

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ВЕРХНЕВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»)**

**ИНСТИТУТ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОИНЖЕНЕРИИ**

УТВЕРЖДЕНА  
протоколом заседания  
методической комиссии  
института  
№ 2 от «14» мая 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Геномные технологии в селекции и племенном деле»**

|                                        |                                                                      |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки / специальность | <b>36.03.02. «Зоотехния»</b>                                         |
| Направленность(и) (профиль(и))         | <b>«Генетика, генетические методы в<br/>практике животноводства»</b> |
| Уровень образовательной программы      | <b>Бакалавриат</b>                                                   |
| Форма(ы) обучения                      | <b>Очная</b>                                                         |
| Трудовоемкость дисциплины, ЗЕТ         | <b>4</b>                                                             |
| Трудовоемкость дисциплины, час.        | <b>144</b>                                                           |

Разработчик:

Доцент кафедры зооинженерии

Колганов А.Е.

(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой зооинженерии

Колганов А.Е.

(подпись)

Иваново 2026

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цель дисциплины «Геномные технологии в селекции и племенном деле» заключается в формировании у обучающихся системы углублённых знаний о современных геномных и молекулярно-биологических технологиях и прикладных профессиональных компетенций в области их применения для ускорения генетического прогресса, повышения точности оценки племенной ценности, контроля происхождения и качества продукции, а также управления генетическими ресурсами сельскохозяйственных животных в условиях цифровой трансформации животноводства.

Задачи дисциплины: Теоретико-методологические основы геномики: изучение принципов работы современных методов геномного анализа (высокопроизводительное секвенирование NGS, SNP-чипирование, ПЦР в реальном времени, электрофорез), а также биоинформатических подходов к обработке и интерпретации геномных данных. Полногеномная оценка и GWAS: освоение методологии полногеномного поиска ассоциаций (GWAS), расчёта геномной племенной ценности (GEBV), формирования и использования референсных популяций, а также интеграции геномных данных с фенотипическими в селекционных программах. Маркер-вспомогательная и геномная селекция: формирование навыков разработки программ MAS и GS для конкретных признаков (продуктивность, устойчивость к болезням, адаптивность), оценки их экономической эффективности и сравнения с традиционными методами селекции. Передовые биотехнологии модификации генома: изучение технологий редактирования генома (CRISPR/Cas9, TALEN, ZFN), трансгенеза, клонирования и репродуктивных биотехнологий, их практического применения и ограничений в животноводстве. Генетическая паспортизация и контроль качества: освоение методов ДНК-идентификации животных, контроля происхождения, выявления фальсификации продукции животного происхождения, а также генетического скрининга на наследственные заболевания. Нормативное регулирование, биоэтика и экономика: анализ нормативно-правовой базы применения геномных технологий в РФ и мире, оценка экономической эффективности их внедрения, а также изучение биоэтических аспектов и общественного восприятия геномных инноваций.

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

В соответствии с учебным  
планом дисциплина

относится к

Части, формируемой участниками образовательных отношений

Статус дисциплины

вариативная

Обеспечивающие  
(предшествующие)  
дисциплины, практики

Биотехника воспроизводства с основами акушерства, разведение животных, кормление животных, зоогигиена, научные основы полноценного кормления высокопродуктивных животных, скотоводство, свиноводство, овцеводство и козоводство, коневодство, птицеводство, кролиководство и звероводство, направленное выращивание ремонтного молодняка, научные основы кормления высокопродуктивных животных,

Обеспечиваемые  
(последующие)  
дисциплины, практики

ГИА

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) (ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

| Шифр и наименование компетенции                                                                                                                                                                                                      | Индикатор(ы) достижения компетенции / планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Номер(а) раздела(ов) дисциплины (модуля), отвечающего(их) за формирование данного(ых) индикатора(ов) достижения компетенции |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ПК-9</p> <p>Способен формировать и решать задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации</p> | <p>ИД-1ПК9<br/>Знать: Понятия и задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации</p> <p>ИД-2 ПК9<br/>Уметь: использовать в практической деятельности методы решения производственных задач связанных с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации</p> <p>ИД-3 ПК9<br/>Владеть: практическими навыками формирования и решения задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации</p> | все разделы                                                                                                                 |
| <p>ПК-10</p> <p>Способен владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных</p>                                                                                                               | <p>ИД-1ПК10<br/>Знать: Методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных</p> <p>ИД-2 ПК10<br/>Уметь применять методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных</p> <p>ИД-3 ПК10<br/>Владеть: Способностью владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | все разделы                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <p>ПК-11</p> <p>Способен применять современные методы исследований в области животноводства</p>                                                                                                                                                            | <p>ИД-1ПК11<br/>Знать: Современные методы исследований в области животноводства</p> <p>ИД-2 ПК11<br/>Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства</p> <p>ИД-3 ПК11<br/>Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>все разделы</p> |
| <p>ПК-12</p> <p>Способен использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</p>                                                                                                                      | <p>ИД-1ПК12<br/>Знать: Методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</p> <p>ИД-2 ПК12<br/>Уметь: Использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</p> <p>ИД-3 ПК12<br/>Владеть: Способностью использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</p>                                                                                                                                                           | <p>все разделы</p> |
| <p>ПК-1</p> <p>Способен выбирать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных</p> | <p>ИД-1ПК1<br/>Знать: Понятия, теоретические основы выбора и соблюдения режимов содержания животных, составления рационов кормления, прогнозирования последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных</p> <p>ИД-2 ПК1<br/>Уметь: Применять в практической деятельности выбирать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую</p> | <p>все разделы</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | оценку животных                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|  | ИД-3 ПК1<br>Владеть: Способен осознано использовать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных |  |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Содержание дисциплины (модуля)

###### 4.1.1. Очная форма:

| п                                             | Темы занятий                                                                                                               | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час. |                            |              |                        | Контроль знаний* | Применяемые активные и интерактивные технологии обучения                              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                                                                                                            | лекции                                    | практические (семинарские) | лабораторные | самостоятельная работа |                  |                                                                                       |
| 1. Теоретико-методологические основы геномики |                                                                                                                            |                                           |                            |              |                        |                  |                                                                                       |
| 1.1                                           | Современные методы геномного анализа: NGS, SNP-чипирование, ПЦР-РВ. Принципы работы и области применения в животноводстве. | 2                                         | 4                          | -            | 5                      | УО, Т            | Лекция-визуализация; Сравнительный анализ методов секвенирования и их стоимости       |
|                                               |                                                                                                                            |                                           |                            |              |                        |                  |                                                                                       |
| 1.2                                           | Биоинформатические подходы к обработке геномных данных: форматы файлов (FASTQ, VCF, BAM), базы данных (NCBI, Ensembl).     | 2                                         | 4                          | -            | 5                      | УО, ПР           | Практикум: базовый поиск и извлечение геномной информации из международных баз данных |
| 2. Полногеномная оценка и GWAS                |                                                                                                                            |                                           |                            |              |                        |                  |                                                                                       |
| 2.1                                           | Методология полногеномного поиска ассоциаций (GWAS): планирование, статистические модели, интерпретация «Манхэттенских     | 2                                         | 4                          | -            | 5                      | УО, ПР           | Анализ реальных результатов GWAS-исследований; Поиск значимых QTL-локусов             |
|                                               |                                                                                                                            |                                           |                            |              |                        |                  |                                                                                       |

