

**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)**

**«Основы эволюционной и популяционной генетики»**

|                                        |                                                                      |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 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>5</b>                                                             |
| Трудовоемкость дисциплины, час.        | <b>180</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 «Генетика, генетические методы в практике животноводства» заключается в формировании у обучающихся системы фундаментальных знаний о закономерностях наследственности и изменчивости сельскохозяйственных животных и прикладных профессиональных компетенций в области применения современных генетических и молекулярно-биологических методов для решения задач селекции, контроля происхождения, оценки племенной ценности, управления генетическими ресурсами и обеспечения биологической безопасности в животноводстве.

Задачи: Теоретико-генетические основы: изучение фундаментальных закономерностей наследования и изменчивости хозяйственно полезных признаков (продуктивность, экстерьер, воспроизводительные качества, адаптивность) на уровне организма, популяции и вида.

Количественная и популяционная генетика: освоение методов оценки наследуемости, повторяемости, расчета селекционных индексов, ожидаемой племенной ценности (EBV) и применения статистических моделей (в т.ч. BLUP) для прогнозирования генетического прогресса в стаде. Молекулярно-генетические методы: формирование навыков применения ДНК-технологий (ПЦР, SNP-чипирование, секвенирование) для контроля происхождения, выявления носителей наследственных заболеваний, маркер-вспомогательной селекции (MAS) и полногеномной оценки (GWAS). Репродуктивная биотехнология: изучение современных методов управления воспроизводством (искусственное осеменение, криоконсервация генома, трансплантация эмбрионов, гинегенез, андрогенез, полиплоидия, клонирование, редактирование генома) и их роли в ускорении генетического прогресса.

Контроль генетического здоровья и биобезопасность: анализ методов ранней диагностики моногенных и полигенных наследственных патологий, стратегий элиминации нежелательных мутаций из популяции и обеспечения генетической безопасности племенного поголовья. Управление генетическими ресурсами: изучение подходов к сохранению, мониторингу и рациональному использованию генофонда отечественных, аборигенных и редких пород сельскохозяйственных животных в условиях интенсификации отрасли.

## 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 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-8<br>Способен к совершенствованию, использованию выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными | ИД-1ПК8<br>Знать Методы совершенствованию, использования выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными<br>ИД-2 ПК8<br>Уметь: Использовать выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными<br>ИД-3 ПК8<br>Владеть: Способностью к совершенствованию, использованию выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными | все разделы                                                                                                                 |
| 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                                                                                                                                                                                                                                                                                       | все разделы                                                                                                                 |
| ПК-11<br>Способен применять современные методы исследований в области животноводства                                                                                                                       | ИД-1ПК11<br>Знать: Современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-2 ПК11<br>Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-3 ПК11<br>Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | все разделы                                                                                                                 |
| ПК-12<br>Способен использовать методы оценки качества                                                                                                                                                      | ИД-1ПК12<br>Знать: Методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | все разделы                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных                                                                                                                                                                                       | <p>ИД-2 ПК12</p> <p>Уметь: Использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</p> <p>ИД-3 ПК12</p> <p>Владеть: Способностью использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных</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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>ИД-3 ПК1</p> <p>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</p> | все разделы |
| <p>ПК-4</p> <p>Способен разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка</p>                                              | <p>ИД-1ПК4</p> <p>Знать мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка</p> <p>ИД-2 ПК4</p> <p>Уметь: разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка</p> <p>ИД-3 ПК4</p> <p>Владеть: Способностью разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка</p>                                                                                                                                                                                                                                                   | все разделы |

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

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

###### 4.1.1. Очная форма:

| № п/п | Темы занятий                                                                                                                                                | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час |                                       |                  |                               | Контроль знаний* | Применяемые активные и интерактивные технологии обучения                                      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                             | лекции                                   | практически<br>е<br>(семинарски<br>е) | лабораторн<br>ые | самостоят<br>ельная<br>работа |                  |                                                                                               |
| 1.    | Классическая, популяционная и количественная генетика                                                                                                       |                                          |                                       |                  |                               |                  |                                                                                               |
| 1.1   | Закономерности наследования и изменчивости: моногенные и полигенные признаки, типы взаимодействия генов, модификационная изменчивость.                      | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, Т            | Лекция-визуализация; Решение генетических задач на моно- и дигибридное скрещивание            |
| 1.2   | Популяционная и количественная генетика: закон Харди-Вайнберга, наследуемость, повторяемость, селекционные индексы, метод BLUP и EBV.                       | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, ПР           | Расчет частот аллелей и генотипов в популяции; Оценка наследуемости признаков по данным стада |
| 2.    | Молекулярная генетика и ДНК-технологии                                                                                                                      |                                          |                                       |                  |                               |                  |                                                                                               |
| 2.1   | Молекулярные основы наследственности: структура гена, экспрессия, эпигенетические механизмы. Методы ДНК-диагностики (ПЦР, секвенирование, SNP-чипирование). | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, Т            | Видеоанализ методов ПЦР и секвенирования; Интерпретация электрофореграмм и хроматограмм       |
| 2.2   | Контроль происхождения и генетическая паспортизация животных. ДНК-маркеры продуктивности, мастей и специфических признаков.                                 | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, ПР           | Работа с базами данных ДНК-тестов; Анализ родословных с подтверждением происхождения          |
| 3.    | Генетика продуктивных и хозяйственно полезных признаков                                                                                                     |                                          |                                       |                  |                               |                  |                                                                                               |
| 3.1   | Генетика молочной, мясной,                                                                                                                                  | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, ПР           | Кейс-стади: подбор пар с                                                                      |

