

**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)

**«Молекулярно-генетические методы в биологической и
зоотехнической практике»**

Направление подготовки / специальность	36.03.02. «Зоотехния»
Направленность(и) (профиль(и))	«Генетика, генетические методы в практике животноводства»
Уровень образовательной программы	Бакалавриат
Форма(ы) обучения	Очная
Трудоемкость дисциплины, ЗЕТ	5
Трудоемкость дисциплины, час.	180

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 «Молекулярно-генетические методы в биологической и зоотехнической практике» заключается в формировании у обучающихся системы фундаментальных знаний о физико-химических и биологических основах современных молекулярно-генетических методов и прикладных профессиональных компетенций в области их лабораторного выполнения, интерпретации результатов и применения для решения широкого круга задач — от фундаментальных биологических исследований (видовая идентификация, филогенетика, популяционная генетика) до прикладных зоотехнических задач (контроль происхождения, диагностика наследственных заболеваний, маркерная селекция, экспертиза продукции животного происхождения).

Задачи дисциплины:

Теоретические основы методов: изучение физико-химических и биологических принципов работы ключевых молекулярно-генетических методов — выделения нуклеиновых кислот, полимеразной цепной реакции (ПЦР и её модификации), электрофореза, гибридизации (Southern, Northern, FISH), секвенирования (Сангер, NGS), клонирования ДНК.

Лабораторная практика: формирование навыков работы с современным лабораторным оборудованием (ПЦР-амплификаторы, центрифуги, спектрофотометры, системы электрофореза и документирования), соблюдения правил асептики, работы с биологическими образцами и реактивами. Биоинформатическая обработка: освоение базовых навыков работы с биоинформатическими ресурсами (NCBI, BLAST, Clustal, MEGA) для анализа последовательностей, поиска гомологов, построения филогенетических деревьев и интерпретации результатов молекулярных исследований. Применение в биологических исследованиях: изучение применения молекулярных методов для видовой и внутривидовой идентификации, филогенетического анализа, изучения генетического разнообразия популяций, мониторинга биоразнообразия и решения задач экологической генетики. Применение в зоотехнической практике: освоение методов ДНК-контроля происхождения, генетического скрининга наследственных заболеваний, идентификации маркеров продуктивности и качества продукции, экспертизы видовой принадлежности сырья и продуктов животного происхождения. Нормативное обеспечение и контроль качества: изучение стандартов проведения молекулярно-генетических исследований (ISO, ГОСТ, рекомендации ISAG), принципов валидации методов, обеспечения качества результатов (внутренний и внешний контроль) и нормативно-правовой базы их применения.

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-9 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 Знать: Понятия и задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации ИД-2 ПК9 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 ИД-3 ПК9 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	все разделы
ПК-10 Способен владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных	ИД-1ПК10 Знать: Методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных ИД-2 ПК10 Уметь применять методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных ИД-3 ПК10 Владеть: Способностью владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных	все разделы
ПК-11 Способен применять современные методы исследований в области животноводства	ИД-1ПК11 Знать: Современные методы исследований в области животноводства ИД-2 ПК11 Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства ИД-3 ПК11 Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства	все разделы

ПК-12 Способен использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных	ИД-1ПК12 Знать: Методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных ИД-2 ПК12 Уметь: Использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных ИД-3 ПК12 Владеть: Способностью использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных	все разделы
ПК-1 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 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 ИД-2 ПК1 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 ИД-3 ПК1 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	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 и	практические (семинарские)	лабораторные	самостоятельная работа		
1. Теоретические основы и методы выделения нуклеиновых кислот							
1.1	Физико-химические основы молекулярной генетики: структура ДНК/РНК, принципы комплементарности, денатурация и ренатурация.	2	4	-	9	УО, Т	Лекция-визуализация; Инструктаж по ТБ; Демонстрация устройства ПЦР-бокса и ламинарного шкафа
	Организация лабораторной работы: правила асептики, техника безопасности.						
1.2	Методы выделения и очистки ДНК/РНК из биологических образцов (кровь, ткани, волосы, сперма, молоко). Оценка качества и количества нуклеиновых кислот: спектрофотометрия (NanoDrop), флуорометрия, электрофорез.	2	4	-	10	УО, ПР	Практикум: выделение ДНК из образцов крови/тканей; работа со спектрофотометром; анализ качества ДНК
2. Полимеразная цепная реакция и методы амплификации							
2.1	Принципы ПЦР: компоненты реакции, подбор праймеров, температурные режимы, оптимизация условий.	2	4	-	9	УО, Т	Лекция-дискуссия; Анализ электрофореграмм ПЦР-продуктов; Сравнение методов амплификации
	Модификации ПЦР: ПЦР-РВ (qPCR), ПЦР-ПДРФ, мультиплексная, вложенная, ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР).						
2.2	Постановка ПЦР: подготовка мастер-микса, дозирование, работа с амплификатором.	2	4	-	10	УО, ПР	Практикум: постановка ПЦР на выявление видоспецифичных маркеров; анализ результатов электрофореза
	Интерпретация результатов: анализ амплификационных кривых, контроль загрязнений, оценка специфичности.						
3. Электрофорез, гибридизация и секвенирование							
3.1	Электрофорез ДНК/РНК в агарозном и полиакриламидном геле: принципы, буферные системы, окрашивание (бромистый этидий, SYBR),	2	4	-	9	УО, ПР	Практикум: проведение электрофореза ПЦР-продуктов; анализ результатов на геле-документирующей системе

№	Темы занятий	Виды учебных занятий и трудоёмкость, час.				Контроль	Применяемые
	документирование. Методы гибридизации: Southern, Northern, FISH-анализ. Методы секвенирования ДНК: классический метод Сангера, высокопроизводительное секвенирование (NGS). Принципы работы платформ Illumina, Ion Torrent. Капиллярный электрофорез.	2	4	-	10	УО, Т, ПР	Видеоанализ работы секвенаторов; Интерпретация хроматограмм секвенирования; сравнение методов
3.2	е						
4.	Биоинформатический анализ и применение в биологических исследованиях						
	Основы работы с биоинформатическими ресурсами: базы данных NCBI (GenBank, dbSNP, PubMed), Ensembl, EMBL-EBI. Поиск гомологов с помощью BLAST. Работа с последовательностями: формат FASTA, выравнивание (Clustal, MEGA). Применение молекулярных методов в биологии: видовая и внутривидовая идентификация, филогенетический анализ, популяционная генетика, изучение биоразнообразия, экологическая генетика.	2	4	-	9	УО, ПР	Практикум в компьютерном классе: поиск последовательностей , BLAST-анализ, множественное выравнивание
4.1							
4.2		2	4	-	9	УО, ПР, 3	Построение филогенетических деревьев в MEGA; Анализ генетического разнообразия популяций; Защита мини-проекта
5.	Применение в зоотехнической практике и экспертизе						
	ДНК-контроль происхождения сельскохозяйственных животных: панели микросателлитных маркеров (ISAG), SNP- панели. Генетический скрининг наследственных заболеваний (BLAD, CVM, HYPP, HAL). Маркер- вспомогательная селекция (MAS): идентификация маркеров продуктивности (DGAT1, миостатин, калпаин). ДНК- экспертиза фальсификации продукции животного происхождения: видовая идентификация,	2	4	-	9	УО, ПР	Разбор практических ситуаций по контролю происхождения; Анализ генетических паспортов; Интерпретация тестов на наследственные болезни
5.1							
5.2		2	4	-	9	УО, Т, ПР	Интерпретация результатов MAS; ПЦР-анализ видовой принадлежности мясных продуктов; Защита проекта по внедрению MAS