| п   | Темы занятий                                                                                                                                                                                                                                                 | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час. |   |   |   | Контроль  | Применяемые                                                                                      |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|---|---|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.2 | графиков». Геномная оценка племенной ценности (GEBV): формирование референсных популяций, алгоритмы расчёта (ssGBLUP, Bayes), интеграция с фенотипом.                                                                                                        | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, ПР, 3 | Кейс-стади: расчёт GEBV для молодого бычка; Сравнение точности GEBV и традиционного EBV          |
| 3.  | <b>Маркер-вспомогательная и геномная селекция</b>                                                                                                                                                                                                            |                                           |   |   |   |           |                                                                                                  |
| 3.1 | Программы MAS и GS для продуктивных, репродуктивных и адаптивных признаков. Селекционные индексы с учётом геномных данных. Экономическая эффективность геномной селекции: расчёт ROI, сокращение генерационного интервала, анализ затрат на генотипирование. | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, ПР    | Проектирование панели SNP-маркеров для конкретной селекционной цели хозяйства                    |
| 3.2 | Экономическая эффективность геномной селекции: расчёт ROI, сокращение генерационного интервала, анализ затрат на генотипирование.                                                                                                                            | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, Т, ПР | Экономико-математическое моделирование: окупаемость внедрения геномной селекции в молочном стаде |
| 4.  | <b>Передовые биотехнологии модификации генома</b>                                                                                                                                                                                                            |                                           |   |   |   |           |                                                                                                  |
| 4.1 | Редактирование генома (CRISPR/Cas9, TALEN, ZFN): принципы, практические примеры (безроговость, устойчивость к болезням). Отличие от трансгенеза. Репродуктивные биотехнологии в контексте геномики:                                                          | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, ПР    | Дискуссия по биоэтике; Анализ кейсов получения отредактированных сельскохозяйственных животных   |
| 4.2 | преимплантационная генетическая диагностика (ПГД), гиногенез, клонирование.                                                                                                                                                                                  | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, ПР    | Моделирование схемы получения потомства от элитных животных с использованием ПГД и криоконсерсии |
| 5.  | <b>Генетическая паспортизация и контроль качества</b>                                                                                                                                                                                                        |                                           |   |   |   |           |                                                                                                  |
| 5.1 | ДНК-идентификация и контроль происхождения: панели микросателлитов и SNP. Процедура                                                                                                                                                                          | 2                                         | 4 | - | 5 | УО, ПР    | Разбор практических ситуаций по контролю происхождения; Работа с генетическими паспортами        |

| п                                                         | Темы занятий                                                                                                                                                                                                                                                                  | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час. |    |   |    | Контроль  | Применяемые                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|---|----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.2                                                       | разрешения спорных случаев (исключения отца).<br>Генетический скрининг наследственных заболеваний и ДНК-экспертиза фальсификации продукции животного происхождения (видовая идентификация).                                                                                   | 2                                         | 4  | - | 5  | УО, Т, ПР | Разработка протокола элиминации рецессивных мутаций из племенного ядра; Анализ ПЦР-тестов на фальсификат |
| <b>6. Нормативное регулирование, биоэтика и экономика</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                           |    |   |    |           |                                                                                                          |
| 6.1                                                       | Нормативно-правовая база применения геномных технологий в РФ и мире.<br>Биоэтика, общественное восприятие и маркировка GMO/edited.<br>Стратегическое планирование: интеграция геномных технологий в долгосрочные селекционные программы и управление генетическими ресурсами. | 2                                         | 4  | - | 5  | УО, ПР    | Анализ законодательных актов; Дебаты: перспективы и ограничения редактирования генома в РФ               |
| 6.2                                                       | Итого:                                                                                                                                                                                                                                                                        | 20                                        | 40 | - | 57 | УО, 3     | Защита мини-проекта: комплексная стратегия перехода племенного хозяйства на геномные методы оценки       |
|                                                           | Форма контроля:                                                                                                                                                                                                                                                               | Экзамен (Э)                               |    |   |    |           |                                                                                                          |

УО – устный опрос, К – коллоквиум, Т – тестирование, Р – реферат, Д – доклад, КЗ – кейс-задача, Э – экзамен.

#### 4.1.2. Заочная форма:

| №<br>п/п | Темы занятий | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час. |                            |              |                        | Контроль знаний* | Применяемые активные и интерактивные технологии обучения |
|----------|--------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
|          |              | лекции                                    | практические (семинарские) | лабораторные | самостоятельная работа |                  |                                                          |
|          |              |                                           |                            |              |                        |                  |                                                          |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

УО – устный опрос, К – коллоквиум, Т – тестирование, Р – реферат, Д – доклад, КЗ – кейс-задача, Э – экзамен.

**4.2.1. Очная форма:**

| Вид занятий             | 1 курс |        | 2 курс |        | 3 курс |        | 4 курс |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                         | 1 сем. | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. | 5 сем. | 6 сем. | 7 сем. | 8 сем. |
| Лекции                  |        |        |        |        |        |        | 20     |        |
| Лабораторные            |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Практические            |        |        |        |        |        |        | 40     |        |
| Итого контактной работы |        |        |        |        |        |        | 60     |        |
| Самостоятельная работа  |        |        |        |        |        |        | 57     |        |
| Форма контроля          |        |        |        |        |        |        | Э      |        |

#### 4.2.2. Заочная форма:

| Вид занятий             | 1 курс |        | 2 курс |        | 3 курс |        | 4 курс |        | 5 курс |         |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                         | 1 сем. | 2 сем. | 3 сем. | 4 сем. | 5 сем. | 6 сем. | 7 сем. | 8 сем. | 9 сем. | 10 сем. |
| Лекции                  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Лабораторные            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Практические            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Итого контактной работы |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Самостоятельная работа  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Форма контроля          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 5.1. Содержание самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

#### Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

1. История и этапы развития геномных технологий в животноводстве: от первых ДНК-маркеров до полногеномной селекции.
2. Принципы организации генома сельскохозяйственных животных: размер, структура, повторяющиеся последовательности, функциональные элементы.
3. Сравнительная геномика сельскохозяйственных животных: общие и видовые особенности геномов КРС, свиней, овец, птицы, лошадей.
4. Методы выделения и очистки высокомолекулярной ДНК из различных биологических образцов (кровь, волосы, ткани, сперма).
5. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) и её модификации: ПЦР-РВ, ПЦР-ПДРФ, мультиплексная ПЦР, применение в животноводстве.
6. Высокопроизводительное секвенирование (NGS): платформы Illumina, Ion Torrent, PacBio, Oxford Nanopore, их возможности и ограничения.
7. Секвенирование нового поколения (third-generation sequencing): длинночитаемые технологии и их применение в сборке геномов.
8. Секвенирование полного генома (WGS), экзомное секвенирование (WES) и целевое секвенирование: сравнительный анализ областей применения.
9. Транскриптомика: RNA-seq, анализ экспрессии генов, применение в изучении продуктивных и адаптивных признаков.
10. Эпигеномика: метилирование ДНК, модификации гистонов, малые РНК, методы анализа (бисульфитное секвенирование, ChIP-seq).
11. Метатеномика в животноводстве: анализ микробиома рубца, кишечника, вымени и его влияние на продуктивность и здоровье.
12. SNP-чипирование: принципы работы, типы чипов (низкой, средней, высокой плотности), применение в геномной селекции.

