


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет» (Новосибирский государственный  
университет, НГУ)

---

Факультет естественных наук

  
Согласовано  
Декан ФЕН  
Резников В.А.  
\_\_\_\_\_

*подпись*

« 17 » августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ II. ГЕНЕТИКА РАЗВИТИЯ**

направление подготовки: 06.04.01 Биология

направленность (профиль): Биология

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.б.н., профессор кафедры  
цитологии и генетики ФЕН НГУ Серов О. Л.

Руководитель программы:

Заведующий кафедрой цитологии и генетики ФЕН НГУ  
д.б.н., профессор Рубцов Н.Б.

Новосибирск, 2021

## Содержание

|   |          |
|---|----------|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....   | 3        |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....   | 3        |
| 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося..... | 3        |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....  | 4        |
| <b>5. Перечень учебной литературы.....</b>  | <b>7</b> |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся...   | 7        |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....   | 8        |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....  | 8        |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....   | 8        |

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

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)   | Индикаторы  | Результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|---|
| ПК-4. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области биологии, охраны окружающей среды или смежных с биологией науках. | ПК-4.1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными. | -знать основные закономерности развития мыши и дрозофилы;<br>-уметь систематизировать информацию, полученную в ходе НИР, анализировать ее и сопоставить с литературными данными |
|   | ПК-4.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы полученных результатов.                     | -знать основные гены, регулирующие развитие животных;<br>-уметь определять возможные направления развития работ и перспективы полученных результатов.                           |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Биология развития-II. Генетика развития» опирается на следующие дисциплины:

Клеточная биология (знание механизмов митоза и мейоза, структуры и функции хромосом, структурной организации клеточных процессов);

Молекулярная биология (молекулярные механизмы реализации генетической информации и генной регуляции);

Генетика (механизмы реализации генетической информации, гены развития, механизмы инактивации X-хромосомы).

Эмбриология (эмбриональное развитие насекомых и млекопитающих).

Результаты освоения дисциплины «Биология развития-II. Генетика развития» используются в следующих в профилирующих дисциплинах данной ООП профилей «Цитология и генетика».

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины –2з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: экзамен

| № | Вид деятельности                      | Семестр |
|---|---------------------------------------|---------|
|   |                                       | 1       |
| 1 | Лекции, ч                             | 32      |
| 2 | Практические занятия, ч               | -       |
| 3 | Лабораторные занятия, ч               | -       |
| 4 | Занятия в контактной форме, ч, из них | 36      |
| 5 | из них аудиторных занятий, ч          | 32      |
| 6 | в электронной форме, ч                | -       |

|    |                             |    |
|----|-----------------------------|----|
| 7  | консультаций, ч             | 2  |
| 8  | промежуточная аттестация, ч | 2  |
| 9  | Самостоятельная работа, ч   | 36 |
| 10 | Всего, ч                    | 72 |

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Лекции (32ч)

| Наименование темы и их содержание  | Объем,<br>Час |
|--|---------------|
| <b>Организация эукариотического генома.</b>  |               |
| <p>Введение в предмет. Общие понятия: типы развития – мозаичный и регуляционный, тотипотентность яйца и плюрипотентность эмбрионального генома в раннем развитии, детерминация как элемент эмбриональной дифференцировки, морфогенез и его составляющие - гистогенез и органогенез, метаморфоз и рост.</p> <p>Феногенетика. Задачи генетики развития: время и место действия гена. Методы: анализ мутантов, мозаики, материнские эффекты, анализ экспрессии генов на уровне транскрипции и трансляции; манипуляции с генами и эмбрионами, генетическая модификация генома как инструмент анализа функций генов эукариотического генома.</p> <p>Основные типы ДНК и компоненты генома: повторы и гены, теломеры и центромеры, мобильные генетические элементы. Функциональная классификация генов и роль разных категорий генов в фенотипическом разнообразии дифференцированных клеток.</p> <p>Сколько генов и какая доля генома контролирует развитие. Структурные изменения ДНК в ходе развития и клеточной дифференцировки: перестройки генов, диминуция хроматина, элиминация хромосом.</p> <p>Дифференциальная активность генов – современная парадигма развития. Роль эпигенетической модификации генома в развитии и дифференцировке.</p> | 2             |
| <b>Развитие дрозофилы.</b>   |               |
| <p>Овогенез и становление позиционной информации в яйце. Оплодотворение.</p> <p>Характеристика стадий развития: ранний и поздний эмбриогенез, личиночные стадии развития, куколочная стадия развития, имаго. Тотипотентность яйца и детерминация клеточной бластодермы. Феномен митотической регионализации бластодермы. Гинандроморфы и мозаики как инструмент изучения детерминации. Имагинальные диски и феномен компарментализации. Трансдетерминация.</p>   | 2             |
| <b>Гены развития дрозофилы.</b>  |               |
| <p>Классификация генов развития: гены материнского эффекта, гены сегментации и гомеозисные гены.</p> <p>Роль материнских генов в становлении переднезадней и дорзально-вентральной осей эмбриона и позиционной информации. Значение экспрессии генов сегментации группы “gap” в прочтении позиционной информации, созданной материнскими генами. Молекулярная сегментация синтициальной бластодермы под контролем генов сегментации группы pair-rule. Парасегменты и становление их границ под контролем генов wingless,</p>   | 2             |