№ п/п	Темы занятий	Виды учебных занятий и трудоемкость, час.				Контроль знаний*	Применяемые активные и интерактивные технологии обучения
		лекции	практические (семинарские)	лабораторные	самостоятельная работа		

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 развития молекулярной генетики: от открытия структуры ДНК до современных геномных технологий.
2. Организация молекулярно-генетической лаборатории: зонирование, требования к помещениям, правила асептики и антиконтаминации.
3. Техника безопасности при работе с биологическими образцами, химическими реактивами и ультрафиолетовым излучением.
4. Структура и физико-химические свойства нуклеиновых кислот: денатурация, ренатурация, температура плавления (T_m).
5. Методы выделения ДНК: органическая экстракция (фенол-хлороформная), метод высаливания.
6. Современные коммерческие наборы для выделения ДНК/РНК: силикатные мембраны (spin columns) и магнитные частицы.
7. Особенности выделения нуклеиновых кислот из различных биологических образцов (цельная кровь, ткань, волосы с луковицами, сперма, молоко).
8. Выделение и стабилизация РНК: проблема РНКаз, использование ингибиторов, метод TRIzol.
9. Методы оценки концентрации и чистоты нуклеиновых кислот: спектрофотометрия (соотношения 260/280 и 260/230).
10. Флуорометрические методы количественной оценки ДНК/РНК с использованием интеркалирующих красителей (PicoGreen, Qubit).
11. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): история открытия, механизм, компоненты реакционной смеси.
12. Ферменты, используемые в ПЦР: Taq-полимераза, Pfu-полимераза, их свойства и применение.
13. Дизайн праймеров для ПЦР: правила подбора, расчет температуры отжига, использование программ (Primer3, OligoAnalyzer).
14. Оптимизация условий ПЦР: влияние концентрации ионов магния, температуры отжига, количества матрицы и праймеров.
15. Виды контаминации в ПЦР-лаборатории и методы борьбы с ней: УФО, урацил-ДНК-гликозилаза (UDG), разделение потоков.
16. Мультиплексная ПЦР: принципы постановки, подбор совместимых праймеров, применение в генетической экспертизе.
17. ПЦР в реальном времени (qPCR): химии детекции (интеркалирующие красители SYBR Green, TaqMan-зонды).
18. Анализ данных qPCR: методы абсолютной и относительной количественной оценки (метод $2^{-\Delta\Delta Ct}$).
19. Обратная транскрипция и ОТ-ПЦР (RT-PCR): применение для анализа экспрессии генов и выявления РНК-вирусов.

20. ПЦР с анализом длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ / RFLP): принцип метода, подбор рестриктаз.
21. Методы амплификации фрагментов с неизвестной последовательностью: RAPD, ISSR, AFLP.
22. Электрофорез нуклеиновых кислот в агарозном геле: приготовление гелей, выбор буферных систем (TAE, TBE).
23. Интеркалирующие красители для ДНК: бромистый этидий, SYBR Safe, GelRed. Токсичность и утилизация.
24. Полиакриламидный гель-электрофорез (PAGE): принцип, применение для разделения коротких фрагментов и микросателлитов.
25. Капиллярный электрофорез: принцип работы, применение в автоматическом секвенировании и фрагментном анализе.
26. Методы гибридизации нуклеиновых кислот: Саузерн-блоттинг (ДНК) и Норзерн-блоттинг (РНК).
27. Флуоресцентная *in situ* гибридизация (FISH): принцип, подготовка метафазных пластинок, применение в цитогенетике животных.
28. ДНК-микрочипы: технология создания, принцип гибридизации, применение в экспрессионном анализе и SNP-генотипировании.
29. Секвенирование ДНК по методу Сэнгера: принцип дидезоксиметодного терминации цепи, капиллярный электрофорез.
30. Интерпретация хроматограмм секвенирования: оценка качества прочтения (Phred score), выявление гетерозиготных мутаций.
31. Высокопроизводительное секвенирование (NGS): обзор платформ второго поколения (Illumina, Ion Torrent).
32. Секвенирование третьего поколения: технологии длинных прочтений (PacBio SMRT, Oxford Nanopore).
33. Подготовка библиотек для NGS: фрагментация ДНК, лигирование адаптеров, амплификация, оценка качества библиотек.
34. Молекулярно-генетические маркеры: классификация, эволюция от аллозимов к SNP.
35. Микросателлиты (STR): структура, механизм возникновения, методы генотипирования, значение в контроле происхождения.
36. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNP): типы, частота встречаемости, методы детекции (ПЦР-ПДРФ, TaqMan, KASP).
37. Структурные вариации генома: InDel, CNV (вариации числа копий генов), инверсии, их роль в фенотипической изменчивости.
38. Международные базы данных нуклеотидных последовательностей: GenBank (NCBI), ENA (EMBL-EBI), DDBJ.
39. Алгоритм BLAST: принципы поиска гомологов, интерпретация E-value и bit score.
40. Форматы биоинформатических данных: FASTA, FASTQ, GenBank, SAM/BAM, VCF.
41. Множественное выравнивание последовательностей: алгоритмы (ClustalW, MUSCLE), программы (MEGA, BioEdit).
42. Основы молекулярной филогенетики: методы построения деревьев (Neighbor-Joining, Maximum Likelihood, Bayesian inference).
43. Молекулярные часы и калибровка филогенетических деревьев: применение в эволюционной биологии.
44. ДНК-штрихкодирование (DNA barcoding): концепция, стандартные маркеры для животных (COI) и растений (rbcL, matK).
45. Популяционная генетика на молекулярном уровне: расчет генетических дистанций, F-статистика, анализ главного компонента (PCA).