13. Форматы хранения и передачи геномных данных: FASTQ, SAM, BAM, VCF, BED, их структура и особенности обработки.
14. Контроль качества геномных данных (QC): метрики Phred, фильтрация прочтений, удаление адаптеров, инструменты FastQC, Trimmomatic.
15. Выравнивание прочтений на референсный геном: алгоритмы BWA, Bowtie, STAR, оценка качества выравнивания.
16. Выявление и аннотация генетических вариантов: инструменты GATK, SAMtools, bcftools, фильтрация SNP и InDel.
17. Международные базы геномных данных: NCBI (GenBank, SRA, dbSNP), Ensembl, UCSC Genome Browser, их структура и возможности.
18. Специализированные базы данных по сельскохозяйственным животным: Animal QTLdb, FAANG, Dairy SNP Database, Wageningen Pig Genome Database.
19. Биоинформатические инструменты для функциональной аннотации генов: DAVID, g:Profiler, KEGG, Gene Ontology.
20. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS): методология, статистические модели (линейная, логистическая, смешанная), поправка на множественное тестирование.
21. Визуализация результатов GWAS: «Манхэттенские графики», QQ-plots, интерпретация уровня значимости ( $p < 5 \times 10^{-8}$ ).
22. Выявление QTL-локусов и генов-кандидатов: от статистических ассоциаций к биологическому смыслу, интеграция с функциональными данными.
23. Мета-анализ GWAS и транс-ресисивские исследования: объединение данных из разных популяций и видов.
24. Референсные популяции для геномной оценки: принципы формирования, требования к размеру, структуре, фенотипированию.
25. Методы расчёта геномной племенной ценности (GEBV): ssGBLUP, BayesA, BayesB, BayesCπ, Single-Step, их сравнительная эффективность.
26. Точность геномной оценки: факторы, влияющие на точность (размер референсной популяции, наследуемость признака, генетическая архитектура).
27. Валидация геномной оценки: методы перекрёстной проверки, независимые популяции, прогнозирование племенной ценности у молодых животных.
28. Геномная селекция в молочном скотоводстве: опыт США, Европы, России, экономический эффект, сокращение генерационного интервала.
29. Геномная селекция в мясном скотоводстве: специфика, признаки мраморности, нежности мяса, эффективности использования корма.
30. Геномная селекция в свиноводстве: особенности, признаки воспроизводства, качества мяса, устойчивости к болезням.
31. Геномная селекция в овцеводстве и козоводстве: шерстная продуктивность, молочность, адаптивные признаки.
32. Геномная селекция в птицеводстве: яичная и мясная продуктивность, специфика работы с линиями и кроссами.
33. Геномная селекция в коневодстве: спортивные, рабочие и продуктивные качества, особенности работы с малыми популяциями.
34. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): концепция, отличие от геномной селекции, практические примеры (ген DGAT1, миоастатин, калпаин).
35. Селекция на устойчивость к заболеваниям: гены главного комплекса гистосовместимости (BoLA, SLA), маркеры резистентности к маститу, лейкозу, респираторным болезням.
36. Селекция на адаптивные признаки: теплоустойчивость (ген slick), стрессоустойчивость, приспособленность к экстремальным условиям.

37. Селекция на репродуктивные качества: маркеры плодовитости, молочности материнского эффекта, лёгкости отёлов.
38. Селекция на качественные признаки продукции: гены мастей, мраморности, жирнокислотного состава молока и мяса.
39. Построение геномных селекционных индексов: интеграция геномных данных с экономическими весами признаков, адаптация к условиям хозяйства.
40. Экономическая эффективность геномной селекции: расчёт ROI, затрат на генотипирование, окупаемости внедрения.
41. Оптимизация затрат на генотипирование: импутация генотипов, использование чипов низкой плотности, стратегии выборочного генотипирования.
42. Интеграция геномных и фенотипических данных в программах управления стадом: Селэкс, Uniform-Agri, DairyComp, специализированные модули.
43. Система CRISPR/Cas9: принцип работы, типы редактирования (нокаут, вставка, замена), доставка в клетки животных.
44. Системы TALEN и ZFN: принцип работы, сравнение с CRISPR/Cas9, историческое значение.
45. Практические примеры редактирования генома сельскохозяйственных животных: безрогий КРС, свиньи устойчивые к РРСС, мускульные быки.
46. Трансгенные животные: методы получения, практическое значение (биофармацевтика, улучшенные продуктивные качества), примеры (AquaAdvantage, Enviropig).
47. Клонирование сельскохозяйственных животных: технология соматического переноса ядра (SCNT), достижения, ограничения, экономическая целесообразность.
48. Репродуктивные биотехнологии в геномном контексте: преимплантационная генетическая диагностика (ПГД), биопсия эмбрионов, гиногенез, андрогенез.
49. ДНК-идентификация и контроль происхождения: панели микросателлитных маркеров (ISAG рекомендации), SNP-панели, процедура исключения отца.
50. Генетические паспорта животных: структура, содержание, международное признание, интеграция с ФГИС «Племенное животноводство».
51. Генетический скрининг наследственных заболеваний: моногенные болезни КРС (BLAD, CVM, DUMPS), свиней (PSS, MH), овец, птиц.
52. Стратегии элиминации нежелательных мутаций из популяции: полный запрет использования носителей, контролируемое спаривание, геномный отбор.
53. ДНК-экспертиза фальсификации продукции животноводства: видовая идентификация мяса и молока, выявление растительных добавок, ПЦР-методы.
54. Генетическая трассируемость продукции: от животного до прилавка, системы маркировки, блокчейн-технологии.
55. Нормативно-правовая база применения геномных технологий в РФ: ФЗ «О племенном животноводстве», приказы Минсельхоза, ГОСТы.
56. Международное регулирование геномных технологий: правила WOAH, Codex Alimentarius, директивы ЕС, позиция FDA (США).
57. Биоэтические аспекты редактирования генома: дебаты в научном сообществе, общественное восприятие, позиции религиозных и экологических организаций.
58. Маркировка GMO и gene-edited продукции: различия в регулировании между странами, перспективы для российского экспорта.
59. Управление генетическими ресурсами в эпоху геномики: интеграция геномных данных в программы сохранения редких пород.
60. Стратегическое планирование перехода племенного хозяйства на геномные методы оценки: этапы, затраты, ожидаемые результаты, риски.
61. Цифровизация и большие данные в геномной селекции: интеграция с PLF, IoT-сенсорами, машинное обучение для прогнозирования.