| № п/п | Темы занятий                                                                                                                                                                                                                    | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час |                                       |                  |                               | Контроль знаний* | Применяемые активные и интерактивные технологии обучения                                                                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                 | лекции                                   | практически<br>е<br>(семинарски<br>е) | лабораторн<br>ые | самостоят<br>ельная<br>работа |                  |                                                                                                                                                                      |
| 3.2   | яичной и шерстной продуктивности: основные гены и QTL-локусы, маркер-вспомогательная селекция (MAS).<br>Генетика воспроизводительных качеств, адаптивности и устойчивости к болезням.<br>Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS). | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, ПР, 3        | использованием генетических маркеров (например, DGAT1 у КРС)<br><br>Анализ результатов GWAS-исследований;<br>Разработка программы селекции на устойчивость к маститу |
| 4.    | <b>Генетика воспроизводства и биотехнологические методы</b>                                                                                                                                                                     |                                          |                                       |                  |                               |                  |                                                                                                                                                                      |
| 4.1   | Генетические основы управления воспроизводством: искусственное осеменение, криоконсервация генома, трансплантация эмбрионов.<br>Биотехнологические методы модификации генома: гинегенез, андрогенез,                            | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, Т            | Анализ эффективности использования генофонда элитных производителей через ИО и криобанк                                                                              |
| 4.2   | полиплоидия, клонирование, редактирование генома (CRISPR/Cas9).<br>Этические и правовые аспекты.                                                                                                                                | 2                                        | 4                                     | -                | 10                            | УО, ПР, 3        | Дискуссия по биоэтике редактирования генома;<br>Проектирование схемы получения полиплоидных форм                                                                     |
| 5.    | <b>Генетическое здоровье, биобезопасность и управление ресурсами</b>                                                                                                                                                            |                                          |                                       |                  |                               |                  |                                                                                                                                                                      |
| 5.1   | Наследственные заболевания сельскохозяйственных животных: этиология, диагностика, стратегии элиминации мутаций из популяции.                                                                                                    | 2                                        | 4                                     | -                | 9                             | УО, ПР           | Разбор клинико-генетических случаев;<br>Разработка протокола генетического скрининга стада                                                                           |
| 5.2   | Управление                                                                                                                                                                                                                      | 2                                        | 4                                     | -                | 10                            | УО, Т, 3         | Расчет                                                                                                                                                               |

| № п/п | Темы занятий                                                                                                                       | Виды учебных занятий и трудоёмкость, час |                                       |                  |                               | Контроль знаний* | Применяемые активные и интерактивные технологии обучения                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                    | лекции                                   | практически<br>е<br>(семинарски<br>е) | лабораторн<br>ые | самостоят<br>ельная<br>работа |                  |                                                                                                 |
|       | генетическими ресурсами: мониторинг разнообразия, расчет коэффициента инбридинга, стратегии сохранения аборигенных и редких пород. |                                          |                                       |                  |                               |                  | генетического разнообразия популяции; Защита мини-проекта по программе сохранения редкой породы |
|       | Итого:                                                                                                                             | 20                                       | 40                                    | -                | 93                            |                  |                                                                                                 |

