

**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)

**«Современные методы оценки микробиома желудочного-
кишечного тракта животных»**

Направление подготовки / специальность	36.03.02. «Зоотехния»
Направленность(и) (профиль(и))	Нутрициология в практике животноводства
Уровень образовательной программы	Бакалавриат
Форма(ы) обучения	Очная
Трудовоемкость дисциплины, ЗЕТ	4
Трудовоемкость дисциплины, час.	144

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 «Современные методы оценки микробиома желудочно-кишечного тракта животных» заключается в формировании у студентов системы фундаментальных и прикладных знаний о составе, структуре и функциональной активности микробных сообществ ЖКТ, а также в освоении передовых молекулярно-генетических, биоинформатических и аналитических методов их оценки для решения актуальных задач ветеринарии, зоотехнии и биотехнологии..

Задачи: Изучение фундаментальных основ: формирование представлений о роли микрофлоры в пищеварении, обмене веществ, формировании иммунитета и общем поддержании постоянства внутренней среды организма животных. Освоение методов пробоподготовки: изучение правил отбора, консервации и хранения биологических образцов (фекалий, содержимого рубца, кишечника) для предотвращения разрушения нуклеиновых кислот. Овладение молекулярно-генетическими методами: изучение принципов и применения количественной полимеразной цепной реакции в режиме реального времени, ампликонного секвенирования генов рибосомальной РНК (16S рРНК для бактерий и внутренних транскрибируемых спейсеров для грибов) и полногеномного метагеномного анализа. Основы биоинформатического анализа: формирование навыков первичной обработки, статистического анализа и визуализации данных секвенирования с использованием специализированного программного обеспечения и статистических пакетов. Изучение современных культуральных методов: освоение передовых подходов к выращиванию труднокультивируемых микроорганизмов для выделения перспективных штаммов пробиотиков. Интерпретация результатов: развитие навыков оценки состояния микробиоценоза, выявления признаков нарушения микрофлоры и установления взаимосвязей между составом микрофлоры, качеством кормов и продуктивностью животных. Анализ нормативной и этической базы: изучение стандартов проведения микробиологических исследований, требований биоэтики при работе с лабораторными и сельскохозяйственными животными.

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-2 Способен организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных	ИД-1ПК2 Знать: Понятия, теоретические основы организации и проведения санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных ИД-2 ПК2 Уметь: Организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных ИД-3 ПК2 Владеть: Способен осознано организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных	все разделы
ПК-3 Способен обеспечить рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада	ИД-1ПК3 Знать: Рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада ИД-2 ПК3 Уметь: Обеспечить рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада ИД-3 ПК3 Владеть: Способностью обеспечивать рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и	все разделы

	технологиями воспроизводства стада	
ПК-7 Способен применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов	ИД-1ПК7 Знать Современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов ИД-2 ПК7 Уметь: применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов ИД-3 ПК7 Владеть: способностью применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов	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

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Содержание дисциплины (модуля)

4.1.1. Очная форма:

№ п/п	Темы занятий	Виды учебных занятий и трудоемкость, час.				Контроль знаний*	Применяемые активные и интерактивные технологии обучения
		лекции	практически	лабораторны е	самостоятел ьная работа		
			(семинарски е)				
1.	Основы микробиологии желудочно-кишечного тракта						
	Состав, структура и функции микробного сообщества						Лекция-презентация;
1.1	пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных.	2	4	-	10	УО, Т, К, Э	Анализ научных статей по микробиому жвачных
	Факторы, влияющие на формирование микрофлоры:						
1.2	кормление, возраст, генотип, применение антибиотиков и пробиотиков.	2	4	-	10	УО, Т, К, Э	Кейс-стади; Дискуссия о влиянии рациона на состав микрофлоры
2.	Классические и современные методы пробоподготовки						
	Правила отбора, консервации и хранения биологических образцов (фекалии, содержимое рубца, кишечник).						Демонстрация методов консервации; Отработка навыков асептического отбора проб
2.1		2	4	-	10	УО, Т, К, Э	
	Методы выделения ДНК/РНК из проб различной сложности.						Лабораторный практикум:
2.2	Оценка качества и количества нуклеиновых кислот.	2	6	-	12	УО, Т, К, Э	выделение ДНК, спектрофотометрия, электрофорез
3.	Молекулярно-генетические методы анализа микрофлоры						
	Количественная ПЦР в режиме реального времени: принципы, дизайн праймеров,						Лабораторный практикум: постановка ПЦР-РВ,
3.1	абсолютная и относительная квантификация.	2	4	-	10	УО, Т, К, Э	анализ кривых амплификации
	Ампликонное секвенирование генов						Лабораторный практикум:
3.2	16S рРНК и внутренних транскрибируемых спейсеров: принципы и области применения.	2	6	-	12	УО, Т, К, Э	подготовка библиотек ампликонов; Разбор принципов работы