62. Искусственный интеллект в геномной селекции: нейросетевые модели предсказания племенной ценности, интеграция мультимодальных данных.
63. Зарубежный опыт внедрения геномных технологий: лидирующие страны (США, Канада, Нидерланды, Новая Зеландия), их достижения и модели.
64. Российские научные центры и компании в области геномных технологий: НЦБИ, ВНИИ племенного дела, ООО «Геном», Селекс-Центр.
65. Перспективы развития геномных технологий в России: импортозамещение SNP-чипов, создание национальных референсных популяций, развитие биоинформатики.
66. Подготовка кадров для геномной селекции: необходимые компетенции зоотехника-селекционера, биоинформатика, междисциплинарное взаимодействие.
67. Публикационная активность и научные журналы в области геномики животных: Journal of Dairy Science, Genetics Selection Evolution, Frontiers in Genetics.
68. Будущее геномных технологий: pan-genomics, single-cell sequencing, пространственная транскриптомика, перспективы для животноводства.

## 5.2. Контроль самостоятельной работы

- Тестовые опросы;
- Оценка реферированных материалов, вынесенных на самостоятельное изучение;
- Оценка по выполнению индивидуальных заданий;
- Оценка результатов по итогам всех форм контроля принятых в рамках дисциплины

## 5.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

При выполнении самостоятельной работы рекомендуется использовать основную и рекомендованную литературу, методические указания разработанные на кафедре, а также интернет ресурсы. Организация самостоятельной работы студентов основана на ПВД-12 О самостоятельной работе обучающихся ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА ».

# 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## 6.1. Основная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

1. Ветеринарная генетика : учебное пособие / О. А. Попова, А. П. Хохлова, О. Е. Татьяничева [и др.]. — Белгород : БелГАУ им.В.Я.Горина, 2025. — 248 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/517182> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Карманова, Е. П. Практикум по генетике : учебное пособие для вузов / Е. П. Карманова, А. Е. Болгов, В. И. Митюшко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-9773-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200846> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Общая генетика : учебное пособие для вузов / Е. А. Вертикова, В. В. Пыльнев, М. И. Попченко, Я. Ю. Голиванов ; под редакцией Е. А. Вертикова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 112 с. — ISBN 978-5-507-50661-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/454442> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Разведение животных : Учебник для СПО / В. Г. Кахикало, Н. Г. Фенченко, О. В. Назарченко, С. А. Гриценко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-9086-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/184129> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Туников, Г. М. Разведение животных с основами частной зоотехнии / Г. М. Туников, А. А. Коровушкин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 744 с. — ISBN 978-5-507-45308-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264260> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Уколов, П. И. Ветеринарная генетика : учебник для вузов / П. И. Уколов, О. Г. Шараськина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 372 с. — ISBN 978-5-507-50769-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/462740> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных. Краткий курс лекций : учебное пособие / составитель Е. Н. Мартынова. — Ижевск : УдГАУ, 2021. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/422648> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **6.2.Дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины**

1. Биобезопасность в птицеводстве : монография / О. Н. Ястребова, Е. Н. Чернова, А. Н. Добудько [и др.]. — Белгород : БелГАУ им.В.Я.Горина, 2022. — 317 с. — ISBN 978-5-98242-353-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332018> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Митютко, В. И. Популяционная генетика : учебное пособие / В. И. Митютко, А. Ю. Алексеева. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2024. — 77 с. — ISBN 978-5-85983-495-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506621> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Повышение воспроизводительной способности молочных коров : учебное пособие / А. Е. Болгов, Е. П. Карманова, И. А. Хакана, М. Э. Хуобонен. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0942-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210521> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Текеев, М.Э. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ / М. Э. Текеев, Л. М. Салпагарова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2019. — № 6. — С. 276-279. — ISSN 2073-0853. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/311875> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ / М. В. Доронина, М. V. Doronina, А. О. Москалева, А. О. Moskaleva // Мир Инноваций. — 2022. — № 4 (23). — С. 82-85. — ISSN 2687-0460. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/369188> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Четвертакова, Е. В. Ветеринарная генетика: курс лекций : учебное пособие / Е. В. Четвертакова. — Красноярск : КрасГАУ, 2016. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187347> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. ОЦЕНКА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РОССИИ И В МИРЕ / Ю. В. Рогозинникова, Y. V. Rogozinnikova, А. А. Фатеева, А. А. Fateeva // АПК: инновационные технологии. — 2023. — № 4 (63). — С. 68-77. — ISSN 2687-0436. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/journal/issue/369302> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.3. Ресурсы сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины (модуля)**

1) Научная электронная библиотека e-library.ru / <http://e-library.ru>.

2) Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Электронная библиотека / <http://window.edu.ru>

### **6.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Митютько, В. И. Практикум по биометрии : учебное пособие / В. И. Митютько, А. Ю. Алексеева. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2024. — 53 с. — ISBN 978-5-85983-495-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506620> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Митютько, В. И. Частная генетика : учебное пособие / В. И. Митютько, А. Ю. Алексеева. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2022. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/406256> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Позднякова, Т. Э. Генетика: практикум для обучающихся по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния, профиль «Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных» : учебное пособие / Т. Э. Позднякова. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2023. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/340121> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Современные проблемы зоотехнии : учебное пособие / составители С. Г. Белокуров, Д. С. Казаков. — пос. Каравасово : КГСХА, 2021. — 104 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/252278> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.5. Информационные справочные системы, используемые для освоения дисциплины (модуля) (при необходимости)**

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.R: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. ЭБС ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА» имени академика Д.К. Беляева
3. ЭБС издательства «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>

### **6.6. Программное обеспечение, используемое для освоения дисциплины (модуля) (при необходимости)**

1. Операционная система типа Windows
2. Интернет-браузеры
3. Microsoft Office, Open Office.

### **6.7. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

LMS Moodle

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

| №<br>п/п | Наименование специальных помещений* и помещений для самостоятельной работы                                                                                | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа                                                                                                 | укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины, а также техническими средствами обучения (в том числе, переносными), служащие для представления учебной информации большой аудитории |
| 2.       | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации | укомплектована специализированной (учебной) мебелью, переносными техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации                                                                                                                                                                                                       |
| 3.       | Помещение для самостоятельной работы                                                                                                                      | укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации                                                                                                                                    |

**Приложение № 1**  
**к рабочей программе по дисциплине (модулю)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**Геномные технологии в селекции и племенном деле**