|  |   |
|--|---|
| engrailed, fushi-tarazu и др.  |   |
| <b>Гомеозисные гены комплексов ANT-C и BX-C, их структура и организация у дрозофилы и млекопитающих.</b>   |   |
| Иерархическая регуляция и взаимодействие генов комплексов ANT-C и BX-C; анализ компаундов и трансгенных мух. Эволюционный консерватизм гомеозисных генов и кластерной их организации. Роль гомеозисных генов в становлении осевых координат в развитии млекопитающих.  | 2 |
| <b>Раннее развитие мышцы и экспрессия генов в развитии мышцы.</b>  |   |
| Раннее развитие мышцы как пример регуляционного типа развития. Организация яйца и оплодотворение. Деления-дробления, первые признаки эмбриональной дифференцировки – компактизация и кавитация. Формирование бластоцисты и первичных экто – и энтодермы и трофобласты. Обособление клеток внутренней массы и выделение зачатка первичных половых клеток. Имплантация, гаструляция и образование мезодермы. Тотипотентность и ее становление в раннем развитии. Плюрипотентность и оценка ее уровня – тест на химеризм. Асинхронность дифференцировки и обратимость утраты плюрипотенции. Асинхронность утраты потенциалов в развитии млекопитающих, стволовые клетки тканей взрослого животного как источник регенерации. Активность генома в первых делениях дробления до стадии бластоцисты. | 4 |
| <b>Геномные события в раннем развитии</b>  |   |
| 3D-организация генома в процессе гаметогенеза и раннем развитии. Динамика структуры топологических ассоциированных доменов (ТАД) в доимплантационный период. Геномное деметилирование ДНК в мужском и женском пронуклеусах, активное и пассивное деметилирование, метилирование de novo в раннем развитии. Активность генома в первых делениях дробления до стадии бластоцисты. «Пучковая» (координированная) активация генов. Эволюционный консерватизм этих систем на примере млекопитающих и дрозофилы.   | 2 |
| <b>«Обратное развитие». Перепрограммирование геномов млекопитающих посредством переноса ядер соматических клеток в энуклеированные ооциты. «Клонирование животных».</b>  |   |
| Клонирование животных с помощью трансплантации ядер дифференцированных клеток в энуклеированные ооциты. Развитие реконструированных ооцитов, выход клонированных животных и причины их гибели из-за несовершенства перепрограммирования. Клонированные животные не есть совершенные копии, как следствие неполного перепрограммирования. Зависимость перепрограммирования от уровня дифференцировки соматических клеток – доноров ядер. Клонированные животные и эмбриональные стволовые (ЭС) клетки как источники получения необходимых для нужд медицины специализированных клеток: нейроглии, кардиомиоцитов и др. Перспективы управляемой дифференцировки in vitro.  | 2 |
| <b>Перепрограммирование геномов соматических клеток млекопитающих. «Коктейль Яманака»</b>  |   |
| Перепрограммирование геномов соматических клеток с помощью экзогенной экспрессии рекомбинантных генов: Oct4, Sox2, Klf4, c-Myc – получение индуцированных плюрипотентных стволовых клеток (ИПСК). Динамика перепрограммирования: «гашение» экспрессии клеточно-(ткане-)специфичных генов в реципиентном геноме, активация эндогенных   | 2 |