46. Экологическая ДНК (eDNA): методы отбора проб из воды и почвы, применение для мониторинга биоразнообразия.
47. Рекомендации ISAG (Международного общества генетики животных) по стандартизации панелей микросателлитов для КРС, свиней, овец, лошадей.
48. Алгоритм ДНК-контроля происхождения: процедура исключения отца/матери, учет мутаций и нулевых аллелей.
49. Моногенные наследственные заболевания КРС (BLAD, CVM, DUMPS, FXID): молекулярная природа мутаций и методы ПЦР-диагностики.
50. Наследственные заболевания свиней (стресс-синдром PSS/Ryr1, злокачественная гипертермия) и методы их генетического скрининга.
51. Наследственные заболевания лошадей (HYPP, HERDA, GBED, PSSM1) и организация тестирования в коневодстве.
52. Маркер-вспомогательная селекция (MAS) в молочном и мясном скотоводстве: гены-кандидаты (DGAT1, GHR, MSTN, CAPN1).
53. Определение пола у сельскохозяйственных животных и птиц молекулярными методами (гены SRY, AMEL, CHD1).
54. ДНК-экспертиза мясной продукции: выявление видовой фальсификации с помощью видоспецифичной ПЦР и мультиплексной ПЦР.
55. Выявление генетически модифицированных организмов (ГМО) в кормах и продуктах питания методами ПЦР в реальном времени.
56. Идентификация породной принадлежности животных по ДНК: поиск породоспецифичных SNP и микросателлитных профилей.
57. Стандартизация молекулярно-генетических исследований: требования ISO/IEC 17025 к испытательным лабораториям.
58. Руководство MIQE (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments): стандарты отчетности по qPCR.
59. Внутренний и внешний контроль качества (IQC и EQA/PT) в молекулярно-генетической лаборатории.
60. Валидация и верификация молекулярно-генетических методик: оценка специфичности, чувствительности, воспроизводимости и предела обнаружения.
61. Автоматизация в молекулярной генетике: роботизированные станции для выделения ДНК и постановки ПЦР.
62. Криоконсервация биологического материала для молекулярных исследований: методы заморозки тканей, крови и ДНК-библиотек.
63. Эпигенетические методы анализа: бисульфитное секвенирование для оценки метилирования ДНК у животных.
64. Транскриптомика в зоотехнии: использование RNA-seq для изучения экспрессии генов, связанных с продуктивностью и стрессом.
65. Перспективы развития молекулярной диагностики: изотермальная амплификация (LAMP), CRISPR-диагностика (SHERLOCK, DETECTR), микрофлюидика.

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. 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.

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. 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.

7. Кузнецова, О.В. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДНК-ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВЕДЕНИИ ЖИВОТНЫХ / О.В. Кузнецова, М.Ю. Гладких // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2007. — № 1. — С. 79-85. — ISSN 0021-342X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/295503> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Макавчик, С.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ MYCOPLASMA BOVIS В МОЛОКЕ КОРОВ ПРИ МАСТИТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА МИКРОЧИПЕ С ЛИОФИЛИЗИРОВАННЫМИ ТЕСТ-СИСТЕМАМИ / С. А. Макавчик // Международный вестник ветеринарии. — 2019. — № 2. — С. 11-16. — ISSN 2072-2419. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/320417> (дата обращения: 25.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Многофакторный регрессионный анализ молочных признаков коров голштинской породы / Г. Г. Карликова, G. G. Karlikova, А. Ф. Контэ, А. F. Konte // Аграрный вестник Урала. — 2021. — № 11 (214). — С. 27-35. — ISSN 1997-4868. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/341822> (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. Митютко, В. И. Практикум по биометрии : учебное пособие / В. И. Митютко, 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. Митютко, В. И. Частная генетика : учебное пособие / В. И. Митютко, 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. Караваяево : 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)

№ 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)

**Молекулярно-генетические методы в биологической и
зоотехнической практике**

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 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 Знать: Понятия и задачи в производственной деятельности связанные с реализацией и разработкой технологий отраслей в животноводстве и рационального использования средств механизации и автоматизации ИД-2 ПК9 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 ИД-3 ПК9 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 Способен владеть методами селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных	ИД-1ПК10 Знать: Методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных ИД-2 ПК10 Уметь применять методы селекции, кормления, содержания и использования различных видов животных ИД-3 ПК10 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 Способен применять	ИД-1ПК11 Знать: Современные методы исследований в области животноводства	УО, К, Т, Э	Вопросы для подготовки к устному

современные методы исследований в области животноводства	ИД-2 ПК11 Уметь: Применять современные методы исследований в области животноводства ИД-3 ПК11 Владеть: Способностью применять современные методы исследований в области животноводства		опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену
ПК-12 Способен использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных	ИД-1ПК12 Знать: Методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных ИД-2 ПК12 Уметь: Использовать методы оценки качества и стандартизации кормов и продукции, сертификации племенных животных ИД-3 ПК12 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 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 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 ИД-2 ПК1 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 ИД-3 ПК1 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 не зачтено	удовлетворительно	хорошо	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 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 и устным опросам и экзаменам

3.1.1. Вопросы для подготовки к коллоквиумам

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. Организация лаборатории и выделение нуклеиновых кислот

1. **Качество ДНК и воспроизводимость ПЦР:** При выделении ДНК из образцов крови КРС спектрофотометрический анализ показал соотношение $A_{260}/A_{280} = 1,5$ (норма 1,8–2,0) и $A_{260}/A_{230} = 0,9$ (норма $>2,0$). О каких примесях свидетельствуют эти показатели? Как наличие этих примесей повлияет на последующие этапы работы (ПЦР, рестрикция, секвенирование)? Какие методы очистки ДНК вы предложите для устранения каждой из проблем?
2. **Выбор метода выделения:** Вам необходимо выделить ДНК для массового генотипирования 500 голов молочного КРС. Образцы будут поступать в виде: (а) пробировок крови на фильтровальной бумаге (FTA-карты), (б) хвостовых биопсий в спирте, (в) образцов молока с соматическими клетками, (г) шерстных луковиц от быков-производителей. Обоснуйте выбор метода выделения (органическая экстракция, силикатные мембраны, магнитные частицы, прямой лизис) для каждого типа образцов с учётом стоимости, производительности и качества выхода ДНК.
3. **Работа с РНК:** При изучении экспрессии генов, связанных с маститом у коров (BoLA-DRB3, CXCR1), необходимо выделить РНК из ткани вымени. Объясните, почему работа с РНК требует принципиально иных условий, чем работа с ДНК. Какие этапы протокола критичны для предотвращения деградации РНК РНКазами? Как оценить целостность выделенной РНК и почему для этого недостаточно спектрофотометрии?

Коллоквиум № 2. ПЦР и методы амплификации

4. **Отсутствие амплификации:** При постановке ПЦР на выявление мутации гена DGAT1 у КРС в положительном контроле получен чёткий продукт ожидаемого размера (240 п.н.), а во всех исследуемых образцах амплификация отсутствует. Перечислите не менее 5 возможных причин этой проблемы и предложите алгоритм их пошагового выявления и устранения. Какие компоненты реакции наиболее критичны для оптимизации?