№ п/п	Темы занятий	Виды учебных занятий и трудоемкость, час.				Контроль знаний*	Применяемые активные и интерактивные технологии обучения
		лекции	практически е (семинарски е)	лабораторны е	самостоятел ьная работа		
							секвенаторов
3.3	Полногеномный метагеномный анализ: преимущества, ограничения и области применения в зоотехнии.	2	4	-	10	УО, Т, К, Э	Сравнительный анализ методов ампликонного и полногеномного секвенирования
4.	Биоинформатический анализ данных секвенирования						
4.1	Первичная обработка данных: контроль качества прочтений, фильтрация, сборка контигов.	2	4	-	10	УО, Т, К, Э	Работа на ПК: анализ FASTQ-файлов, использование программ контроля качества
4.2	Таксономическая классификация и оценка альфа- и бета- разнообразия микробных сообществ.	2	6	-	12	УО, Т, К, Э	Практикум: работа со специализированным программным обеспечением, построение графиков разнообразия
5.	Культуральные методы и интерпретация результатов						
5.1	Современные культуральные подходы: выращивание труднокультивируемых микроорганизмов, принципы културомики.	2	4	-	8	УО, Т, К, Э	Демонстрация анаэробных методов культивирования; Анализ научных подходов
5.2	Интерпретация данных о составе микрофлоры: оценка дисбиоза, корреляция с продуктивностью и здоровьем животных.	2	4	-	9	УО, Т, К, Э	Решение ситуационных задач; Защита проекта по анализу микробного профиля стада
	Итого:	20	40	-	93		

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

4.2.1. Очная форма:

Вид занятий	1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
	1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.
Лекции							20	
Лабораторные								
Практические							40	
Итого контактной работы							60	
Самостоятельная работа							84	
Форма контроля							Э	

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 изучения микрофлоры пищеварительного тракта: от классической микробиологии до эпохи молекулярных методов.
2. Состав, структура и функциональная роль микробного сообщества рубца жвачных животных.
3. Особенности микрофлоры толстого отдела кишечника у моногастричных и всеядных животных.
4. Факторы формирования микробиоценоза: возраст, генотип, тип кормления, стресс и применение лекарственных средств.
5. Взаимосвязь микробного сообщества желудочно-кишечного тракта с иммунной системой и общим гомеостазом организма.
6. Нормативно-правовая и этическая база проведения микробиологических исследований на сельскохозяйственных животных.
7. Правила отбора, маркировки, консервации и хранения биологических образцов для молекулярно-генетического анализа.
8. Методы предотвращения контаминации проб на этапах отбора, транспортировки и лабораторной обработки.
9. Современные методы выделения и очистки нуклеиновых кислот из проб с высоким содержанием ингибиторов.
10. Принципы спектрофотометрического и электрофоретического контроля качества выделенной ДНК и РНК.
11. Количественная полимеразная цепная реакция в режиме реального времени: принципы, дизайн праймеров и квантификация.
12. Ампликонное секвенирование генов рибосомальной РНК: выбор гипервариабельных участков и области применения.
13. Полногеномный метагеномный анализ: методические подходы, преимущества и ограничения по сравнению с ампликонным секвенированием.
14. Принципы работы секвенаторов нового поколения и этапы подготовки библиотек для секвенирования.
15. Первичная биоинформатическая обработка данных: контроль качества прочтений, фильтрация и сборка последовательностей.

16. Методы таксономической классификации микробных сообществ и принципы работы специализированных баз данных.
17. Показатели альфа- и бета-разнообразия микробных сообществ: биологический смысл и методы расчета.
18. Статистические подходы к сравнению микробных профилей между группами животных и визуализация результатов.
19. Современные культуральные методы выделения труднокультивируемых анаэробных микроорганизмов.
20. Принципы выделения и скрининга перспективных штаммов пробиотических микроорганизмов из нативной микрофлоры.
21. Критерии оценки состояния микробиоценоза и понятие дисбиоза в зоотехнической практике.
22. Корреляционный анализ взаимосвязей между составом микрофлоры, показателями продуктивности и здоровьем животных.
23. Влияние кормовых добавок (пробиотиков, пребиотиков, органических кислот) на профиль микробного сообщества.
24. Применение молекулярных методов для мониторинга эффективности диетических и ветеринарных мероприятий.
25. Перспективы интеграции данных о микробном сообществе в системы точного животноводства и селекции