|   |   |
|---|---|
| <p>генов раннего развития, реактивация неактивной X-хромосомы, активация теломеразной активности. Полнота перепрограммирования по данным транскриптомного анализа и тесты на плюрипотентность: химеризм, технология allESC-derivedmice, эмбрионидные тельца. Направленная дифференцировка invitro ИПСК в специализированные соматические клетки. Перспектива развития регенеративной медицины.</p>  |   |
| <p><b>Перепрограммирование генома дифференцированных клеток при гибридизации их с ЭС клетками</b></p>   |   |
| <p>Ростовые и транскрипционные факторы, регулирующие направление дифференцировки эмбриональных клеток. Использование потенциала ЭС клеток для перепрограммирования генома дифференцированных клеток, техника получения гибридных клеток между ЭС клетками и дифференцированными клетками взрослого животного. Реактивация неактивной X-хромосомы. Гетерокарионы и гибридные клетки с альтернативной манифестацией родительских геномов.</p>   | 2 |
| <p><b>Инактивация X-хромосом млекопитающих</b></p>  |   |
| <p>Инактивация X-хромосомы млекопитающих как пример дифференциальной активности генома на хромосомном уровне.<br/>         Организация X-хромосомы млекопитающих, ее эволюционный консерватизм у планцентарных и особенности организации у сумчатых и однопроходных.<br/>         Компенсация дозы гена и инактивация одной из X-хромосом как механизм реализации компенсации. Организация район гомологичного спаривания с У-хромосомой (псевдоаутосомный). Время инактивации материнской и отцовской X-хромосом в доимплантационных эмбрионах, асинхронность инактивации в трофэктодерме и внутренней клеточной массе. Случайнаяинактивация родительских X-хромосом и предпочтительная инактивация отцовской X-хромосомы. Стабильность инактивации в развитии и взаимоотношения между двумя клеточными популяциями с активными разными родительскими X-хромосомами. Генетические данные о центре инактивации, роль его аллелей в отклонении от случайнойинактивации. Молекулярные механизмы инактивации X-хромосом, роль Xist и Tsx локусов в контроле инактивации. Метилирование ДНК как ведущий фактор в поддержании неактивного состояния X-хромосомы.</p> | 2 |
| <p><b>Импринтинг генов у млекопитающих</b></p>  |   |
| <p>Гаметический, хромосомный и генный импринтинг у млекопитающих. Развитие гиногенетических и андрогенетических эмбрионов, роль материнского и отцовского геномов в контроле развития различных частей эмбриона. Гаметический импринтинг у разных видов млекопитающих и человека.<br/>         Хромосомный импринтинг в экспериментах с нули- и дисомными геномами по аутосомам. Фенотипическое проявление мутаций в зависимости от материнского и отцовского наследования. Молекулярные механизмы импринтинга, понятие о центрах импринтинга, роль метилирования ДНК в этом явлении. Наследственные заболевания человека, связанные с мутациями, нарушающими импринтинг.</p>   | 2 |
| <p><b>Трансгенез или перенос генов в геном животных</b></p>   |   |
| <p>Методы получения трансгенных животных с помощью микроинъекций рекомбинантных ДНК в пронуклеус зигот. Механизмы интеграции чужеродной ДНК, идентификация трансгенных животных, трансген как облигатный компонент генома трансгенных животных,</p>   | 4 |

|  |  |
|--|--|
| <p>особенности наследования трансгенов при интеграции их на одно-, двух- и четырех клеточной стадиях развития, мозаичность трансгенных животных. Копийность трансгенов и «эффект положения», эктомическая и мозаичная экспрессии трансгенов. Инсерционный мутагенез (интеграция трансгена) и его последствия. Техника поиска функциональных сайтов в промоторах с использованием генов репортеров. Особенности трансгенеза у дрозофилы с использованием Р-элементов. Микроинъекции рекомбинантных ДНК в полярную зону ранних эмбрионов дрозофилы. Организация Р-элементов и использование их концевых повторов в конструировании векторов. Идентификация трансгенных мух.</p> <p>Адресные модификации генома млекопитающих – от генов до хромосом. На чем основана CRISPR/Cas9 технология?</p> |  |
|--|--|