5. **Неспецифическая амплификация и праймеры:** При ПЦР-анализе микросателлитных локусов для контроля происхождения лошадей на электрофореграмме наблюдается множественная неспецифическая амплификация («дорожка» по всему гелю) и димеры праймеров. Объясните физико-химические причины этих явлений. Какие параметры праймеров (T_m , GC-состав, длина, вторичные структуры) и условия реакции (концентрация Mg^{2+} , температура отжига, hot start) вы будете оптимизировать для устранения проблемы?

6. **Выбор метода ПЦР для конкретной задачи:** Хозяйство планирует внедрить молекулярный скрининг. Сравните четыре метода амплификации по критериям (стоимость, производительность, точность, возможность мультиплексирования): (а) классическая ПЦР с электрофорезом; (б) ПЦР-ПДРФ (RFLP); (в) ПЦР в реальном времени с TaqMan-зондами; (г) KASP-анализ. Какой метод вы порекомендуете для: (1) выявления единичной точечной мутации (HYPP у лошадей); (2) одновременного определения 30 микросателлитных локусов; (3) массового генотипирования 1000 голов КРС по 5 SNP-маркерам?

Коллоквиум № 3. Электрофорез, гибридизация и секвенирование

7. **Интерпретация электрофореграмм:** На электрофореграмме ПЦР-продукта микросателлитного локуса BM1824 у телёнка обнаружены две аллельные полосы: 142 п.н. и 150 п.н. У заявленной матери — 142 п.н. и 158 п.н., у заявленного отца — 150 п.н. и 154 п.н. Совпадает ли профиль телёнка с профилями родителей? Что можно сказать о происхождении? Как изменится интерпретация, если у телёнка появится третья полоса 146 п.н. (какие биологические явления могут это объяснить)?

8. **Выбор метода секвенирования:** Вам необходимо: (а) подтвердить точечную мутацию в конкретном экзоне гена у 50 животных; (б) получить полный геном нового штамма вируса

диареи КРС; (в) проанализировать экспрессию 20 000 генов в ткани печени быков с разным уровнем конверсии корма. Обоснуйте выбор метода секвенирования (Сэнгер, Illumina MiSeq/HiSeq, PacBio, RNA-seq) для каждой задачи с учётом стоимости, длины прочтений, пропускной способности и требуемой глубины покрытия.

9. FISH-анализ в зоотехнии: Объясните принцип флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH). В каких практических задачах зоотехнии и ветеринарии применяется этот метод (выявление хромосомных aberrаций, локализация генов, анализ трансгенных животных, межвидовые гибриды)? Приведите пример использования FISH для анализа кариотипа у межвидовых гибридов (например, зубр × бизон или як × КРС).

Коллоквиум № 4. Биоинформатика и молекулярные маркеры

10. BLAST-анализ и видовая идентификация: В ходе ДНК-экспертизы мясной продукции методом ПЦР с универсальными праймерами к гену COI (цитохром с-оксидаза I) получен фрагмент 650 п.н. После секвенирования и BLAST-поиска в GenBank выявлено 99% сходство с последовательностью *Equus caballus* (лошадь) и только 82% с *Bos taurus* (КРС). Объясните алгоритм BLAST-поиска: что означают показатели E-value ($1e-150$) и Query Cover (100%)? Как по этим данным сделать окончательный вывод о видовой принадлежности продукта? Почему ген COI является стандартным маркером для ДНК-штрихкодирования животных?

11. Микросателлиты vs SNP: Сравните два типа молекулярных маркеров — микросателлиты (STR) и однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) — по критериям: полиморфизм (PIC), частота мутаций, плотность в геноме, стоимость генотипирования, автоматизация, информативность для контроля происхождения и геномной селекции. Почему ISAG до сих пор рекомендует микросателлиты для контроля происхождения, а для геномной селекции повсеместно перешли на SNP-чипы?

12. Построение филогенетического дерева: Вам необходимо установить филогенетические отношения между 5 аборигенными породами КРС России (якутская, калмыцкая, аулиеатинская, тагильская, бестужевская) и 3 зарубежными породами (голландская, абердин-ангусская, герефордская). Опишите пошаговый алгоритм: выбор генетического маркера (митохондриальная ДНК, Y-хромосома, микросателлиты, SNP), выравнивание последовательностей (ClustalW, MEGA), выбор модели нуклеотидных замен, метод построения дерева (Neighbor-Joining, Maximum Likelihood), оценка надёжности узлов (bootstrap). Как интерпретировать длину ветвей и значение bootstrap >70%?

Коллоквиум № 5. Применение в зоотехнической практике

13. Контроль происхождения и спорные случаи: При ДНК-контроле происхождения жеребёнка чистокровной верховой породы по панели из 17 микросателлитных локусов (рекомендация ISAG) выявлено несовпадение с заявленным отцом по 2 локусам (AMHR2 и ASB2). Мать полностью соответствует. Владелец утверждает, что это ошибка лаборатории. Объясните биологические причины, которые могут привести к такому результату: (а) мутация *de novo* в зародышевой линии; (б) химеризм/мозаицизм; (в) подмена семени при искусственном осеменении; (г) двойное оплодотворение; (д) нулевые аллели. Каков алгоритм повторного тестирования и какова процедура окончательного исключения отца согласно правилам племенных книг?

14. MAS против геномной селекции: Хозяйство по разведению голштинского КРС хочет улучшить стадо по трём признакам: (а) содержание белка в молоке (ген DGAT1, крупный эффект); (б) устойчивость к маститу (полигенный признак, $h^2 = 0,05$); (в) комолость (ген POLLED, простой менделирующий). Для какого из этих признаков наиболее эффективна MAS, для какого — полногеномная селекция (GS), и почему? Объясните, почему MAS теряет эффективность для полигенных признаков с низкой наследуемостью.

15. ДНК-экспертиза фальсификата: На мясокомбинат поступила партия «мраморной говядины» премиум-класса. Возникло подозрение на фальсификацию: подмену части говядины кониной, добавление механически обваленного мяса (МОМ) птицы и использование мяса старых животных. Разработайте комплексный алгоритм ПЦР-анализа:

(а) видоспецифичная ПЦР для КРС и лошадей; (б) мультиплексная ПЦР для одновременного выявления 5 видов мяса; (в) ПЦР-ПДРФ или qPCR для выявления МОМ птицы; (г) анализ метилирования ДНК или теломерной длины для определения возраста животного. Какие праймеры и маркеры вы будете использовать?

