия темы лекции и указания даты ее проведения. Все заголовки разделов лекции следует четко выделять, например, подчеркиванием. Во время лекции следует внимательно следить за ходом мысли лектора и записывать важнейшие определения, разъяснения, формулы, термины. Также нужно стараться воспроизводить в конспекте рисунки и таблицы, которые демонстрирует лектор. При самостоятельной работе студента с конспектом лекций следует

осуществлять самопроверку, то есть следить за тем, чтобы освоенным оказался весь материал, изложенный в лекции. Материал, который кажется студенту недостаточно понятным, следует проработать по учебнику и воспользоваться помощью преподавателя на консультациях. Работать с конспектом лекций следует еженедельно, внося в него свои дополнения, замечания и вопросы (для этого в тетради следует оставлять широкие поля).

Для подготовки и фиксирования практических работ следует завести лабораторный журнал (тетрадь). При подготовке к практической работе необходимо составить краткий (1-2 страницы) конспект теоретического материала, на котором основана данная практическая работа и ход ее выполнения. Для подготовки конспекта используют практикум, главы или разделы учебника, рекомендованные преподавателем и конспект лекций. Также при домашней самостоятельной подготовке к практической работе нужно начертить таблицы, приведенные в практикуме, и, если требуется, произвести необходимые для проведения работы расчеты. Домашняя подготовка является необходимой частью практической работы, без нее невозможен осмысленный подход к выполнению экспериментов и измерений. Кроме того, ограниченное время, отводимое на выполнение практической работы, требует хорошо скорректированных действий студента, к которым также необходимо предварительно подготовиться. После завершения экспериментальной части работы необходимо произвести обработку полученных результатов, сделать выводы и защитить работу у преподавателя.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекцию, представляет конспект по теме лекции. При пропуске практического занятия студент представляет конспект по теме пропущенного занятия. Оценка конспектов – зачленено, не зачленено.

## **10. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Главная задача дисциплины «Эпигенетика» - сформировать у студентов целостное представление о геноме и эпигеноме; дать представление о механизмах и возможностях использования эпигенетической наследственности и изменчивости.

При преподавании дисциплины необходимо ориентироваться на современные образовательные и информационные технологии. Необходимо проводить устный опрос студентов и контролировать выполнение заданий. Контрольные вопросы выдаются студентам по разделам и темам непосредственно перед их изучением. Акцент делается на активные методы обучения на практических занятиях и интерактивной форме обучения.

**Программу разработал:**

Чередниченко М.Ю., канд. биол. наук, доцент



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины ФТД.02 «Эпигенетика»  
ОПОП ВО З++ по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», направленность  
«Биоинженерия и бионанотехнологии» (квалификация выпускника – магистр)

Таракановым Иваном Германовичем, заведующим кафедрой физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, доктором биологических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Эпигенетика» ОПОП ВО по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», направленность «Биоинженерия и бионанотехнологии» (магистратура), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре биотехнологии (разработчик – Чередниченко Михаил Юрьевич, доцент кафедры биотехнологии, кандидат биологических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Эпигенетика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по направлению 19.04.01 – «Биотехнология». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – ФТД.В.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС направления 19.04.01 – «Биотехнология».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Эпигенетика» закреплено 2 **компетенции (2 индикатора)**. Дисциплина «Эпигенетика» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Эпигенетика» составляет 2 зачётных единицы (72 часа).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Эпигенетика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.04.01 – «Биотехнология» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие специальных требований к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области геномного редактирования в профессиональной деятельности магистра по данному направлению подготовки.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Эпигенетика» предполагает проведение 4 занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 19.04.01 – «Биотехнология».

11. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос в форме обсуждения отдельных вопросов), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой,

осуществляется в форме зачета, что соответствует статусу дисциплины как факультатива – ФТД ФГОС ВО 3++ направления 19.04.01 – «Биотехнология».

12. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовых учебников), дополнительной литературой – 4 наименования и соответствует требованиям ФГОС направления 19.04.01 – «Биотехнология».

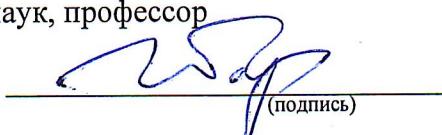
14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Эпигенетика» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Эпигенетика».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Эпигенетика» ОПОП ВО по направлению 19.04.01 – «Биотехнология», направленность «Биоинженерия и бионанотехнологии» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Чередниченко М.Ю., доцентом кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом биологических наук соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Тараканов И.Г., профессор кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор биологических наук, профессор



(подпись)

«30» 08 2024 г.