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. Гусаров, И. В. Система нормированного кормления высокопродуктивных коров : монография / И. В. Гусаров, О. Д. Обряева. — Вологда : ВолНЦ РАН, 2023. — 154 с. — ISBN 978-5-93299-590-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/482174> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кердяшов, Н. Н. Кормление животных с основами кормопроизводства : учебное пособие / Н. Н. Кердяшов. — Пенза : ПГАУ, 2020. — 303 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170958> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кердяшов, Н. Н. Современные системы нормированного кормления : учебное пособие / Н. Н. Кердяшов. — Пенза : ПГАУ, 2021. — 289 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/261560> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Колосов, Ю. А. Кормление высокопродуктивных животных : учебное пособие для вузов / Ю. А. Колосов, Н. Н. Кердяшов, С. И. Николаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 152 с. — ISBN 978-5-507-53325-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/507310> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2.Дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

1. ИЗУЧЕНИЕ МИКРОБИОМА РУБЦА КОРОВ МЕТОДОМ NGS-СЕКВЕНИРОВАНИЯ / Б. Хайрулламин, В. Ю. Морозов, С. П. Скляров [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2022. — № 4. — С. 131-138. — ISSN 2078-1318. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/325442> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Микрофлора желудочно-кишечного тракта индеек в процессе онтогенеза при промышленном содержании / О. В. Миненкова, О. V. Minenkova, Н. А. Лещёва [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. — 2025. — № 4 (60). — С. 137-145. — ISSN 2222-0364. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/375450> (дата обращения: 04.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Хроническая фистула для изучения микробиома слепой кишки кролика / Г. Ю. Косовский, G. Y. Kosovski, Е. С. Колесник [и др.] // Аграрный вестник Урала. — 2021. — № 10 (213). — С. 40-47. — ISSN 1997-4868. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/341810> (дата обращения: 04.06.2026). — 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

Кердяшов, Н. Н. Современные системы нормированного кормления : учебное пособие / Н. Н. Кердяшов. — Пенза : ПГАУ, 2021. — 289 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/261560> (дата обращения: 04.06.2026). — 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)

LMSMoodle

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)

Интенсивные технологии производства продуктов животноводства

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-2 Способен организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных	ИД-1ПК2 Знать: Понятия, теоретические основы организации и проведения санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных ИД-2 ПК2 Уметь: Организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных ИД-3 ПК2 Владеть: Способен осознано организовывать и проводить санитарно-профилактические работы по предупреждению основных незаразных, инфекционных и инвазионных заболеваний сельскохозяйственных животных, использовать физиолого-биохимические методы мониторинга обменных процессов в организме животных	УО, К, Т, Э	Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену
ПК-3 Способен обеспечить рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и	ИД-1ПК3 Знать: Рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада ИД-2 ПК3 Уметь: Обеспечить рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями	УО, К, Т, Э	Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену

содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада	воспроизводства стада ИД-3 ПК3 Владеть: Способностью обеспечивать рациональное воспроизводство животных, владеть методами селекции, кормления и содержания различных видов животных и технологиями воспроизводства стада		
ПК-7 Способен применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов	ИД-1ПК7 Знать Современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов ИД-2 ПК7 Уметь: применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов ИД-3 ПК7 Владеть: способностью применять современные методы исследований в области животноводства, изучать научно-техническую информацию и участвовать в проведении научных исследований и анализе их результатов	УО, К, Т, Э	Вопросы для подготовки к устному опросу, коллоквиумам, тестовые задания, вопросы для подготовки к экзамену
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		

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

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

Показатель и	Критерии оценивания*			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не	Продемонстрированы основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,

	продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки	решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов
Характеристики сформированности компетенции	Компетентность 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

Коллоквиум № 1.

Основы микробиологии желудочно-кишечного тракта и пробоподготовка

Дайте определение понятиям «микробиом», «микробиота» и «микрофлора». В чем заключается их смысловое различие?

Охарактеризуйте состав и функциональную роль микробного сообщества рубца жвачных животных. Какие группы микроорганизмов обеспечивают переваривание клетчатки?