Коллоквиум № 6. Контроль качества и нормативное обеспечение

16. Валидация методики: Лаборатория внедряет новую ПЦР-методику выявления мутации гена BLAD у КРС. Опишите протокол валидации этой методики согласно требованиям ISO/IEC 17025 и MIQE. Какие параметры необходимо оценить: специфичность (включая перекрёстную реактивность с ДНК других видов), аналитическая чувствительность (предел обнаружения, LOD), воспроизводимость (внутрилабораторная и межлабораторная прецизионность), робастность? Как проводится верификация на независимой панели образцов?

17. Внутренний и внешний контроль качества: Объясните разницу между внутренним контролем качества (IQC) и внешним контролем качества (EQA/PT) в молекулярно-генетической лаборатории. Какие материалы используются для IQC (положительные/отрицательные контроли, внутренние амплификационные контроли, IAC)? Какую роль играют межлабораторные сличительные испытания (proficiency testing) под эгидой ISAG и национальных аккредитационных органов? Что произойдёт, если лаборатория систематически не проходит EQA?

18. Юридическая сила результатов: ДНК-заключение о контроле происхождения или видовой принадлежности продукции используется в судебных разбирательствах и при оформлении племенных свидетельств. Какие требования к оформлению протокола исследований обеспечивают его юридическую силу (аккредитация лаборатории по ISO 17025, прослеживаемость образцов, хранение архива ДНК, подпись ответственного лица)? Как обеспечивается цепочка custody (непрерывность хранения) образцов от момента отбора до выдачи заключения?

3.1.2. Тестовые задания

Блок 1. Организация лаборатории и выделение нуклеиновых кислот

1. **Соотношение оптической плотности ДНК A260/A280 = 1,5 свидетельствует о:** а) Высокой чистоте препарата ДНК; б) Загрязнении препарата белком; в) Загрязнении солями или фенолом; г) Деградация ДНК до коротких фрагментов.
2. **Основным ингибитором РНКаз, используемым при выделении РНК, является:** а) ЭДТА; б) DEPC (диэтилпирокарибонат) и коммерческие ингибиторы РНКаз (RNasin); в) Трис-HCl; г) Бромистый этидий.
3. **Метод TRIzol для выделения РНК основан на:** а) Фенол-хлороформной экстракции с кислым рН, разделяющей РНК, ДНК и белки по фазам; б) Силикатной мембране; в) Магнитных частицах; г) Электрофорезе в денатурирующем геле.

Блок 2. ПЦР и методы амплификации

4. **Оптимальная температура отжига праймеров обычно составляет:** а) 37 °C; б) На 3–5 °C ниже расчётной температуры плавления (Tm) праймеров; в) 95 °C; г) 72 °C.
5. **Фермент, обладающий 3'→5' экзонуклеазной активностью и обеспечивающий высокую точность амплификации, — это:** а) Taq-полимераза; б) Pfu-полимераза; в) Обратная транскриптаза; г) T4-ДНК-лигаза.
6. **Метод ПЦР в реальном времени с TaqMan-зондами основан на:** а) Интеркаляции красителя SYBR Green в двухцепочечную ДНК; б) Гидролизе зонда с флуоресцентной меткой во время амплификации и высвобождении флуоресцентного сигнала; в) Электрофоретическом разделении продуктов; г) Гибридизации с мембраной.
7. **Для одновременного выявления нескольких точечных мутаций в одной реакции наиболее эффективен метод:** а) Классическая ПЦР; б) Мультиплексная ПЦР в реальном времени с разными флуоресцентными метками; в) Саузерн-блоттинг; г) FISH-анализ.

Блок 3. Электрофорез, гибридизация и секвенирование

8. **Метод Саузерн-блоттинга применяется для:** а) Детекции специфических последовательностей ДНК после электрофореза и переноса на мембрану; б) Анализа экспрессии РНК; в) Локализации генов на хромосомах; г) Секвенирования ДНК.
9. **Флуоресцентная *in situ* гибридизация (FISH) используется для:** а) Количественного определения концентрации ДНК; б) Визуальной локализации специфических последовательностей ДНК непосредственно на хромосомах или в клетках; в) Амплификации генов; г) Выделения РНК.
10. **Метод секвенирования ДНК по Сэнгеру основан на:** а) Пирофосфатной детекции; б) Использовании дидезоксинуклеотидов (ddNTP), обрывающих синтез цепи, с флуоресцентными метками; в) Измерении изменения рН при incorporation нуклеотида; г) Пропускании ДНК через нанопору.

Блок 4. Биоинформатика и молекулярные маркеры

11. **Алгоритм BLAST применяется для:** а) Выделения ДНК; б) Поиска гомологичных последовательностей в базах данных по сходству с запрошенной; в) Постановки ПЦР; г) Электрофореза.
12. **Стандартным маркером ДНК-штрихкодирования животных является ген:** а) 16S рРНК; б) COI (цитохром с-оксидаза I) митохондриальной ДНК; в) rbcL; г) SRY.
13. **Микросателлитные маркеры (STR) представляют собой:** а) Однонуклеотидные замены; б) Короткие tandemные повторы длиной 2–6 п.н., высокополиморфные из-за вариабельности числа повторов; в) Длинные диспергированные элементы; г) Транспозоны.
14. **Значение E-value = 1e-150 в результате BLAST-поиска означает:** а) Низкую значимость совпадения; б) Крайне высокую статистическую значимость совпадения, практически исключающую случайное сходство; в) Процент идентичности; г) Длину последовательности.

Блок 5. Применение в зоотехнической практике

15. **Наследственное заболевание BLAD у КРС вызвано мутацией в гене:** а) Миостатина (MSTN); б) CD18 (интегрин лейкоцитов); в) DGAT1; г) POLLED.
16. **Панель микросателлитных маркеров для контроля происхождения лошадей согласно ISAG включает:** а) 5 локусов; б) 17 стандартизированных локусов (включая ANT4, ASB2, HTG4 и др.); в) 100 локусов; г) Только Y-хромосомные маркеры.
17. **Ген миостатина (MSTN) с мутацией «double muscling» ассоциирован с:** а) Повышением удоя; б) Гипертрофией мышечной ткани у мясных пород КРС; в) Комолостью; г) Устойчивостью к лейкозу.
18. **Для определения видовой принадлежности мяса наиболее информативен метод:** а) Органолептический анализ; б) ПЦР с видоспецифичными праймерами к митохондриальным генам (COI, cyt b, 12S rRNA); в) Определение содержания белка; г) Микробиологический посев.

Блок 6. Контроль качества и нормативное обеспечение

19. **Стандарт ISO/IEC 17025 регламентирует:** а) Правила содержания животных; б) Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий; в) Методы секвенирования; г) Правила перевозки биоматериала.
20. **Руководство MIQE устанавливает стандарты отчётности для:** а) Секвенирования полного генома; б) Количественной ПЦР в реальном времени (qPCR); в) Электрофореза; г) FISH-анализа.