**1. Перечень компетенций, формируемых на данном этапе**

**1.1. Очная форма:**

| Шифр и наименование компетенции                                                                                                                                                                                           | Индикатор(ы) достижения компетенции / планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Форма контроля* | Оценочные средства                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3               | 4                                                                                                          |
| ПК-9<br>Способен формировать и решать задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации | ИД-1ПК9<br>Знать: Понятия и задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации<br>ИД-2 ПК9<br>Уметь: использовать в практической деятельности методы решения производственных задач связанных с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации<br>ИД-3 ПК9<br>Владеть: практическими навыками формирования и решения задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации | УО, К, Т, Э     | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |
| ПК-10<br>Способен владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных                                                                                                               | ИД-1ПК10<br>Знать: Методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных<br>ИД-2 ПК10<br>Уметь применять методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных<br>ИД-3 ПК10<br>Владеть: Способностью владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | УО, К, Т, Э     | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |
| ПК-11<br>Способен применять современные методы                                                                                                                                                                            | ИД-1ПК11<br>Знать: Современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-2 ПК11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | УО, К, Т, Э     | Вопросы для подготовки к устному опросу,                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| исследований в области животноводства                                                                                                                                                                                                           | Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-3 ПК11<br>Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             | коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену                                          |
| ПК-12<br>Способен использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных                                                                                                                      | ИД-1ПК12<br>Знать: Методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных<br>ИД-2 ПК12<br>Уметь: Использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных<br>ИД-3 ПК12<br>Владеть: Способностью использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УО, К, Т, Э | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |
| ПК-1<br>Способен выбирать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных | ИД-1ПК1<br>Знать: Понятия, теоретические основы выбора и соблюдения режимов содержания животных, составления рационов кормления, прогнозирования последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных<br><br>ИД-2 ПК1<br>Уметь: Применять в практической деятельности выбирать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных<br><br>ИД-3 ПК1<br>Владеть: Способен осознанно использовать и соблюдать режимы содержания животных, составлять рационы кормления, прогнозировать последствия изменений в кормлении, разведении и содержании животных и на этом основании проводить зоотехническую оценку животных | УО, К, Т, Э | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |

УО – устный опрос, К – коллоквиум, Т – тестирование, Р – реферат, Д – доклад, КЗ – кейс-задача, Э – экзамен.

## 2. Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на данном этапе их формирования

| Показатель и                                | Критерии оценивания*                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | неудовлетворительно                                                                                                                         | удовлетворительно                                                                                                                                                                                                                                  | хорошо                                                                                                                                                                                         | отлично                                                                                                                                                                                            |
|                                             | не зачтено                                                                                                                                  | зачтено                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                    |
| Полнота знаний                              | Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки                                                                       | Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок                                                                                                                                                                               | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок                                                                                              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок                                                                                                                          |
| Наличие умений                              | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки                                              | Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме                                                                                                                       | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами                                      | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме                                                  |
| Наличие навыков (владение опытом)           | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки                                               | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами                                                                                                                                                            | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами                                                                                                        | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов                                                                                                                   |
| Характеристики сформированности компетенции | Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач | Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач | Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач | Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач |
| Уровень сформированности компетенций        | Низкий                                                                                                                                      | Ниже среднего                                                                                                                                                                                                                                      | Средний                                                                                                                                                                                        | Высокий                                                                                                                                                                                            |

\* Преподаватель вправе изменить критерии оценивания в соответствии с ФГОС ВО и особенностями ОПОП.

## 3. Оценочные средства

### 3.1. Вопросы для подготовки к коллоквиумам, тестированиям, устным опросам и экзамену

#### 3.1.1. Вопросы для подготовки к коллоквиумам

#### Коллоквиум № 1. Теоретико-методологические основы геномики

Выбор метода геномного анализа: Племенное хозяйство планирует внедрить геномную оценку стада. Сравните три подхода: (а) SNP-чипирование низкой плотности (6K) с последующей импутацией; (б) SNP-чипирование средней плотности (50K); (в) полногеномное секвенирование (WGS). Оцените каждый метод по критериям: стоимость, точность, скорость получения результата, практическая применимость. Какой подход вы порекомендуете для молочного стада в 1000 голов и почему?

Контроль качества геномных данных: При обработке данных NGS-секвенирования получены файлы FASTQ с метрикой качества Q20–Q30. Объясните, что означает этот показатель. Опишите пошаговый пайплайн биоинформатической обработки: от фильтрации прочтений (FastQC, Trimmomatic) через выравнивание на референсный геном (BWA, Bowtie) до вызова вариантов (GATK). На каких этапах чаще всего возникают ошибки и как их минимизировать?

Работа с биоинформатическими базами: Вам необходимо найти информацию о гене DGAT1 у КРС и его влиянии на молочную продуктивность. Опишите алгоритм работы с базами NCBI (Gene, dbSNP), Ensembl и Animal QTLdb. Какие данные вы извлечёте из каждой базы и как интегрируете их для принятия селекционного решения?

Коллоквиум № 2. Полногеномная оценка и GWAS

4. Дизайн GWAS-исследования: Хозяйство хочет выявить генетические маркеры, ассоциированные с устойчивостью к маститу у голштинского скота. Сформулируйте дизайн исследования: размер выборки (минимум/оптимум), фенотипирование (какие признаки измерять — SCC, клинический мастит, соматическая клеточная оценка), статистическая модель (линейная, смешанная с учётом родства), поправка на множественное тестирование. Как интерпретировать «Манхэттенский график» и QQ-plot?

5. Расчёт GEBV и референсная популяция: Объясните методологическую разницу между подходами ssGBLUP (single-step) и Bayes (BayesA, BayesB, BayesCπ) при расчёте геномной племенной ценности. Почему размер и структура референсной популяции критически важны для точности GEBV? Как рассчитывается точность геномной оценки и какие факторы (наследуемость, генетическая архитектура признака, родственные связи) на неё влияют?

6. Валидация и внедрение: После расчёта GEBV для молодых бычков хозяйство получило противоречивые результаты: один бык имеет высокий GEBV по удою, но низкий — по содержанию белка. Как провести валидацию геномной оценки на независимой выборке? Какие действия необходимо предпринять перед массовым внедрением геномной селекции в хозяйство?

Коллоквиум № 3. Маркер-вспомогательная и геномная селекция

7. MAS vs геномная селекция: В чём принципиальное отличие маркер-вспомогательной селекции (MAS) от полногеномной селекции (GS)? Приведите примеры признаков, для которых MAS эффективнее (моногенные, с крупными QTL — ген DGAT1, миостатин MSTN, комолость), и признаков, где необходима GS (полигенные с низкой наследуемостью — плодовитость, устойчивость к маститу). Почему GS стала «золотым стандартом» в молочном скотоводстве?

8. Построение геномного селекционного индекса: Хозяйство хочет разработать геномный селекционный индекс, учитывающий удои, жир, белок, устойчивость к маститу и долголетие. Объясните, как экономическая ценность каждого признака трансформируется в «вес» в индексе (например, TPI, NM\$, RZG). Как адаптировать международный индекс к российским экономическим условиям (цена молока, кормов, ветеринарных услуг)?

9. Селекция на устойчивость к болезням: Объясните, почему селекция на иммунитет сложнее, чем на продуктивность. Приведите примеры генов и маркеров устойчивости к маститу (BoLA-DRB3, CXCR1), лейкозу и респираторным заболеваниям у КРС. Как интегрировать эти маркеры в селекционный индекс, не снижая генетический прогресс по продуктивным признакам?