Сравните микробное сообщество желудочно-кишечного тракта жвачных и моногастричных животных. В чем заключаются принципиальные различия?

Какие факторы (кормление, возраст, генотип, стресс, антибиотики) оказывают наиболее значимое влияние на формирование микробиоценоза?

Раскройте взаимосвязь между состоянием микрофлоры кишечника и иммунным статусом животных. Что такое «кишечно-иммунная ось»?

Опишите современные правила отбора, консервации и хранения образцов фекалий и содержимого рубца для молекулярно-генетического анализа.

Какие методы применяются для выделения и очистки нуклеиновых кислот из проб с высоким содержанием ингибиторов полимеразной цепной реакции?

Коллоквиум № 2.

Молекулярно-генетические методы анализа микрофлоры

Раскройте принципы количественной полимеразной цепной реакции в режиме реального времени. В чем отличие абсолютной и относительной квантификации?

Охарактеризуйте метод ампликонного секвенирования генов 16S рибосомной РНК. Почему именно этот ген выбран в качестве «молекулярных часов» для бактерий?

Какие гипервариабельные участки гена 16S рРНК применяются для таксономической классификации и в чем их различия?

Раскройте принципы полногеномного метагеномного анализа. Какие преимущества он имеет перед ампликонным секвенированием?

Опишите этапы подготовки библиотек для секвенирования нового поколения. Какие платформы секвенирования применяются в современных исследованиях?

Сравните информативность методов классической микробиологии, полимеразной цепной реакции и секвенирования нового поколения при оценке микрофлоры.

Каковы ограничения и возможные источники ошибок молекулярно-генетических методов исследования микробных сообществ?

Коллоквиум № 3.

Биоинформатический анализ и интерпретация результатов

Опишите алгоритм первичной биоинформатической обработки данных секвенирования: контроль качества, фильтрация, сборка последовательностей.

Раскройте принципы таксономической классификации микробных сообществ. Какие базы данных применяются для идентификации таксонов?

Что такое альфа- и бета-разнообразие микробных сообществ? Какие индексы применяются для их оценки?

Какие статистические методы используются для сравнения микробных профилей между группами животных?

Охарактеризуйте современные культуральные методы выделения труднокультивируемых анаэробных микроорганизмов.

Какие критерии применяются для оценки состояния микробиоценоза и выявления признаков дисбиоза?

Как результаты анализа микробного сообщества могут быть интегрированы в системы точного животноводства и селекционные программы?

3.1.2. Тестовые задания

Блок 1. Теоретические основы микробиологии желудочно-кишечного тракта

Основным отделом пищеварительного тракта жвачных, где происходит активное микробное брожение, является:

а) сычуг; б) рубец; в) тонкий кишечник; г) толстый кишечник.

К доминирующим группам микроорганизмов рубца НЕ относятся:

а) целлюлозолитические бактерии; б) метаногенные археи; в) фотосинтезирующие цианобактерии; г) протеолитические бактерии.

Основным продуктом микробного брожения клетчатки в рубце, служащим источником энергии для животного, являются:

а) глюкоза и фруктоза; б) летучие жирные кислоты (ацетат, пропионат, бутират); в) аминокислоты; г) нуклеотиды.

Формирование микробиоценоза желудочно-кишечного тракта у телят начинается:

а) только после отъема от матери; б) еще в период внутриутробного развития и продолжается после рождения; в) исключительно при первом приеме грубых кормов; г) после достижения 6-месячного возраста.

Наиболее значимое влияние на разнообразие микробного сообщества рубца оказывает:

а) масть животного; б) тип основного рациона (соотношение грубых и концентрированных кормов); в) время года; г) пол животного.

Блок 2. Пробоподготовка и методы выделения нуклеиновых кислот

Оптимальным методом консервации образцов фекалий для последующего выделения ДНК является:

а) хранение при комнатной температуре; б) замораживание при минус 20 °С или использование специальных стабилизирующих растворов; в) высушивание на воздухе; г) добавление этилового спирта в высокой концентрации.

Основной проблемой при выделении ДНК из образцов фекалий является:

а) высокое содержание липидов; б) наличие ингибиторов полимеразной цепной реакции (гуминовые кислоты, желчные пигменты, полисахариды); в) низкая концентрация белков; г) отсутствие нуклеиновых кислот.

Для оценки концентрации и чистоты выделенной ДНК применяется метод:

а) электрофореза в агарозном геле; б) спектрофотометрии (измерение оптической плотности при 260 и 280 нм); в) полимеразной цепной реакции; г) хроматографии.