3.1.3. Практические кейсовые задачи

Кейс 1. Интерпретация спектрофотометрии и качества ДНК **Условие:** В молекулярно-генетической лаборатории выделена ДНК из 50 образцов хвостовых биопсий КРС.

Спектрофотометрический анализ (NanoDrop) дал следующие результаты:

- Образец 1: A260 = 120 нг/мкл, A260/A280 = 1,85, A260/A230 = 2,1.
- Образец 2: A260 = 250 нг/мкл, A260/A280 = 1,4, A260/A230 = 0,7.
- Образец 3: A260 = 8 нг/мкл, A260/A280 = 1,9, A260/A230 = 2,0.
- Образец 4: A260 = 90 нг/мкл, A260/A280 = 1,8, A260/A230 = 1,9.
- Образец 5: A260 = 45 нг/мкл, A260/A280 = 1,2, A260/A230 = 0,5. **Задание:**

1. Оцените качество и концентрацию каждого образца.
2. Укажите, какие образцы пригодны для постановки ПЦР, секвенирования и SNP-чипирования без дополнительной очистки.
3. Для проблемных образцов предложите методы доочистки и объясните, какие примеси вызвали отклонения.
4. Рассчитайте общий выход ДНК из образца 1, если элюция проводилась в 50 мкл буфера.

Кейс 2. Интерпретация электрофореграммы контроля происхождения **Условие:**

Проведён ДНК-контроль происхождения телёнка по 3 микросателлитным локусам.

Получены следующие профили (размеры аллелей в п.н.):

- Локус TGLA53: телёнок — 118/126; мать — 118/130; заявленный отец — 122/126.
- Локус BM1824: телёнок — 142/150; мать — 142/158; заявленный отец — 150/154.
- Локус ETH10: телёнок — 148/160; мать — 148/164; заявленный отец — 156/160.

Задание:

1. Проверьте каждый локус на соответствие менделевскому наследованию: может ли один из аллелей телёнка быть унаследован от матери, а второй — от отца?
2. Сделайте окончательный вывод о происхождении телёнка.
3. Если бы в одном из локусов обнаружилось несовпадение, какие биологические причины (мутация de novo, нулевой аллель, химеризм) могли бы это объяснить? Каков алгоритм дальнейших действий?
4. Как изменится интерпретация, если у телёнка в локусе TGLA53 появятся три полосы (118/122/126)?

Кейс 3. Анализ хроматограммы секвенирования **Условие:** Проведено секвенирование по Сэнгеру участка гена DGAT1 у КРС (позиция, где известен полиморфизм К/А, лизин/аланин). Получена хроматограмма, в которой в позиции 420 наблюдается наложение двух пиков: зелёный (G) и чёрный (C) примерно равной высоты. В позиции 421 — только пик А. Кодон в позиции 420–422 у разных аллелей: А-аллель (аланин) — GCA, К-аллель (лизин) — AAA. **Задание:**

1. Определите генотип животного в данной позиции (гомозигота или гетерозигота).
2. Объясните, почему на хроматограмме в позиции 420 наблюдается два пика, а в позиции 421 — один.
3. Какой фенотип (уровень удоя и содержание жира в молоке) ожидается у этого животного с учётом известных эффектов аллелей К и А гена DGAT1?
4. Что означают показатели Phred quality score Q30 и Q20 в этой хроматограмме? Какая позиция считается надёжно прочитанной?

Кейс 4. ДНК-экспертиза фальсификации мясной продукции **Условие:** В

Роспотребнадзор поступила жалоба на колбасу «Говяжья премиум», где, по данным маркировки, должно быть 100% говядины. Для ДНК-экспертизы выделена ДНК из продукта. Проведена:

- Видоспецифичная ПЦР на КРС (праймеры к Bt-CytB) — положительный результат (полоса 350 п.н.).
- Видоспецифичная ПЦР на свинью (праймеры к Ss-CytB) — положительный результат (полоса 280 п.н.).
- Видоспецифичная ПЦР на лошадь (праймеры к Ec-CytB) — отрицательный результат.

- ПЦР на птицу (универсальные праймеры к 12S rRNA) — положительный результат (полоса 400 п.н.).
 - Мультиплексная qPCR с количественной оценкой показала соотношение: говядина 55%, свинья 30%, птица 15%. **Задание:**
1. Сформулируйте заключение о фальсификации продукции. Какие нормативные документы (ТР ТС 022/2011, ГОСТ) нарушены?
 2. Объясните, почему для видовой идентификации используются именно митохондриальные гены (CytB, COI, 12S rRNA), а не ядерные.
 3. Разработайте алгоритм ПЦР-анализа для случая, если бы потребовалось выявить присутствие ДНК сои или гороха в продукте.
 4. Какие меры контроля (отрицательные и положительные контроли, IAC) должны быть включены в каждый аналитический батч для обеспечения достоверности результатов?

Кейс 5. BLAST-анализ и филогенетическое исследование **Условие:** Студент получил последовательность фрагмента гена COI длиной 650 п.н. из неизвестного образца мяса, изъятых на таможне. После BLAST-поиска в GenBank получены следующие top-5 результатов:

1. *Bos taurus* (КРС) — identity 99%, E-value 0.0, Query Cover 100%.
2. *Bos mutus* (як) — identity 94%, E-value 2e-170, Query Cover 100%.
3. *Bison bison* (зубр американский) — identity 89%, E-value 1e-150, Query Cover 98%.
4. *Bubalus bubalis* (буйвол) — identity 86%, E-value 3e-140, Query Cover 99%.
5. *Ovis aries* (овца) — identity 75%, E-value 4e-90, Query Cover 95%. **Задание:**
6. Определите видовую принадлежность образца. Обоснуйте ответ, объяснив смысл показателей identity, E-value и Query Cover.
7. Почему следующие 4 вида также дают значимые совпадения, но с меньшим процентом идентичности? Что это говорит об эволюционных отношениях?
8. Опишите алгоритм построения филогенетического дерева для этих 5 видов с использованием программы MEGA: формат данных (FASTA), выравнивание (ClustalW), метод (Neighbor-Joining), оценка bootstrap (1000 реплик).
9. Как интерпретировать длину ветвей и значение bootstrap 98% для узла, объединяющего *Bos taurus* и *Bos mutus*?

Кейс 6. Выбор метода ПЦР для массового скрининга **Условие:** Племенное хозяйство (1500 коров) планирует внедрить генетический скрининг по 3 признакам:

- Мутация гена BLAD (точечная замена C/T) — моногенное наследственное заболевание.
- Полиморфизм гена DGAT1 (K/A) — маркер молочной продуктивности.
- Комолость (ген POLLED, делеция 212 п.н.) — менделирующий признак. Бюджет — 450 000 руб. в год. Требуется генотипировать 400 ремонтных нетелей ежегодно.