Коллоквиум № 4. Передовые биотехнологии модификации генома

10. CRISPR/Cas9 vs трансгенез: Объясните принципиальное отличие редактирования генома (CRISPR/Cas9, TALEN, ZFN) от классического трансгенеза. Почему отредактированные животные (например, безрогий КРС или свиньи, устойчивые к РРСС) в ряде стран регулируются иначе, чем трансгенные? Приведите 2–3 практических примера успешного применения CRISPR/Cas9 в животноводстве и объясните биологический механизм получения таких животных.

11. Репродуктивные биотехнологии в геномном контексте: Опишите, как преимплантационная генетическая диагностика (ПГД) эмбрионов интегрируется с программой геномной селекции. Каков алгоритм биопсии трофэктодермы, ПЦР-анализа и переноса генотипированных эмбрионов? Почему эта технология особенно ценна для ускорения генетического прогресса у элитных коров?

12. Клонирование и его ограничения: Объясните технологию соматического переноса ядра (SCNT). Почему эффективность клонирования сельскохозяйственных животных остаётся низкой (5–15%)? В каких практических случаях клонирование экономически оправдано (сохранение выдающихся производителей, восстановление редких пород, биофармацевтика)?

Коллоквиум № 5. Генетическая паспортизация и контроль качества

13. Контроль происхождения и спорные случаи: Опишите алгоритм ДНК-контроля происхождения телёнка с использованием панелей микросателлитных маркеров (ISAG) и SNP-чипов. Как интерпретируется результат, если по 2 из 30 локусов обнаружено несовпадение с заявленным отцом? Какие могут быть причины (ошибка записи, подмена, двойное оплодотворение, химеризм) и какова процедура разрешения таких случаев?

14. Элиминация наследственных заболеваний: В племенном хозяйстве выявлены быки-производители — носители рецессивных летальных аллелей (BLAD, CVM, DUMPS). Разработайте стратегию элиминации этих мутаций из стада за 3–5 поколений: полный запрет использования носителей vs контролируемое спаривание с учётом генотипов кобыл/коров. Как геномная селекция ускоряет этот процесс?

15. ДНК-экспертиза фальсификации: На мясокомбинат поступила партия «мраморной говядины» премиум-класса. Возникло подозрение на фальсификацию (подмена кониной, добавление растительных жиров, использование мяса старых животных). Опишите алгоритм ПЦР-анализа для видовой идентификации, выявления растительных добавок и определения возраста животного по метилированию ДНК.

Коллоквиум № 6. Нормативное регулирование, биоэтика и экономика

16. Экономика геномной селекции: Племенное хозяйство (2000 коров) планирует перейти на геномную оценку. Стоимость генотипирования одной головы — 3500 руб. Ожидаемый генетический прогресс по удою — +150 кг/год на корову, цена молока — 35 руб/кг. Рассчитайте ROI (возврат инвестиций) за 5 лет. Какие дополнительные статьи затрат (обучение персонала, ПО, консультации) необходимо учесть? В каком случае внедрение геномной селекции экономически целесообразно?

17. Нормативное регулирование в РФ и мире: Сравните подходы к регулированию отредактированных животных в России, ЕС, США и Китае. Почему в ЕС gene-edited животные приравнены к ГМО (директива 2001/18/ЕС), а в США и Китае — к традиционным, если не содержат чужеродной ДНК? Как это влияет на перспективы российского экспорта продукции животноводства?

18. Биоэтика и общественное восприятие: Объясните основные аргументы «за» и «против» применения геномных технологий в животноводстве с позиций биоэтики, экологии и общественного здоровья. Как формировать прозрачную коммуникацию с потребителем о безопасности gene-edited продукции? Какова роль маркировки и просветительских кампаний?

### 3.1.2. Тестовые задания

Блок 1. Теоретико-методологические основы геномики

Метод высокопроизводительного секвенирования, позволяющий одновременно анализировать миллионы фрагментов ДНК, называется:

- а) ПЦР в реальном времени;
- б) NGS (Next Generation Sequencing);
- в) Секвенирование по Сангеру;
- г) Электрофорез в агарозном геле.

SNP (Single Nucleotide Polymorphism) — это:

- а) Удвоение целого гена;
- б) Замена одного нуклеотида в определённой позиции генома, встречающаяся в популяции с частотой  $\geq 1\%$ ;
- в) Хромосомная перестройка;
- г) Мутация в митохондриальной ДНК.

Формат файла VCF (Variant Call Format) используется для хранения:

- а) Сырых прочтений секвенатора;
- б) Информации о выявленных генетических вариантах (SNP, InDel) у одного или нескольких образцов;
- в) Последовательности референсного генома;
- г) Результатов ПЦР в реальном времени.

Блок 2. Полногеномная оценка и GWAS

Уровень статистической значимости, принятый в GWAS как «золотой стандарт» для объявления локуса значимым, составляет:

- а)  $p < 0,05$ ;
- б)  $p < 0,001$ ;
- в)  $p < 5 \times 10^{-8}$ ;
- г)  $p < 1 \times 10^{-12}$ .

Метод ssGBLUP (single-step Genomic BLUP) отличается от классического GBLUP тем, что:

- а) Использует только геномные данные;
- б) Одновременно интегрирует в одну матрицу родства фенотипические, родословные и геномные данные всех животных;
- в) Не учитывает родственных связей;
- г) Применим только для свиней.

Референсная популяция для геномной оценки — это:

- а) Группа животных с известными фенотипами и генотипами, используемая для обучения предиктивной модели;
- б) Случайная выборка животных для контроля качества;
- в) Только быки-производители;
- г) Все животные хозяйства.

Блок 3. Маркер-вспомогательная и геномная селекция

Полиморфизм К-аллеля гена DGAT1 у КРС ассоциирован с:

- а) Повышением удоя и снижением содержания жира;
- б) Снижением удоя и повышением содержания жира и белка в молоке;
- в) Комолостью;
- г) Устойчивостью к лейкозу.

Ген миостатина (MSTN) с мутацией «double muscling» наиболее изучен у:

- а) Овец;
- б) Крупного рогатого скота мясных пород (бельгийская голубая, пьемонтская);
- в) Лошадей;
- г) Птицы.

Геномная племенная ценность (GEBV) рассчитывается на основе:

- а) Только фенотипических данных самого животного;

- б) Информации о родословной до 3-го колена;
- в) Полногеномного профиля SNP-маркеров и референсной популяции;
- г) Только данных о продуктивности предков.

Блок 4. Передовые биотехнологии модификации генома

Система CRISPR/Cas9 в животноводстве применяется для:

- а) Только клонирования животных;
- б) Точного направленного редактирования (нокаута, вставки, замены) конкретных участков генома;
- в) Исклчительно диагностики заболеваний;
- г) Кримоонсерсии эмбрионов.

Преимлантационная генетическая диагностика (ПГД) эмбрионов позволяет:

- а) Изменить пол эмбриона;
- б) Определить генотип эмбриона до переноса в матку реципиента;
- в) Увеличить удои коровы-донора;
- г) Полностью исключить риск инбридинга.

Принципиальное отличие редактирования генома от трансгенеза заключается в том, что:

- а) При редактировании в геном вставляется чужеродный ген другого вида;
- б) Редактирование позволяет вносить точечные изменения в собственный геном животного без обязательного введения чужеродной ДНК;
- в) Трансгенез более точен, чем редактирование;
- г) Редактирование запрещено во всех странах мира.