Соотношение оптической плотности при 260 и 280 нм (A_{260}/A_{280}) около 1,8 свидетельствует о:

а) высоком загрязнении ДНК белками; б) высокой чистоте препарата ДНК; в) деградации ДНК; г) наличии РНК в препарате.

Для разрушения клеточных стенок бактерий при выделении ДНК из проб микробного сообщества применяются:

а) только механические методы; б) ферментативные (лизозим, протеиназа К) и механические (гОМОгенизация с шариками) методы; в) только термическая обработка; г) ультрафиолетовое облучение.

Блок 3. Молекулярно-генетические методы анализа

Метод количественной полимеразной цепной реакции в режиме реального времени позволяет:

а) только определить наличие целевой последовательности; б) определить количество целевых молекул ДНК в исходной пробе; в) прочесть полную нуклеотидную последовательность гена; г) выделить ДНК из образца.

В основе ампликонного секвенирования для идентификации бактерий лежит анализ гена:

а) кодирующего инсулин; б) 16S рибосомной РНК; в) гемоглобина; г) коллагена.

Ген 16S рРНК применяется для таксономической классификации бактерий, поскольку:

а) он присутствует только у патогенных видов; б) он содержит консервативные и переменные участки, что позволяет идентифицировать таксоны разного ранга; в) он кодирует жизненно важные белки; г) он очень короткий и легко амплифицируется.

Для идентификации грибов в составе микробного сообщества применяется анализ:

а) гена 16S рРНК; б) внутренних транскрибируемых спейсеров (ITS) рибосомного оперона; в) митохондриальной ДНК; г) плазмидных последовательностей.

Полногеномный метагеномный анализ, в отличие от ампликонного секвенирования, позволяет:

а) определить только таксономический состав; б) оценить не только таксономический состав, но и функциональный потенциал сообщества (набор генов); в) выделить чистые культуры микроорганизмов; г) определить только количество бактерий.

Основным ограничением ампликонного секвенирования является:

а) высокая стоимость; б) невозможность получить информацию о функциональных генах и метаболических путях; в) длительность анализа; г) необходимость культивирования микроорганизмов.

Секвенаторы нового поколения (NGS) характеризуются:

а) низким параллелизмом и малым количеством прочтений; б) массовым параллельным секвенированием миллионов фрагментов одновременно; в) использованием только радиоактивных меток; г) работой только с РНК.

Блок 4. Биоинформатический анализ и интерпретация

Первичный контроль качества данных секвенирования (FASTQ-файлов) позволяет выявить:

а) таксономический состав пробы; б) качество прочтений, наличие адаптеров, уровень загрязнения; в) альфа-разнообразие; г) филогенетическое дерево.

Операционные таксономические единицы (ОТЕ) в анализе микробных сообществ — это:

а) чистые культуры бактерий; б) кластеры последовательностей с заданным уровнем сходства (обычно 97%), представляющие условные таксоны; в) отдельные гены; г) белковые молекулы.

Показатель альфа-разнообразия характеризует:

а) различия между разными пробами; б) видовое богатство и выравненность внутри одной пробы; в) филогенетические связи между таксонами; г) общую биомассу сообщества.

Для оценки различий в составе микробных сообществ между группами животных применяется анализ:

а) альфа-разнообразия; б) бета-разнообразия (например, методы PCoA, NMDS на основе расстояний Брея-Кертиса или Унифрака); в) только описательной статистики; г) дисперсионного анализа одного фактора.

Признаками дисбиоза микробного сообщества кишечника у животных могут быть:

а) высокое альфа-разнообразие; б) снижение разнообразия, увеличение доли условно-патогенных таксонов, снижение доли полезных симбионтов; в) стабильный состав во времени; г) преобладание целлюлозолитических бактерий.

Культуромикой называют:

а) метод секвенирования РНК; б) комплексный подход к культивированию и идентификации максимально возможного числа микроорганизмов из образца; в) метод выделения ДНК; г) анализ белкового состава.

Пробиотики — это:

а) антибиотики широкого спектра; б) живые микроорганизмы, которые при применении в адекватных количествах оказывают положительное влияние на здоровье хозяина; в) синтетические кормовые добавки; г) вещества, подавляющие рост микрофлоры.

Интеграция данных о микробном сообществе в селекционные программы возможна через:

а) исключение микробиологических исследований; б) использование микробных профилей как дополнительных признаков при геномной селекции; в) отказ от генетических методов; г) использование только фенотипических данных.