Задание:

1. Для каждого признака выберите оптимальный метод ПЦР (ПЦР-ПДРФ, TaqMan qPCR, KASP, классическая ПЦР с электрофорезом) и обоснуйте выбор.
2. Рассчитайте стоимость анализа одной головы (реагенты, работа, расходники) для каждого метода.
3. Определите общую стоимость программы скрининга и её соответствие бюджету.
4. Какие контроли (положительные по каждому генотипу — N/N, N/H, H/H; отрицательный; IAC) должны быть включены в каждую ПЦР-плашку?

Кейс 7. Валидация новой ПЦР-методики **Условие:** Лаборатория разрабатывает новую ПЦР-ПДРФ методику выявления мутации гена HERDA у лошадей (наследственный региональный дерматоз). Необходимо провести валидацию методики перед аккредитацией.

Задание:

1. Составьте план валидации по параметрам: специфичность (включая панель ДНК 10 других видов животных), аналитическая чувствительность (LOD — предел

- обнаружения), воспроизводимость (повторяемость и воспроизводимость), робастность (влияние небольших изменений условий).
2. Опишите, как проводится определение LOD: серия разведений ДНК гетерозиготы (от 100 нг до 0,1 пг), сколько повторов необходимо.
 3. Какие материалы должны быть включены в набор внутренних контролей (IQC) для каждой рутины?
 4. Как организовать участие во внешнем контроле качества (EQA) под эгидой ISAG? Что делать, если лаборатория получила неудовлетворительный результат в сравнительных испытаниях?

3.1.4. Полный перечень вопросов к экзамену

Раздел 1. Организация лаборатории и выделение нуклеиновых кислот

1. Предмет, цели и задачи дисциплины. Роль молекулярно-генетических методов в биологии и зоотехнии.
2. Организация молекулярно-генетической лаборатории: зонирование, правила асептики и антиконтаминации.
3. Техника безопасности при работе с биологическими образцами, реактивами и УФ-излучением.
4. Структура и физико-химические свойства ДНК и РНК: денатурация, ренатурация, T_m .
5. Методы выделения ДНК: органическая экстракция, силикатные мембраны, магнитные частицы.
6. Особенности выделения ДНК из различных биологических образцов (кровь, ткань, волосы, сперма, молоко).
7. Выделение и стабилизация РНК: проблема РНКаз, метод TRIzol.
8. Методы оценки концентрации и чистоты нуклеиновых кислот: спектрофотометрия и флуорометрия.

Раздел 2. ПЦР и методы амплификации

9. Полимеразная цепная реакция (ПЦР): история, механизм, компоненты реакции.
10. Ферменты в ПЦР: Taq-полимераза, Pfu-полимераза, их свойства.
11. Дизайн праймеров: правила подбора, расчёт T_m , программы (Primer3).
12. Оптимизация условий ПЦР: Mg^{2+} , температура отжига, концентрация компонентов.
13. Виды контаминации в ПЦР-лаборатории и методы борьбы с ней.
14. Мультиплексная ПЦР: принципы, применение в генетической экспертизе.
15. ПЦР в реальном времени (qPCR): химии детекции (SYBR Green, TaqMan).
16. Анализ данных qPCR: абсолютная и относительная количественная оценка.
17. ОТ-ПЦР (RT-PCR): применение для анализа экспрессии генов.
18. ПЦР-ПДРФ (RFLP): принцип метода, подбор рестриктаз.

Раздел 3. Электрофорез, гибридизация и секвенирование

19. Электрофорез ДНК/РНК в агарозном и полиакриламидном геле: принципы, буферы, окрашивание.
20. Капиллярный электрофорез: принцип, применение в секвенировании и фрагментном анализе.
21. Саузерн-блоттинг и Норзерн-блоттинг: принципы гибридизации.
22. Флуоресцентная *in situ* гибридизация (FISH): принцип, применение в цитогенетике.
23. ДНК-микрочипы: технология, применение в экспрессионном анализе и SNP-генотипировании.
24. Секвенирование по Сэнгеру: принцип, интерпретация хроматограмм.
25. Высокопроизводительное секвенирование (NGS): платформы Illumina, Ion Torrent.
26. Секвенирование третьего поколения: PacBio, Oxford Nanopore.
27. Подготовка библиотек для NGS: фрагментация, адаптеры, оценка качества.

Раздел 4. Биоинформатика и молекулярные маркеры

28. Молекулярно-генетические маркеры: классификация, эволюция от аллозимов к SNP.

29. Микросателлиты (STR): структура, методы генотипирования, значение в контроле происхождения.
30. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNP): типы, методы детекции (TaqMan, KASP).
31. Структурные вариации генома: InDel, CNV.
32. Международные базы данных: GenBank, ENA, DDBJ.
33. Алгоритм BLAST: принципы поиска гомологов, интерпретация E-value.
34. Форматы биоинформатических данных: FASTA, FASTQ, SAM/BAM, VCF.
35. Множественное выравнивание последовательностей: ClustalW, MEGA.
36. Основы молекулярной филогенетики: методы построения деревьев (NJ, ML, Bayesian).
37. ДНК-штрихкодирование: концепция, стандартные маркеры (COI, rbcL).
38. Популяционная генетика на молекулярном уровне: F-статистика, PCA.
39. Экологическая ДНК (eDNA): методы отбора проб, применение.

Раздел 5. Применение в зоотехнической практике

40. Рекомендации ISAG по стандартизации панелей микросателлитов.
41. Алгоритм ДНК-контроля происхождения: процедура исключения отца.
42. Наследственные заболевания KPC (BLAD, CVM, DUMPS, FXID): ПЦР-диагностика.
43. Наследственные заболевания свиней (PSS/Ryr1) и лошадей (HYPP, HERDA, GBED).
44. Маркер-вспомогательная селекция (MAS): гены-кандидаты (DGAT1, MSTN, CAPN1).
45. Определение пола у животных и птиц молекулярными методами.
46. ДНК-экспертиза мясной продукции: видоспецифичная и мультиплексная ПЦР.
47. Выявление ГМО в кормах и продуктах методами qPCR.
48. Идентификация породной принадлежности по ДНК.

Раздел 6. Контроль качества и нормативное обеспечение

49. Стандартизация исследований: требования ISO/IEC 17025.
50. Руководство MIQE: стандарты отчетности по qPCR.
51. Внутренний контроль качества (IQC): материалы, процедуры.
52. Внешний контроль качества (EQA/PT): межлабораторные сличительные испытания.
53. Валидация и верификация методик: специфичность, LOD, воспроизводимость.
54. Юридическая сила ДНК-заключений: прослеживаемость, цепочка custody.
55. Перспективы развития: LAMP, CRISPR-диагностика, микрофлюидика.