#### Самостоятельная работа студентов (36ч)

| Перечень занятий на СРС          | Объем, час |
|----------------------------------|------------|
| Подготовка доклада и презентации | 18         |
| Подготовка к дифзачету           | 18         |

## 5. Перечень учебной литературы

### 5.1 Основная литература

1. Гилберт С.Ф. Биология развития : Санкт-Петербург :Информ-Планета : Политехника, 2010, 828 с.(5 экз.)
2. Гилберт С. *Биология развития. т.1-3*, «Мир», Москва, 1993-1998. (4 экз.).
3. Рэфф Р., Кофман Т. *Эмбрионы, гены и эволюция*. «Мир», Москва, 1986 (5 экз.).

### 5.2 Дополнительная литература

4. Корочкин Л.И. *Введение в генетику развития*. «Наука», Москва, 1999 (1 экз.).
5. Корочкин Л.И. *Биология индивидуального развития*. Из-во Московского университета, Москва, 2002 (1 экз.).

## 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

6. Серов О.Л. *Гены развития дрозофилы*. Электронный курс-мультимедийная презентация на сайте НГУ <http://www.nsu.ru/education/biology/devgen/>
7. Серов, О.Л.; Баттулин Н.Р. Генетика развития. Электронный курс-мультимедийная презентация на сайте НГУ <http://www.nsu.ru/xmlui/handle/nsu/69> , <http://fen.nsu.ru/fen.phtml?topic=meth>

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателями (синхронное и асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

### **7.1 Современные профессиональные базы данных:**

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
- Геномный браузер Ensembl: <https://www.ensembl.org/index.html>
- Эпигеномный браузер Encode: <https://encodeproject.org/>
- База данных OMIM: <https://www.omim.org/>

### **7.2. Информационные справочные системы**

*Не используются*

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

- OS Windows 7, 8, 10
- MicrosoftOfficeили Libre Office
- Интернет-браузер

### **8.2 Информационные справочные системы**

не используется

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в Разделе 1.

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль успеваемости:***

Традиционная форма лекций. **Текущий контроль** осуществляется в виде устного опроса в начале занятия по теме предыдущей лекции. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации. Для организации и контроля самостоятельной



работы, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии.

**Промежуточная аттестация:**

Освоение теоретической части оценивается на экзамене, который проводится в устной форме.

| Код компетенции | Индикатор  | Результат обучения по дисциплине  | Оценочное средство |
|-----------------|--|---|--------------------|
| ПК-4            | ПК-4.1.<br>Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными. | -знать основные закономерности развития мыши и дрозофилы;<br>-уметь систематизировать информацию, полученную в ходе НИР, анализировать ее и сопоставить с литературными данными | Экзамен            |
|                 | ПК-4.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы полученных результатов.                        | -знать основные гены, регулирующие развитие животных;<br>-уметь определять возможные направления развития работ и перспективы полученных результатов.                           | Экзамен            |

**10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине**

| Критерии оценивания результатов обучения  | Шкала оценивания |
|---|------------------|
| <p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота понимания и изложения материала, умение приводить конкретные биологические примеры, подтверждающие общие закономерности</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>– наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы,</li> <li>– правильное решение предложенных задач.</li> </ul> <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить неприципиальные неточности.</p> | Отлично          |
| <p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота понимания и изложения материала. Знание общих генетических закономерностей, без приведения конкретных примеров, их подтверждающих</li> <li>– точность и корректность применения терминов и понятий,</li> <li>– наличие ответов на дополнительные вопросы,</li> <li>– правильное решение предложенных задач.</li> </ul>  | Хорошо           |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета и дополнительные вопросы обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.  |                            |
| <p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Знание базовых генетических закономерностей, без приведения конкретных примеров, их подтверждающих; возможно не полное представлениями о достижениях молекулярной генетики последних 5-10 лет</li> <li>– неточности в применении терминов и понятий генетики, при условии понимания общей идеи терминов и недопущении грубых ошибок в терминологии <ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие ответов на часть (не менее половины) дополнительных вопросов,</li> </ul> </li> </ul> | <i>Удовлетворительно</i>   |
| <p><b>Экзамен:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала</li> <li>– непонимание причинно-следственных связей,</li> <li>– отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий генетики, <ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие ответов на дополнительные вопросы</li> </ul> </li> </ul>   | <i>Неудовлетворительно</i> |