Блок 5. Генетическая паспортизация и контроль качества

Наследственное заболевание BLAD (Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency) у КРС наследуется как:

- а) Аутомомно-доминантный признак;
- б) Аутомомно-рецессивный признак;
- в) Сцепленный с Y-хромосомой;
- г) Митохондриальный признак.

Основным методом предотвращения распространения наследственных заболеваний в племенном стаде является:

- а) Вакцинация всего поголовья;
- б) Генетический скрининг производителей и контроль подбора пар с учётом генотипов;
- в) Улучшение кормления;
- г) Увеличение кратности доения.

ДНК-идентификация видовой принадлежности мяса основана на:

- а) Органолептической оценке;
- б) ПЦР-амплификации видоспецифичных участков митохондриальной или ядерной ДНК;
- в) Определении содержания белка;
- г) Микробиологическом посеве.

Блок 6. Нормативное регулирование, биоэтика и экономика

В Европейском Союзе отредактированные животные (gene-edited) согласно директиве 2001/18/ЕС приравнены к:

- а) Традиционным селекционным формам;
- б) ГМО (генетически модифицированным организмам);
- в) Клонированным животным;
- г) Диким животным.

ROI (Return on Investment) при внедрении геномной селекции рассчитывается как:

- а) Отношение затрат на генотипирование к числу животных;
- б) Отношение дополнительной прибыли от генетического прогресса к затратам на внедрение технологии;
- в) Сумма всех затрат на селекцию;
- г) Разница между удоём и содержанием жира.

Основным аргументом ПРОТИВ применения геномных технологий в животноводстве с позиций биоэтики является:

- а) Высокая стоимость технологий;
- б) Потенциальные непредсказуемые эффекты на здоровье животных и экосистемы, а также нарушение «естественности» животных;
- в) Сложность расчёта GEBV;
- г) Низкая точность секвенирования.

### 3.1.3. Практические кейсовые задачи

Кейс 1. Расчёт экономической эффективности геномной селекции

Условие: Племенное хозяйство (2000 дойных коров) рассматривает переход на геномную оценку. Затраты: генотипирование 400 ремонтных нетелей ежегодно по 3500 руб./гол. = 1,4 млн руб.; покупка ПО и обучение персонала — 800 тыс. руб. (единоразово); ежегодная абонентская плата за расчёт GEBV — 300 тыс. руб. Ожидаемый генетический прогресс по удою — +150 кг/год на корову, цена молока — 35 руб/кг.

Задание:

Рассчитайте ежегодную дополнительную прибыль от внедрения геномной селекции.

Определите срок окупаемости инвестиций (с учётом единоразовых и ежегодных затрат).

Рассчитайте ROI за 5 лет. При какой минимальной цене молока технология становится нерентабельной?

Кейс 2. Анализ результатов GWAS-исследования

Условие: По результатам GWAS у голштинского скота (выборка 5000 коров) на признак «количество соматических клеток в молоке» (SCC) получены данные:

Хромосома 14: значимый пик ( $p = 2 \times 10^{-9}$ ) в регионе гена BoLA-DRB3;

Хромосома 18: пик ( $p = 8 \times 10^{-9}$ ) в регионе гена CXCR1;

Хромосома 20: пик ( $p = 3 \times 10^{-8}$ ) в регионе гена STAT5A;

Хромосома 6: сигнал на грани значимости ( $p = 1 \times 10^{-6}$ ).

Объясняемая доля фенотипической изменчивости: 6%, 4%, 3% и 1% соответственно.

Задание:

Интерпретируйте результаты: какие локусы считать достоверно значимыми, а какие — требующими валидации?

Объясните биологическую роль генов BoLA-DRB3 и CXCR1 в иммунитете коровы.

Разработайте программу MAS для снижения SCC в стаде: какие SNP-маркеры включить в панель, как интегрировать их в селекционный индекс с продуктивными признаками.

Кейс 3. Расчёт GEBV и выбор быка-производителя

Условие: Хозяйство выбирает быка для осеменения коров. Три кандидата:

Бык А: традиционный EBV по удою +800 кг (дочери 200 голов, точность 0,85); GEBV +950 кг (точность 0,70).

Бык Б: традиционный EBV +600 кг (дочери 50 голов, точность 0,60); GEBV +900 кг (точность 0,70).

Бык В: традиционный EBV +400 кг (дочери 10 голов, точность 0,40); GEBV +850 кг (точность 0,70).

Все быки — молодые, без собственного потомства, но генотипированы.

Задание:

Объясните, почему GEBV у всех трёх быков имеет одинаковую точность (0,70), несмотря на разное количество дочерей.

Какого быка вы выберете для использования в программе геномной селекции? Обоснуйте выбор.

Какие дополнительные факторы (инбридинг, устойчивость к болезням, воспроизводительные качества) вы учтёте при окончательном решении?

Кейс 4. Разработка протокола элиминации наследственных мутаций

Условие: В племенном хозяйстве голштинского скота (1500 коров, 10 быков-производителей) генетический скрининг выявил:

3 быка — носители BLAD (N/H);

2 быка — носители CVM (N/H);

1 бык — носитель обеих мутаций;

Среди коров: 15% — носители BLAD, 10% — носители CVM.

Хозяйство не хочет терять выдающихся быков-носителей, но обязано исключить риск рождения больных телят.

Задание:

Рассчитайте вероятность рождения больного телёнка (h/h) при случайном спаривании быка-носителя BLAD со случайной коровой из стада.

Разработайте пошаговый протокол элиминации мутаций на 5 лет: генотипирование, правила подбора пар, выбраковка, использование геномных быков без мутаций.

Оцените экономические затраты и ожидаемый эффект от программы.

Кейс 5. Проектирование панели SNP-маркеров для MAS

Условие: Хозяйство по разведению мясного КРС (абержене-ангусская порода) хочет улучшить следующие признаки: мраморность мяса, нежность, выход мяса при убое, эффективность использования корма (FCR). Известны гены-кандидаты:

Мраморность: DGAT1, SCD, FABP4;

Нежность: CAPN1 (калпаин), CAST (кальпастатин);

MSTN (миостатин) — двойная мускулатура;

FCR: специфические QTL на хромосомах 5, 14.

Задание:

Разработайте состав панели SNP-маркеров (15–20 маркеров) для MAS по указанным признакам.

Опишите процедуру внедрения MAS: генотипирование быков-производителей, расчёт геномных индексов, подбор пар.

Какие ограничения MAS по сравнению с полногеномной селекцией вы учтёте?

Кейс 6. Анализ спорного случая контроля происхождения

Условие: При ДНК-контроле происхождения телёнка голштинской породы по панели из 30 микросателлитных маркеров обнаружено несовпадение с заявленным отцом по 3 локусам.

Мать подтверждена. Владелец утверждает, что это ошибка лаборатории.