#### 4.1.2. Заочная форма:



|                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 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 развития генетики как науки: от законов Менделя до геномных технологий в животноводстве.
2. Цитологические основы наследственности: строение хромосом, кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.
3. Закономерности моногенного наследования: законы Менделя, типы взаимодействия аллельных и неаллельных генов.
4. Сцепленное наследование и кроссинговер: построение хромосомных карт, группы сцепления у сельскохозяйственных животных.
5. Генетика пола и наследование признаков, сцепленных с полом: практическое значение в птицеводстве и звероводстве.
6. Модификационная изменчивость: норма реакции, фенотипическая и генотипическая изменчивость, методы их разграничения.
7. Мутагенез: типы мутаций (генные, хромосомные, геномные), мутагены, роль в селекции и патологии.
8. Популяционная генетика: закон Харди-Вайнберга, условия его выполнения, расчет частот аллелей и генотипов.
9. Факторы динамики генофонда популяций: мутационный процесс, естественный и искусственный отбор, миграции, изоляция, дрейф генов.
10. Генетические основы количественных признаков: полигенное наследование, распределение признаков в популяции.
11. Наследуемость (heritability) и повторяемость (repeatability) признаков: биологическая сущность, методы оценки, практическое применение в селекции.
12. Методы оценки племенной ценности: BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), расчет ожидаемой племенной ценности (EBV) и селекционных индексов.
13. Молекулярные основы наследственности: структура ДНК и РНК, репликация, транскрипция, трансляция, регуляция экспрессии генов.
14. Эпигенетические механизмы наследственности: метилирование ДНК, модификации гистонов, импринтинг, их роль в продуктивности.
15. Методы выделения и очистки ДНК/РНК из биологического материала животных.
16. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): принципы, типы (ПЦР в реальном времени, ПЦР-РВ, ПЦР-ПДРФ), применение в диагностике.
17. Методы секвенирования ДНК: от классического метода Сангера до высокопроизводительного секвенирования (NGS), их применение в животноводстве.
18. SNP-чипирование и генотипирование: принципы метода, использование в полногеномной оценке (GWAS) и геномной селекции.
19. ДНК-паспортизация и контроль происхождения сельскохозяйственных животных: панели микросателлитных маркеров и SNP.
20. ДНК-маркеры продуктивности, мастей, аллюров и других хозяйственно полезных признаков (на примере КРС, свиней, овец, лошадей).
21. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): концепция, преимущества перед традиционной селекцией, практические примеры (ген DGAT1, миостатин).

22. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS): методология, интерпретация результатов, применение для выявления QTL-локусов.
23. Геномная селекция: концепция, отличие от MAS, расчет геномных племенных ценностей (GEBV), внедрение в молочном скотоводстве.
24. Генетика молочной продуктивности КРС: основные гены и QTL, маркеры, связанные с удоем, содержанием жира и белка.
25. Генетика мясной продуктивности: гены миостатина (MSTN), калпаина, кальпастатина, их влияние на мраморность и нежность мяса.
26. Генетика яичной продуктивности птицы и шерстной продуктивности овец: ключевые гены и маркеры.
27. Генетика воспроизводительных качеств: наследуемость плодовитости, молочности материнского эффекта, методы селекции.
28. Генетика устойчивости к заболеваниям: маркеры резистентности к маститу, лейкозу, респираторным болезням, паразитарным инвазиям.
29. Генетика адаптивных качеств: наследуемость признаков теплоустойчивости, стрессоустойчивости, приспособленности к экстремальным условиям.
30. Генетические основы управления воспроизводством: гормональный контроль, синхронизация половой охоты с учетом генотипа.
31. Искусственное осеменение и криоконсервация генома: генетическое значение, вклад в ускорение генетического прогресса.
32. Трансплантация эмбрионов (ET) и множественная супер-овуляция: биологические основы, генетический эффект.
33. Репродуктивные биотехнологии: гинегенез, андрогенез, полиплоидия, их применение в рыбоводстве и звероводстве.
34. Клонирование сельскохозяйственных животных: технология соматического переноса ядра (SCNT), достижения, ограничения.
35. Редактирование генома (CRISPR/Cas9): принципы метода, практические примеры получения животных с заданными свойствами.
36. Биоэтические и правовые аспекты применения биотехнологических методов в животноводстве: международные и российские нормы.
37. Наследственные заболевания сельскохозяйственных животных: этиология, классификация, методы диагностики.
38. Моногенные наследственные болезни КРС, свиней, овец, птиц: конкретные примеры (BLAD, CVM, HYPP, HAL-ген).
39. Стратегии элиминации нежелательных мутаций из популяции: генетический скрининг, подбор пар, выбраковка носителей.
40. Инбридинг: методы расчета коэффициента, инбредная депрессия, инбредный геномный груз, допустимые уровни в стаде.
41. Мониторинг генетического разнообразия популяций: эффективная численность ( $N_e$ ), методы расчета, пороговые значения.
42. Стратегии сохранения генофонда аборигенных и редких пород: *in situ* и *ex situ*, криобанки, программы разведения.
43. Генетические ресурсы России: государственные каталоги, роль национальных селекционно-генетических центров.
44. Биоинформатика в животноводстве: базы данных NCBI, Ensembl, Animal QTLdb, работа с геномной информацией.
45. Использование больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта в геномной селекции.
46. Сравнительная геномика сельскохозяйственных животных: общие и видовые особенности геномов.

47. Трансгенные животные: методы получения, практическое значение (биофармацевтика, улучшенные продуктивные качества).
48. Генетическая экспертиза и фальсификация продукции животноводства: методы ДНК-идентификации видового состава.
49. Зарубежный опыт применения генетических методов в животноводстве: лидирующие страны, технологии, результаты.
50. Перспективы развития генетики и генетических методов в животноводстве России: импортозамещение, геномная селекция, криобанки.

## 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.

# 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. Митютько. — 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.