### ***10.3 Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

#### **Примеры вопросов для текущего контроля:**

1. Типы развития – мозаичный и регуляционный.
2. Тотипотентность яйца и плюрипотентность эмбрионального генома в раннем развитии. Детерминация как элемент эмбриональной дифференцировки.
3. Морфогенез и его составляющие - гистогенез и органогенез, метаморфоз и рост.
4. Феногенетика. Задачи и методы.
5. Основные типы ДНК и компоненты генома.
6. Функциональная классификация генов и роль разных категорий генов в фенотипическом разнообразии дифференцированных клеток.
7. Сколько генов и какая доля генома контролирует развитие.
8. Структурные изменения ДНК в ходе развития и клеточной дифференцировки. Дифференциальная активность генов – современная парадигма развития.
9. Технологии манипулирования с генами, хромосомами и эмбрионами.
10. Методы получения трансгенных животных.
11. Механизмы интеграции чужеродной ДНК.
12. Идентификация трансгенных животных. Наследования трансгенов, копияность трансгенов и экспрессии трансгенов.
13. Инсерционный мутагенез и его последствия.
14. Техника поиска функциональных сайтов в промоторах с использованием генов репортеров.
15. Трансгенез у дрозофилы с использованием Р-элементов. Идентификация трансгенных мух.
16. Технологии получения эмбриональных стволовых (ЭС) клеток. Комбинирование ЭС клеток с эмбрионами и получение химерных животных.

17. ЭС клетки как вектор для создания трансгенных животных.
18. Технология «генной мишени» и «нокаута генов».
19. Гомологичная рекомбинация между экзогенной ДНК (рекомбинантной) и гомологичным сайтом в хромосоме.
20. Введение трансформированных ЭС клеток в полость бластоцисты. Оценка функции гена в развитии через получение направленных мутаций («нокаута») в гене-мишене.
21. Создание линий мышей с желаемыми хромосомными перестройками.
22. Гаметический, хромосомный и генный импринтинг у млекопитающих.
23. Развитие гиногенетических и андрогенетических эмбрионов.
24. Гаметический импринтинг у разных видов млекопитающих и человека.
25. Хромосомный импринтинг.
26. Фенотипическое проявление мутаций в зависимости от материнского и отцовского наследования.
27. Молекулярные механизмы импринтинга, понятие о центрах импринтинга, роль метилирования ДНК в этом явлении.
28. Наследственные заболевания человека, связанные с мутациями, нарушающими импринтинг.
29. Инактивация X-хромосомы млекопитающих как пример дифференциальной активности генома на хромосомном уровне.
30. Организация X-хромосомы млекопитающих.
31. Компенсация дозы гена и инактивация одной из X-хромосом как механизм реализации компенсации.
32. Организация район гомологичного спаривания с Y-хромосомой (псевдоаутосомный).
33. Время инактивации материнской и отцовской X-хромосом в доимплантационных эмбрионах.
34. Генетические данные о центре инактивации.
35. Молекулярные механизмы инактивации X-хромосом.
36. Метилирование ДНК как ведущий фактор в поддержании неактивного состояния X-хромосомы.
37. Клонирование животных.
38. Развитие реконструированных ооцитов, выход клонированных животных и причины их гибели.
39. Зависимость репрограммирования от уровня дифференцировки соматических клеток. Клонированные животные и ЭС клетки как источники получения специализированных клеток, необходимых для нужд медицины.
40. Управляемая invitrodифференцировка и репрограммирование ЭС клеток и клонирование животных.
41. Ростовые и транскрипционные факторы, регулирующие направление дифференцировки эмбриональных клеток.
42. Использование потенциала ЭС клеток для репрограммирования генома дифференцированных клеток.
43. Техника получения гибридных клеток между ЭС клетками и дифференцированными клетками взрослого животного. Мозаичное репрограммирование, восстановление теломеразной активности, реактивация и сайленсинг генов.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

| № | Характеристика внесенных изменений<br>(с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола<br>Ученого совета ФЕН | Подпись<br>ответственного |
|---|---|--|---------------------------|
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |
|   |   |  |                           |