3.1.3. Вопросы для устных опросов

Раскройте эволюцию представлений о микрофлоре желудочно-кишечного тракта: от концепции «вредных микробов» до понимания микробиома как «виртуального органа».

Опишите механизмы, с помощью которых микробное сообщество рубца обеспечивает переваривание клетчатки и синтез микробного белка.

Как формируется микробиоценоз у новорожденных жвачных животных? Какова роль молозива и материнской микрофлоры?

Сравните влияние различных типов кормления (пастбищное, стойловое, высококонцентратное) на состав микробного сообщества рубца.

Какие молекулярные механизмы лежат в основе взаимодействия микрофлоры кишечника с иммунной системой хозяина?

Опишите алгоритм действий исследователя при планировании эксперимента по изучению микробиома: от постановки задачи до выбора метода анализа.

В чем заключаются преимущества и ограничения классических культуральных методов по сравнению с молекулярно-генетическими?

Как правильно организовать отбор проб в полевых условиях, чтобы минимизировать вариабельность, связанную с техническими факторами?

Почему при выделении ДНК из образцов фекалий необходимо использовать специальные наборы реагентов, а не стандартные протоколы?

Раскройте принципы дизайна праймеров для количественной полимеразной цепной реакции. Как обеспечить специфичность амплификации целевой группы бактерий?

Какие гипервариабельные участки гена 16S рРНК (V1-V9) наиболее информативны для идентификации бактерий желудочно-кишечного тракта и почему?

Опишите этапы подготовки библиотек ампликонов для секвенирования. Какие источники ошибок могут возникнуть на каждом этапе?

В каких случаях применение полногеномного метагеномного анализа предпочтительнее ампликонного секвенирования? Обоснуйте ответ.

Какие вычислительные ресурсы и программные инструменты необходимы для обработки данных секвенирования нового поколения?

Как интерпретировать результаты сравнительного анализа микробных профилей с точки зрения зоотехнической практики? Приведите примеры.

3.1.4. Вопросы к экзамену по дисциплине

Раздел 1. Теоретические основы микробиологии желудочно-кишечного тракта

1. Предмет, цели и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалистов по зоотехнии и ветеринарии.
2. История изучения микрофлоры пищеварительного тракта: от работ И. И. Мечникова до современных метаомических технологий.
3. Основные понятия: микробиом, микробиота, метагеном, метабом, метаболом. Разграничение терминов.
4. Таксономическая структура микробного сообщества рубца: бактерии, археи, простейшие, грибы. Их функциональная роль.
5. Микробное сообщество тонкого и толстого кишечника моногастричных животных. Особенности локализации и функций.
6. Сравнительная характеристика микробиоценоза жвачных и моногастричных животных.
7. Факторы формирования микробиоценоза: эндогенные (генотип, возраст, физиологическое состояние) и экзогенные (кормление, среда, лекарства).
8. Влияние типа кормления (соотношение грубых и концентрированных кормов) на состав и функции микробного сообщества рубца.
9. Роль микробного сообщества в метаболизме протеина, углеводов и липидов в желудочно-кишечном тракте.
10. Микробиом и иммунитет: концепция кишечно-иммунной оси. Механизмы взаимодействия.
11. Понятие эубиоза и дисбиоза. Критерии оценки состояния микробного сообщества.
12. Микробиом как объект селекции: перспективы использования в племенной работе.

Раздел 2. Пробоподготовка и методы выделения нуклеиновых кислот

13. Нормативно-правовая и этическая база проведения исследований на сельскохозяйственных животных.
14. Планирование эксперимента: определение размера выборки, контроль смешивающих факторов, рандомизация.
15. Правила отбора образцов фекалий, содержимого рубца, тканей кишечника. Техника безопасности.
16. Методы консервации и транспортировки биологических образцов. Преимущества и недостатки различных подходов.
17. Условия хранения образцов: влияние температуры и сроков хранения на качество выделяемой ДНК.
18. Методы предотвращения контаминации проб на всех этапах работы.

19. Механические, химические и ферментативные методы лизиса клеток микроорганизмов.
20. Современные коммерческие наборы для выделения ДНК из образцов с высоким содержанием ингибиторов.
21. Методы оценки концентрации и чистоты нуклеиновых кислот: спектрофотометрия, флуорометрия.
22. Электрофоретический контроль качества и целостности ДНК.