## **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. Митютько, В. И. Популяционная генетика : учебное пособие / В. И. Митютько, 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.

## **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.

#### **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)**

| № 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)**

**Основы эволюционной и популяционной генетики**

**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-8<br>Способен к совершенствованию, использованию выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными | ИД-1ПК8<br>Знать Методы совершенствованию, использования выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными<br>ИД-2 ПК8<br>Уметь: Использовать выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными<br>ИД-3 ПК8<br>Владеть: Способностью к совершенствованию, использованию выведенных и сохраняемых пород, типов, линий животных; оформлению и представлению документации по результатам селекционно-племенной работы с животными | УО, К, Т,<br>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,<br>Э  | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |
| ПК-11<br>Способен применять современные методы исследований в области                                                                                                                                      | ИД-1ПК11<br>Знать: Современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-2 ПК11<br>Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства<br>ИД-3 ПК11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | УО, К, Т,<br>Э  | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| животноводства                                                                                                                                                                                                                                      | Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             | подготовки к экзамену                                                                                      |
| ПК-12<br><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><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>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>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 | УО, К, Т, Э | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |
| ПК-4<br><br>Способен разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей                                                                                                                                                                | ИД-1ПК4<br>Знать мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка<br>ИД-2 ПК4<br>Уметь: разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | УО, К, Т, Э | Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену |

|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка | продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка<br>ИД-3 ПК4<br>Владеть: Способностью разрабатывать и проводить мероприятия по увеличению показателей продуктивности, использовать современные технологии производства продукции животноводства и выращивания молодняка |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

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<br>не зачтено                                                                                                           | удовлетворительно                                                                                                                                                                                       | хорошо<br>зачтено                                                                                                                                                                              | отлично                                                                                                                                                                                            |
| 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 | 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 |

|                                                      |        |                                                  |         |         |
|------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|---------|---------|
|                                                      |        | практика по<br>большинству<br>практических задач |         |         |
| Уровень<br>сформиро-<br>ванности<br>компетенц-<br>ий | 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. Классическая, популяционная и количественная генетика

Закон Харди-Вайнберга в практике: В племенном хозяйстве по разведению черно-пестрого КРС выявлено, что частота рецессивного аллеля, ответственного за наследственную болезнь (например, BLAD), составляет  $q = 0,03$ . Рассчитайте частоты генотипов в популяции и долю гетерозиготных носителей. Почему даже при низкой частоте аллеля носители представляют серьезную угрозу для племенного ядра?

Наследуемость и отбор: Объясните биологическую сущность коэффициента наследуемости ( $h^2$ ). Почему признак с высокой наследуемостью (например, содержание жира в молоке,  $h^2 = 0,5$ ) поддается отбору значительно эффективнее, чем признак с низкой наследуемостью (например, плодовитость,  $h^2 = 0,1$ )? Как это влияет на стратегию селекционной работы?

Метод BLUP и EBV: В чем принципиальное отличие традиционной оценки племенной ценности производителя (по среднему удою дочерей) от метода BLUP (Best Linear Unbiased Prediction)? Какие факторы среды и родственных связей учитывает BLUP, и почему он стал «золотым стандартом» в международной селекции молочного скота?

Селекционные индексы: Как строится комплексный селекционный индекс для быка-производителя, если хозяйство хочет одновременно улучшать удои, содержание белка и устойчивость к маститу? Как определяется «вес» каждого признака в индексе и какова роль экономической ценности признаков?

Коллоквиум № 2. Молекулярная генетика и ДНК-технологии

5. Методы ДНК-диагностики: Сравните три метода молекулярной генетики — ПЦР, SNP-чипирование и полногеномное секвенирование (NGS). В каких практических задачах животноводства применяется каждый из них? Почему для рутинного контроля происхождения используется один метод, а для геномной селекции — другой?

6. ДНК-паспортизация: Опишите алгоритм контроля происхождения жеребенка (или теленка) с помощью микросателлитных маркеров и SNP-панелей. Как интерпретируется результат, если по 3 из 20 локусов обнаружено несовпадение с заявленным отцом? Какие могут быть причины (ошибка записи, подмена, двойное оплодотворение)?

7. Эпигенетика и продуктивность: Объясните феномен геномного импринтинга на примере фактора роста IGF2 у свиней. Как эпигенетические механизмы (метилование ДНК, модификации гистонов) могут влиять на продуктивность животных и передаваться через поколения без изменения последовательности ДНК?

8. Биоинформатика: Какую роль играют базы данных NCBI, Ensembl и Animal QTLdb в современной работе зоотехника-селекционера? Опишите алгоритм поиска информации о конкретном гене (например, DGAT1 у КРС) и его влиянии на хозяйственно полезные признаки.