Задание:

Объясните, может ли случайная ошибка ПЦР дать несовпадение сразу по 3 локусам. Какие альтернативные причины (подмена семени, двойное оплодотворение, химеризм, мутация *de novo*) возможны?

Опишите процедуру повторного тестирования: отбор новой пробы, независимая лаборатория, расширение панели до SNP-чипа (50K).

Какое решение должен принять племенной регистр по регистрации телёнка? Какие юридические и финансовые последствия для владельца?

Кейс 7. Стратегия внедрения CRISPR/Cas9 в хозяйстве

Условие: Племенной завод по разведению крупного рогатого скота рассматривает возможность получения безрогого поголовья (polled) с помощью CRISPR/Cas9, чтобы избежать болезненной процедуры обезроживания телят.

Задание:

Опишите биологический механизм получения безрогих животных через редактирование: какой ген редактировать (POLLED локус), какую конструкцию использовать (донорная матрица с аллелем P), как доставить в зиготу.

Какие нормативные и биоэтические ограничения существуют в РФ для таких животных? Можно ли их использовать в племенном разведении и продавать продукцию?

Сравните три стратегии: (а) редактирование существующей элитной линии; (б) традиционная селекция на комолость через скрещивание с безрогими породами; (в) закупка готовых безрогих быков. Оцените по срокам, затратам, рискам.

### **3.1.4. Полный перечень вопросов к экзамену**

Раздел 1. Теоретико-методологические основы геномики

Предмет, цели и задачи дисциплины. Роль геномных технологий в современном животноводстве.

Принципы организации генома сельскохозяйственных животных: размер, структура, функциональные элементы.

Сравнительная геномика сельскохозяйственных животных: общие и видовые особенности.

Методы выделения и очистки ДНК из биологических образцов.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) и её модификации: ПЦР-РВ, ПЦР-ПДРФ, мультиплексная ПЦР.

Высокопроизводительное секвенирование (NGS): платформы Illumina, Ion Torrent, PacBio, Oxford Nanopore.

Секвенирование полного генома (WGS), экзомное (WES) и целевое секвенирование: сравнение.

Транскриптомика: RNA-seq, анализ экспрессии генов.

Эпигеномика: метилирование ДНК, модификации гистонов, методы анализа.

Метатеномика в животноводстве: анализ микробиома и его влияние на продуктивность.

SNP-чипирование: принципы работы, типы чипов, применение в геномной селекции.

Форматы хранения геномных данных: FASTQ, SAM, BAM, VCF, BED.

Контроль качества геномных данных: метрики Phred, фильтрация прочтений.

Выравнивание прочтений на референсный геном: алгоритмы BWA, Bowtie, STAR.

Выявление и аннотация генетических вариантов: инструменты GATK, SAMtools, bcftools.

Раздел 2. Биоинформатические ресурсы и базы данных

16. Международные базы геномных данных: NCBI (GenBank, SRA, dbSNP), Ensembl, UCSC Genome Browser.

17. Специализированные базы: Animal QTLdb, FAANG, Dairy SNP Database.

18. Биоинформатические инструменты функциональной аннотации: DAVID, g:Profiler, KEGG, Gene Ontology.

Раздел 3. Полногеномная оценка и GWAS

19. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS): методология, статистические модели.

20. Визуализация результатов GWAS: «Манхэттенские графики», QQ-plots.

21. Выявление QTL-локусов и генов-кандидатов.

22. Мета-анализ GWAS и трансспецифические исследования.

23. Референсные популяции для геномной оценки: принципы формирования.

24. Методы расчёта GEBV: ssGBLUP, BayesA, BayesB, BayesCπ, Single-Step.

25. Точность геномной оценки: факторы влияния.

26. Валидация геномной оценки: методы перекрёстной проверки.

Раздел 4. Геномная селекция в различных отраслях

27. Геномная селекция в молочном скотоводстве: опыт США, Европы, России.

28. Геномная селекция в мясном скотоводстве: специфика.

29. Геномная селекция в свиноводстве.

30. Геномная селекция в овцеводстве и козоводстве.

31. Геномная селекция в птицеводстве.

32. Геномная селекция в коневодстве.

Раздел 5. Маркер-вспомогательная селекция

33. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): концепция, отличие от геномной селекции.

34. Селекция на устойчивость к заболеваниям: гены BoLA, SLA.

35. Селекция на адаптивные признаки: ген slick, стрессоустойчивость.

36. Селекция на репродуктивные качества.
37. Селекция на качественные признаки продукции: гены мастей, мраморности.
38. Построение геномных селекционных индексов.
39. Экономическая эффективность геномной селекции: расчёт ROI.
40. Оптимизация затрат на генотипирование: импутация генотипов.
- Раздел 6. Интеграция с программами управления стадом
41. Интеграция геномных и фенотипических данных в Селэкс, Uniform-Agri, DairyComp.
42. Цифровизация и большие данные в геномной селекции.
43. Искусственный интеллект в геномной селекции.
- Раздел 7. Передовые биотехнологии модификации генома
44. Система CRISPR/Cas9: принцип работы, типы редактирования.
45. Системы TALEN и ZFN: принцип работы, сравнение с CRISPR/Cas9.
46. Практические примеры редактирования генома сельскохозяйственных животных.
47. Трансгенные животные: методы получения, практическое значение.
48. Клонирование сельскохозяйственных животных: технология SCNT.
49. Репродуктивные биотехнологии в геномном контексте: ПГД, биопсия эмбрионов.
- Раздел 8. Генетическая паспортизация и контроль качества
50. ДНК-идентификация и контроль происхождения: панели микросателлитов, SNP-панели.
51. Генетические паспорта животных: структура, международное признание.
52. Генетический скрининг наследственных заболеваний: BLAD, CVM, DUMPS, PSS.
53. Стратегии элиминации нежелательных мутаций из популяции.
54. ДНК-экспертиза фальсификации продукции животноводства.
55. Генетическая трассируемость продукции: блокчейн-технологии.
- Раздел 9. Нормативное регулирование, биоэтика и экономика
56. Нормативно-правовая база применения геномных технологий в РФ.
57. Международное регулирование: правила WOH, Codex Alimentarius, директивы ЕС.
58. Биоэтические аспекты редактирования генома.
59. Маркировка GMO и gene-edited продукции.
60. Управление генетическими ресурсами в эпоху геномики.
61. Стратегическое планирование перехода хозяйства на геномные методы оценки.
62. Зарубежный опыт внедрения геномных технологий.
63. Российские научные центры в области геномных технологий.
64. Перспективы развития геномных технологий в России: импортозамещение.
65. Подготовка кадров для геномной селекции.
66. Будущее геномных технологий: pan-genomics, single-cell sequencing.

### **3.1.3. Методические материалы**

Устные опросы проводятся на усмотрение преподавателя в начале практического занятия в течении 10-15 минут и оцениваются по четырём бальной шкале.

Порядок проведения коллоквиумов, устных опросов, практических задач дан в Приложении № 2 к положению ПВД-07 «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся». Контроль за успеваемостью обучающихся осуществляется в соответствии с ПВД-20 «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся».

Условия и порядок проведения экзамена даны в Приложении № 2 к положению ПВД-07 «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»