Раздел 3. Молекулярно-генетические методы анализа

23. Классические методы изучения микрофлоры: посев на питательные среды, микроскопия, биохимическая идентификация. Ограничения.
24. Принципы полимеразной цепной реакции. Применение для качественной детекции отдельных таксонов.
25. Количественная полимеразная цепная реакция в режиме реального времени: принципы, типы детекции (интеркалирующие красители, гидролизные зонды).
26. Дизайн праймеров и зондов для количественной полимеразной цепной реакции. Требования к специфичности и чувствительности.
27. Абсолютная и относительная квантификация в количественной полимеразной цепной реакции. Построение стандартных кривых.
28. Ампликонное секвенирование: общая схема, этапы, области применения.
29. Ген 16S рибосомной РНК как филогенетический маркер. Структура, консервативные и переменные участки.
30. Выбор гиперпеременной области гена 16S рРНК для анализа микробных сообществ желудочно-кишечного тракта.
31. Внутренние транскрибируемые спейсеры (ITS) как маркеры для идентификации грибов.
32. Полногеномный метагеномный анализ: принципы, методические подходы, области применения.
33. Сравнительная характеристика ампликонного и полногеномного метагеномного секвенирования.
34. Платформы секвенирования нового поколения: принципы работы, преимущества и ограничения.
35. Третье поколение секвенирования (длиннопрочтительные технологии): возможности для анализа микробных сообществ.
36. Источники ошибок и систематические смещения в молекулярно-генетических методах исследования микробиома.

Раздел 4. Биоинформатический анализ данных

37. Основы биоинформатики: форматы данных (FASTQ, FASTA, BAM, BIOM), основные алгоритмы.
38. Первичная обработка данных секвенирования: оценка качества прочтений, фильтрация по качеству, удаление адаптеров.
39. Сборка прочтений в контиги и операционные таксономические единицы. Кластеризация последовательностей.
40. Принципы таксономической классификации: методы, основанные на сходстве, и филогенетические подходы.
41. Основные базы данных для таксономической классификации (SILVA, Greengenes, RDP, NCBI). Их особенности и области применения.
42. Показатели альфа-разнообразия: видовое богатство, индексы Шеннона, Симпсона, Фейта. Биологический смысл.
43. Показатели бета-разнообразия: расстояния Брея-Кертиса, Жаккара, Унифрак. Методы ординации (PCoA, NMDS).

44. Статистические методы сравнения микробных профилей между группами: PERMANOVA, ANOSIM, LEfSe.
45. Визуализация результатов анализа микробных сообществ: таксономические графики, тепловые карты, градиентные диаграммы.
46. Сетевой анализ микробных сообществ: выявление ко-встречаемости и взаимодействий между таксонами.
47. Функциональное прогнозирование на основе данных ампликонного секвенирования (PICRUSt, Tax4Fun).
- Раздел 5. Культуральные методы и интерпретация результатов
48. Современные культуральные подходы: высокопроизводительное культивирование, микрофлюидные технологии, диффузионные камеры.
49. Принципы выделения и идентификации труднокультивируемых анаэробных микроорганизмов.
50. Скрининг перспективных штаммов пробиотиков из нативной микрофлоры сельскохозяйственных животных.
51. Критерии оценки пробиотического потенциала штаммов: антагонистическая активность, устойчивость к желудочному соку, адгезивные свойства.
52. Интерпретация результатов анализа микробного сообщества: от биоинформатических данных к зоотехническим выводам.
53. Корреляционный анализ взаимосвязей «микробиом — кормление — продуктивность».
54. Микробиом как биомаркер здоровья и продуктивности животных.
55. Влияние пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков и органических кислот на профиль микробного сообщества.
56. Применение молекулярных методов для мониторинга эффективности диетических и ветеринарных мероприятий.
57. Микробиом и экологическая устойчивость животноводства: снижение выбросов метана, улучшение использования корма.
58. Перспективы интеграции данных о микробиоме в системы точного животноводства.
59. Микробиом как объект геномной селекции: концепция наследуемости микробных признаков.
60. Современные тенденции и перспективы развития исследований микробного сообщества в зоотехнии и ветеринарии.

3.1.2. Кейсы и задачи

Примерные задачи

Кейс 1. «Ошибка на преаналитическом этапе»: артефакты вместо биологии

Условие: Научная группа проводит исследование влияния нового кормового фермента на микробиом рубца лактирующих коров. Образцы содержимого рубца были отобраны у двух групп (контроль и опыт). Однако из-за поломки морозильной камеры образцы опытной группы пролежали 6 часов при комнатной температуре перед заморозкой при -20°C , тогда как контрольная группа была заморожена сразу (в течение 15 минут).