Коллоквиум № 3. Генетика продуктивных признаков и GWAS

9. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): Опишите практическое применение гена DGAT1 (лизин/аланин) в селекции молочного КРС и гена миостатина (MSTN) в селекции

мясного скота. Почему MAS особенно эффективна для признаков с низкой наследуемостью и признаков, проявляющихся только у одного пола?

10. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS): Объясните методологию GWAS-исследований. Как по результатам «Манхэттенского графика» (Manhattan plot) идентифицировать значимые QTL-локусы? Почему для надежных результатов требуются большие выборки (тысячи животных) и независимая валидация?

11. Геномная селекция vs традиционная: В чем принципиальное отличие геномной селекции (расчет GEBV — genomic EBV) от традиционной селекции по фенотипу и родословной? Почему внедрение геномной селекции в молочном скотоводстве позволило сократить генерационный интервал с 5–7 до 2–3 лет икратно ускорить генетический прогресс?

12. Генетика устойчивости к болезням: Как с помощью генетических маркеров можно повысить устойчивость стада к маститу, лейкозу или респираторным заболеваниям? Приведите примеры конкретных генов (например, BoLA-DRB3 у КРС) и объясните, почему селекция на иммунитет сложнее, чем селекция на продуктивность.

Коллоквиум № 4. Биотехнологические методы и редактирование генома

13. Криоконсервация генома: Опишите генетическое значение криобанков семени и эмбрионов. Как использование замороженного семени выдающихся производителей из разных стран позволяет ускорить генетический прогресс и одновременно сохранить генетическое разнообразие? Какие риски (инбридинг, эффект основателя) необходимо контролировать?

14. Трансплантация эмбрионов (ЕТ): Объясните биологические основы множественной суперовуляции и трансплантации эмбрионов. Каков генетический эффект от применения ЕТ у элитной коровы-рекордистки? Почему эта технология особенно ценна для сохранения редких пород?

15. Редактирование генома CRISPR/Cas9: Объясните принцип работы системы CRISPR/Cas9. Приведите 2–3 практических примера редактирования генома сельскохозяйственных животных (например, получение безрогого КРС, свиней, устойчивых к РРСС). В чем принципиальное отличие редактирования генома от трансгенеза?

16. Биоэтика и право: Какие этические и правовые ограничения существуют в России и мире на применение репродуктивных биотехнологий и редактирования генома у сельскохозяйственных животных? Почему продукция от отредактированных животных до сих пор не допускается на рынок ЕС, несмотря на отсутствие чужеродной ДНК?

Коллоквиум № 5. Генетическое здоровье и управление ресурсами

17. Стратегия элиминации мутаций: В племенном хозяйстве КРС выявлен бык-производитель — гетерозиготный носитель рецессивного летального аллеля (CVM). При этом бык обладает выдающейся племенной ценностью по EBV. Разработайте стратегию его использования: можно ли его применять, с какими кобылами/коровами, как контролировать потомство и в течение скольких поколений можно полностью элиминировать мутацию из стада?

18. Инбридинг и эффективная численность: Объясните разницу между фактическим инбридингом и эффективной численностью популяции ( $N_e$ ). Почему для долгосрочного сохранения популяции критически важно поддерживать  $N_e$  не ниже 50 (краткосрочно) и 500 (долгосрочно)? Как рассчитать  $N_e$  в племенном хозяйстве с 100 коровами и 5 быками?

19. Сохранение аборигенных пород: В чем заключается главная генетическая угроза для малочисленных аборигенных пород (например, якутской коровы или романовской овцы)? Разработайте концепцию программы сохранения такой породы с учетом комбинации методов *in situ* (разведение в хозяйствах) и *ex situ* (криобанк), а также стратегии минимизации инбридинга.

20. Генетическая экспертиза продукции: Как методы ДНК-идентификации применяются для выявления фальсификации мясной и молочной продукции (подмена видового состава, например, конины вместо говядины, добавление растительных жиров)? Опишите алгоритм ПЦР-анализа видовой принадлежности продукта.

### 3.1.2. Тестовые задания

Блок 1. Классическая, популяционная и количественная генетика

Коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) признака показывает:

- а) Долю фенотипической изменчивости, обусловленную аддитивным генетическим эффектом;
- б) Процент генов, ответственных за признак;
- в) Степень доминантности аллелей;
- г) Вероятность мутации гена.

Согласно закону Харди-Вайнберга, в идеальной популяции частоты аллелей и генотипов:

- а) Увеличиваются из поколения в поколение;
- б) Остаются постоянными из поколения в поколение при отсутствии эволюционных факторов;
- в) Снижаются из-за дрейфа генов;
- г) Зависят только от давления мутаций.

Метод BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) в селекции КРС применяется для:

- а) Определения масти теленка;
- б) Расчета ожидаемой племенной ценности (EBV) с учетом влияния среды, менеджмента и родственных связей;
- в) Визуальной оценки экстерьера;
- г) Диагностики инфекционных заболеваний.