3.1.4. Темы мини-проектов

Раздел «Лабораторная практика и методы амплификации»

1. **Оптимизация протокола выделения ДНК из нестандартных биологических образцов** (перо, роговой чехол, копыта, старые музейные образцы, фекалии). Сравнительный анализ выходов и качества ДНК при использовании различных коммерческих наборов и модификаций метода.
2. **Дизайн праймеров и оптимизация ПЦР для выявления нового полиморфизма в гене, ассоциированном с продуктивностью или устойчивостью к заболеваниям.** Пошаговый протокол: от биоинформатического анализа до подбора температурного режима.
3. **Сравнительный анализ методов детекции точечных мутаций:** ПЦР-ПДРФ, TaqMan qPCR, KASP, классическое секвенирование. Критерии выбора метода для конкретной задачи (стоимость, производительность, точность).
4. **Разработка протокола мультиплексной ПЦР** для одновременного выявления 3–5 наследственных заболеваний у одного вида сельскохозяйственных животных.

Раздел «Биоинформатика и молекулярные маркеры»

5. **Биоинформатический анализ и филогенетическое исследование аборигенных пород** конкретного вида животных на основе последовательностей митохондриальной ДНК или ядерных генов. Построение дерева, интерпретация эволюционных связей.
6. **ДНК-штрихкодирование объектов местной фауны или флоры:** разработка молекулярного паспорта вида на основе гена COI (для животных) или rbcL/matK (для растений). Создание локальной базы последовательностей.

7. **Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) в открытых базах данных:** анализ опубликованных результатов, идентификация генов-кандидатов для конкретного признака (например, устойчивости к маститу у КРС), разработка программы MAS на их основе.
8. **Анализ экспрессии генов методом qPCR (RT-PCR):** дизайн эксперимента, подбор генов референса (housekeeping genes), расчёт относительной экспрессии методом $2^{-\Delta\Delta Ct}$ на примере тканей животных в условиях стресса или при разных рационах.

Раздел «Прикладная зоотехния и экспертиза»

9. **Разработка программы генетического скрининга племенного стада** на комплекс наследственных заболеваний (BLAD, CVM, DUMPS у КРС; HYPP, HERDA, GBED у лошадей; PSS у свиней). Расчёт экономической эффективности и стратегии элиминации мутаций.
10. **ДНК-экспертиза видовой принадлежности мясной продукции:** разработка комплексного алгоритма ПЦР-анализа для выявления фальсификации (подмена видов, добавление MOM, использование мяса старых животных). Валидация методики.
11. **Разработка и оптимизация панели микросателлитных маркеров для ДНК-контроля происхождения** конкретной породы (согласно рекомендациям ISAG). Анализ информативности локусов (PIC), расчёт вероятности исключения ложного отца.
12. **Программа внедрения SNP-чипирования в племенном хозяйстве:** выбор плотности чипа, расчёт экономической эффективности, интеграция геномных данных с программой управления стадом (Селэкс, DairyComp).
13. **Идентификация породной принадлежности животных по ДНК:** разработка алгоритма на основе породоспецифичных SNP или микросателлитных профилей. Применение для сертификации продукции «от аборигенных пород».
14. **Молекулярное определение пола у сельскохозяйственных животных и птиц:** сравнительный анализ систем (SRY у млекопитающих, CHD1 у птиц), разработка ПЦР-протокола для ранней диагностики пола эмбрионов.

Раздел «Контроль качества и нормативное обеспечение»

15. **Разработка системы внутреннего контроля качества (IQC) для молекулярно-генетической лаборатории:** подбор положительных и отрицательных контролей, внутренних амплификационных контролей (IAC), ведение контрольных карт Леви-Дженнинга.
16. **Валидация новой ПЦР-методики по требованиям ISO/IEC 17025 и MIQE:** протокол оценки специфичности, аналитической чувствительности (LOD), воспроизводимости, робастности. Подготовка документации для аккредитации.

Методика выполнения мини-проекта

1. Структура мини-проекта (10–15 страниц текста + приложения)

- **Титульный лист** (тема, ФИО студента, группа, руководитель, год).
- **Введение** (1–2 стр.): актуальность темы, цель и задачи проекта, объект и предмет исследования.
- **Обзор литературы** (2–3 стр.): краткий анализ современных данных по теме, описание используемых методов, нормативной базы.
- **Материалы и методы** (2–3 стр.): описание образцов, реактивов, оборудования, протоколов, биоинформатических инструментов, статистических методов.
- **Результаты и их обсуждение** (4–6 стр.): представление собственных расчётов, схем, электрофореграмм, хроматограмм, филогенетических деревьев, таблиц. Интерпретация данных в контексте зоотехнической практики.
- **Выводы** (1 стр.): краткие заключения по каждой поставленной задаче.

- **Список литературы** (не менее 15 источников, включая статьи из международных журналов за последние 5–10 лет).
- **Приложения** (по необходимости): протоколы, праймеры, хроматограммы, скриншоты из программ, расчёты.

2. Требования к презентации для защиты

- 8–12 слайдов: титульный, цель и задачи, материалы и методы, ключевые результаты (схемы, графики, таблицы), выводы.
- Обязательное наличие визуализации: электрофореграммы, хроматограммы, филогенетические деревья, схемы протоколов, контрольные карты.
- Демонстрация практической значимости: как результаты могут быть применены в реальном хозяйстве или лаборатории.

4. Критерии оценки мини-проекта

Критерий	Максимальный балл
Актуальность и практическая значимость темы	10
Глубина проработки литературы и использование современных источников	15
Корректность применённых методов и расчётов	20
Качество анализа результатов и их интерпретация	20
Оформление проекта (структура, иллюстрации, список литературы)	10
Качество презентации и ответы на вопросы	15
Соблюдение сроков и самостоятельность выполнения	10
Итого	100

5. Рекомендации по выбору темы

- Темы **1–4** рекомендуются студентам, интересующимся лабораторной практикой и молекулярной биологией.
- Темы **5–8** подходят для студентов с интересом к биоинформатике, эволюционной биологии и анализу данных.
- Темы **9–14** ориентированы на будущих зоотехников-селекционеров и экспертов, работающих в племенных хозяйствах и контролирующих органах.
- Темы **15–16** рекомендуются студентам, планирующим работу в аккредитованных молекулярно-генетических лабораториях.

3.1.3. Методические материалы

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

Мини-проекты выполняются в рамках самостоятельной работы и являются формой промежуточной аттестации. Защита проектов рекомендуется за 2–3 недели до экзамена, что позволяет студенту глубже проработать материал и подготовиться к итоговой аттестации. Лучшие проекты могут быть рекомендованы для участия в студенческих научных конференциях или публикации в вузовских сборниках.

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»