Признак с низкой наследуемостью ( $h^2 < 0,1$ ), например плодовитость, наиболее эффективно улучшается:

- а) Массовым отбором по фенотипу;
- б) Отбором по родословной;
- в) Отбором по потомству и использованием методов BLUP/геномной селекции;
- г) Исключительно изменением рациона кормления.

Блок 2. Молекулярная генетика и ДНК-технологии

5. Метод, позволяющий одновременно анализировать сотни тысяч однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) по всему геному животного, называется:

- а) ПЦР в реальном времени;
- б) SNP-чипирование (генотипирование на микрочипе);
- в) Секвенирование по Сангеру;
- г) Электрофорез в агарозном геле.

Основным биологическим материалом для ДНК-паспортизации крупного рогатого скота является:

- а) Шерсть;
- б) Кровь, волосы с луковицами или ткани (биопсия хвоста, моча с клетками эпителия);
- в) Молоко без соматических клеток;
- г) Копытный рог.

Явление, при котором экспрессия гена зависит от того, от какого родителя он унаследован (материнский или отцовский аллель «молчит»), называется:

- а) Эпистаз;
- б) Геномный импринтинг;
- в) Комплементарность;
- г) Полиплоидия.

Международная база данных, содержащая информацию о последовательностях ДНК, генах и белках всех известных организмов, — это:

- а) Uniform-Agri;
- б) NCBI GenBank;
- в) DairyComp;
- г) WAHO.

Блок 3. Генетика продуктивных признаков и GWAS

9. Полиморфизм К-аллеля гена DGAT1 у КРС ассоциирован с:

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

Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) позволяет:

- а) Клонировать животных;
- б) Выявить статистически значимые связи между генетическими маркерами (SNP) и хозяйственно полезными признаками;
- в) Определить масть жеребенка;
- г) Провести искусственное осеменение.

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.

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

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

Блок 4. Биотехнологические методы и редактирование генома

13. Главное преимущество криоконсерсии семени жеребцов или быков-производителей заключается в:

- а) Удешевлении содержания животных;
- б) Возможности глобального обмена генофондом без транспортировки живых животных и использования семени после смерти производителя;
- в) Увеличении продолжительности жизни производителя;
- г) Полном исключении риска инфекций.

Технология CRISPR/Cas9 в животноводстве применяется для:

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

Принципиальное отличие редактирования генома (CRISPR/Cas9) от классического 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.

Трансплантация эмбрионов (ET) у элитной коровы-реципиента позволяет:

- а) Увеличить удой коровы-донора;
- б) Получить от одной высокоценной коровы-донора в течение сезона несколько десятков телят вместо одного;
- в) Изменить генотип получаемого потомства;
- г) Полностью исключить риск инбридинга.

Блок 5. Генетическое здоровье и управление ресурсами

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

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

Эффективная численность популяции ( $N_e$ ) — это:

- а) Общее количество животных в стаде;
- б) Размер идеальной популяции, в которой скорость дрейфа генов и инбридинга равна наблюдаемой в реальной популяции;
- в) Количество племенных быков-производителей;
- г) Число родившихся за год телят.

Критическим минимальным уровнем эффективной численности популяции ( $N_e$ ) для долгосрочного сохранения породы без потери генетического разнообразия считается:

- а)  $N_e < 10$ ;
- б)  $N_e \geq 500$ ;
- в)  $N_e = 10000$ ;
- г)  $N_e$  не имеет значения.

Основным методом предотвращения распространения наследственных заболеваний в племенном стаде является:

- а) Вакцинация всего поголовья;
- б) Генетический скрининг производителей и кобыл/коров с исключением носителей из племенного ядра или грамотным подбором пар;
- в) Улучшение кормления;
- г) Увеличение кратности доения.

### 3.1.3. Практические кейсовые задачи

Кейс 1. Расчет частот аллелей и генотипов (закон Харди-Вайнберга)

Условие: В племенном хозяйстве по разведению голштинского КРС при генетическом скрининге выявлено, что 4% телят имеют генотип по рецессивному наследственному заболеванию CVM (комплексный дефект позвоночного столба) — гомозиготы по мутантному аллелю (aa). Остальные животные фенотипически здоровы.

Задание:

Рассчитайте частоты аллелей ( $p$  — нормальный аллель A,  $q$  — мутантный аллель a) в популяции.

Определите частоты генотипов (AA, Aa, aa) и долю гетерозиготных носителей (Aa) в стаде.

Если в хозяйстве 1000 коров и используется 10 быков-производителей, все из которых — гетерозиготные носители (Aa), рассчитайте вероятность рождения больного теленка при случайном подборе пар. Предложите стратегию минимизации риска.

Кейс 2. Оценка наследуемости и прогнозирование генетического прогресса

Условие: В хозяйстве по разведению свиней-large white средний показатель среднесуточного прироста в контрольном периоде — 780 г. Были отобраны в ремонтное стадо животные со средним показателем 860 г (селекционный дифференциал  $S = 80$  г). Коэффициент наследуемости среднесуточного прироста  $h^2 = 0,35$ .

Задание:

Рассчитайте ожидаемый генетический прогресс (R) за одно поколение по формуле  $R = h^2 \times S$ .

Определите ожидаемый средний показатель среднесуточного прироста у потомков отобранных животных.

Как изменится стратегия отбора, если  $h^2 = 0,1$  (как для признака «многоплодие»)? Какие методы селекции (BLUP, геномная селекция, отбор по потомству) будут наиболее эффективны в этом случае?

Кейс 3. Анализ ДНК-теста и принятие селекционного решения

Условие: В племенном хозяйстве по разведению американских квартерхорсов на продажу выставлен 3-летний жеребец. По результатам ДНК-теста:

Ген HYPP (гиперкалиемический периодический паралич): N/N (гетерозиготный носитель);  
Ген GBED (гликоген-ветвящийся фермент дефицит): N/N (норма);  
Ген HERDA (наследственный региональный дерматоз): N/N (норма);  
Ген 5-панельных признаков (PSSM, MH, OAAM и др.): N/N.

Жеребец имеет выдающееся происхождение (отец — чемпион мира по рейнингу), отличные рабочие качества, но потенциальные покупатели-владельцы кобыл обеспокоены наличием мутации HYPP.

Задание:

Объясните, что означает генотип N/N по гену HYPP, каков тип наследования и какова вероятность передачи мутации потомству при спаривании с кобылой N/N.

Разработайте стратегию использования этого жеребца в разведении: с какими кобылами его можно спаривать, каких результатов ожидать, как документировать и маркировать потомство.

Сформулируйте аргументы для потенциальных покупателей: какие риски и какие преимущества несет использование этого жеребца.

Кейс 4. Разработка программы маркер-вспомогательной селекции (MAS)

Условие: Племенное хозяйство по разведению черно-пестрого КРС (1500 коров) хочет ускорить улучшение содержания белка в молоке. Текущий средний показатель — 3,1%. Известно, что ген DGAT1 имеет два основных аллеля: К (лизин) — ассоциирован с повышением жира и снижением удоя; А (аланин) — ассоциирован с повышением удоя и белка. В стаде частота аллеля А — 0,6.

Задание:

Опишите пошаговую программу MAS для улучшения содержания белка в молоке: отбор животных для генотипирования, интерпретация результатов, формирование селекционного ядра.

Рассчитайте экономический эффект: стоимость генотипирования 200 нетелей (по 2000 руб./гол.) vs ожидаемая прибавка содержания белка на 0,1% (при цене молока с учетом белковой составляющей).

Какие дополнительные генетические маркеры (ABCG2, GHR, STAT5A) вы бы рекомендовали включить в программу для комплексного улучшения молочных признаков?

Кейс 5. Интерпретация результатов GWAS и геномной селекции

Условие: По результатам полногеномного поиска ассоциаций (GWAS) у овец романовской породы на выборке 2000 голов получены следующие данные:

На хромосоме 2 обнаружен значимый QTL-локус ( $p < 5 \times 10^{-8}$ ), ассоциированный с многоплодием (объясняет 8% фенотипической изменчивости);

На хромосоме 6 — QTL, ассоциированный с длиной шерсти (объясняет 12% изменчивости);

На хромосоме 14 — QTL, ассоциированный с устойчивостью к внутренним паразитам (объясняет 5% изменчивости).

Геномная племенная ценность (GEBV) для каждого животного рассчитана по 50K SNP-чипу.

Задание:

Объясните, что означает уровень значимости  $p < 5 \times 10^{-8}$  и почему он является «золотым стандартом» в GWAS.

Как использовать выявленные QTL-локусы для ускорения селекции на многоплодие? Почему MAS здесь эффективнее традиционного отбора по фенотипу?

Разработайте селекционный индекс для комплексного улучшения породы, включив три выявленных признака с учетом их экономической ценности и наследуемости.

Кейс 6. Расчет коэффициента инбридинга и стратегия его минимизации

Условие: В малочисленном племенном хозяйстве по разведению романовских овец (100 маток, 3 барана-производителя) проводится плановый подбор пар. Один из баранов-производителей Б-1 по происхождению является внуком выдающегося барана-лидера Л. Второй баран Б-2 также происходит от Л, но через другого сына. Третий баран Б-3 — неродственный, закуплен из другого хозяйства.

Задание:

Рассчитайте ожидаемый коэффициент инбридинга (F) для потомков от спаривания: (а) Б-1 × дочери Б-1; (б) Б-1 × дочери Б-2; (в) Б-3 × дочери Б-1.

Оцените риски инбредной депрессии для каждого варианта (по шкале: умеренный, допустимый, опасный).

Разработайте 3-летнюю стратегию использования трех баранов для минимизации инбридинга при сохранении генетического прогресса. Какие дополнительные меры (криобанк, закупка новых производителей, обмен семенем) вы предложите?

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

Раздел 1. Теоретические основы генетики

Предмет, цели и задачи генетики животных. Роль генетических методов в современном животноводстве.

Цитологические основы наследственности: строение хромосом, кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.

Закономерности моногенного наследования: законы Менделя, типы взаимодействия аллельных и неаллельных генов.

Сцепленное наследование и кроссинговер: построение хромосомных карт, группы сцепления.

Генетика пола и наследование признаков, сцепленных с полом: практическое значение в птицеводстве и звероводстве.

Модификационная изменчивость: норма реакции, фенотипическая и генотипическая изменчивость.

Мутагенез: типы мутаций, мутагены, роль в селекции и патологии.

Раздел 2. Популяционная и количественная генетика

8. Популяционная генетика: закон Харди-Вайнберга, условия его выполнения, расчет частот аллелей и генотипов.

9. Факторы динамики генофонда: мутации, отбор, миграции, изоляция, дрейф генов.

10. Генетические основы количественных признаков: полигенное наследование.

11. Наследуемость (heritability) и повторяемость (repeatability): биологическая сущность, методы оценки, применение в селекции.

12. Методы оценки племенной ценности: BLUP, расчет EBV и селекционных индексов.

13. Генетический прогресс: формула, факторы, определяющие его скорость.

Раздел 3. Молекулярная генетика и ДНК-технологии

14. Молекулярные основы наследственности: структура ДНК и РНК, репликация, транскрипция, трансляция.

15. Эпигенетические механизмы: метилирование ДНК, модификации гистонов, импринтинг.

16. Методы выделения ДНК/РНК из биологического материала.

17. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): принципы, типы, применение в диагностике.

18. Методы секвенирования ДНК: от Сангера до NGS, применение в животноводстве.

19. SNP-чипирование и генотипирование: принципы, применение в GWAS и геномной селекции.

20. ДНК-паспортизация и контроль происхождения: панели микросателлитных маркеров и SNP.

21. Биоинформатика в животноводстве: базы данных NCBI, Ensembl, Animal QTLdb.

Раздел 4. Генетика продуктивных признаков и MAS

22. ДНК-маркеры продуктивности, мастей, аллюров и других хозяйственно полезных признаков.

23. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): концепция, преимущества, практические примеры (ген DGAT1, миостатин).

24. Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS): методология, интерпретация результатов.

25. Геномная селекция: концепция, расчет GEBV, внедрение в молочном скотоводстве.

26. Генетика молочной продуктивности КРС: основные гены и QTL.
  27. Генетика мясной продуктивности: гены миостатина, калпаина, кальпастина.
  28. Генетика яичной продуктивности птицы и шерстной продуктивности овец.
  29. Генетика воспроизводительных качеств: наследуемость плодовитости, материнский эффект.
  30. Генетика устойчивости к заболеваниям: маркеры резистентности к маститу, лейкозу, паразитозам.
  31. Генетика адаптивных качеств: теплоустойчивость, стрессоустойчивость.
- Раздел 5. Репродуктивные биотехнологии и редактирование генома
32. Генетические основы управления воспроизводством: гормональный контроль, синхронизация.
  33. Искусственное осеменение и криоконсерсия генома: генетическое значение.
  34. Трансплантация эмбрионов (ЕТ) и множественная суперовуляция: биологические основы.
  35. Репродуктивные биотехнологии: гинегенез, андрогенез, полиплоидия.
  36. Клонирование сельскохозяйственных животных: технология SCNT, достижения, ограничения.
  37. Редактирование генома (CRISPR/Cas9): принципы, практические примеры.
  38. Трансгенные животные: методы получения, практическое значение.
  39. Биоэтические и правовые аспекты применения биотехнологий в животноводстве.
- Раздел 6. Генетическое здоровье и управление ресурсами
40. Наследственные заболевания сельскохозяйственных животных: этиология, классификация, диагностика.
  41. Моногенные наследственные болезни КРС, свиней, овец, птиц: конкретные примеры (BLAD, CVM, HYPP, HAL-ген).
  42. Стратегии элиминации нежелательных мутаций из популяции.
  43. Инбридинг: методы расчета, инбредная депрессия, допустимые уровни.
  44. Мониторинг генетического разнообразия: эффективная численность ( $N_e$ ), методы расчета.
  45. Стратегии сохранения генофонда аборигенных и редких пород: *in situ* и *ex situ*, криобанки.
  46. Генетические ресурсы России: государственные каталоги, национальные селекционно-генетические центры.
  47. Использование больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта в геномной селекции.
  48. Сравнительная геномика сельскохозяйственных животных.
  49. Генетическая экспертиза и фальсификация продукции животноводства.
  50. Зарубежный опыт применения генетических методов в животноводстве.
  51. Перспективы развития генетики и генетических методов в животноводстве России.

### **3.1.5. 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»