Исходные данные: Биоинформатический анализ показал колоссальные, статистически значимые различия между группами: в опытной группе резко (в 100 раз) возросла относительная численность бактерий типа *Proteobacteria* (в частности, *Escherichia/Shigella*) и снизилась доля строгих анаэробов (*Fibrobacter*, *Ruminococcus*). Руководитель проекта делает вывод, что фермент вызвал тяжелый дисбиоз.

Задание:

Критически оцените вывод руководителя проекта. Объясните биологический механизм наблюдаемых изменений (почему выросли именно протеобактерии).

Опишите правильный протокол отбора, консервации и хранения проб содержимого рубца для предотвращения деградации нуклеиновых кислот и изменения состава сообщества *in vitro*.

Предложите статистический или экспериментальный способ выявить и скорректировать эту ошибку (или обоснуйте необходимость повторного отбора проб).

Кейс 2. Выбор методологии: «Кто там?» против «Что они могут делать?»

Условие: Агрохолдинг хочет понять, почему одна группа бычков на откорме имеет конверсию корма на 15% лучше, чем другая, при идентичном рационе и генетике. Научному консультанту выделен ограниченный бюджет. Первоначальный план предполагает проведение ампликонного секвенирования гена 16S рРНК для сравнения таксономического состава рубца двух групп.

Исходные данные: Предварительные данные показывают, что таксономический состав на уровне семейств и родов между группами различается незначительно, но есть гипотеза о различиях в эффективности расщепления клетчатки и синтезе летучих жирных кислот.

Задание:

Объясните, почему ампликонное секвенирование 16S рРНК может оказаться недостаточным для решения поставленной задачи.

Обоснуйте необходимость (или целесообразность) применения полногеномного метагеномного анализа (shotgun metagenomics) или метагеномики, нацеленной на конкретные функциональные гены.

Составьте краткий план исследования: какие именно метаболические пути или гены (например, гены целлюлаз, метаногенеза) необходимо искать в данных, чтобы объяснить разницу в конверсии корма.

Кейс 3. Клиническая интерпретация: субацидный рубец (SARA)

Условие: На молочной ферме после изменения рациона (увеличение доли концентратов до 60% для повышения удоев) участились случаи хромоты, снизился процент жира в молоке, а у части коров наблюдается диарея. Ветеринарный врач подозревает субклинический ацидоз рубца (SARA) и заказывает анализ микробиома фекалий как маркера состояния рубца.

Исходные данные: Результаты секвенирования показывают: резкое снижение индекса альфа-разнообразия (Шеннона), падение относительной численности *Fibrobacter succinogenes* и *Ruminococcus albus*, и доминирование *Streptococcus bovis* и *Lactobacillus* spp.

Задание:

Интерпретируйте полученные таксономические сдвиги с точки зрения биохимии рубца. Как изменение соотношения этих групп бактерий влияет на pH и профиль летучих жирных кислот?

Разработайте комплекс рекомендаций по коррекции рациона (введение буферов, изменение структуры углеводов, применение специфических пробиотиков/дрожжей) для восстановления эубиоза.

Предложите недорогой и быстрый метод мониторинга эффективности введенных изменений на ферме (помимо повторного дорогостоящего секвенирования).

Кейс 4. Биоинформатическая ловушка: «Эффект партии» (Batch effect)

Условие: Проводится масштабное исследование микробиома телят в двух разных животноводческих комплексах (А и Б) для оценки влияния системы вентиляции на здоровье дыхательных путей и кишечника. При анализе бета-разнообразия (PCoA) образцы четко разделились на два непересекающихся кластера строго по месту отбора (Комплекс А и Комплекс Б). Исследователи готовы опубликовать статью о «фундаментальном влиянии микроклимата на микробиом».

Исходные данные: При изучении метаданных выяснилось, что образцы из Комплекса А были обработаны и секвенированы в январе с использованием набора реагентов «Kit X», а образцы из Комплекса Б – в марте с использованием набора «Kit Y» другой фирмы.

Задание:

Объясните понятие «эффект партии» (batch effect) и как различия в наборах для выделения ДНК могут исказить таксономический профиль (например, эффективность лизиса грамположительных бактерий).

Почему такое разделение на графике РСоА является артефактом, а не биологической реальностью?

Предложите алгоритм действий: можно ли спасти эти данные с помощью биоинформатических методов коррекции (например, алгоритм ComBat), или исследование необходимо переделать? Как правильно спланировать эксперимент, чтобы избежать этой ошибки в будущем?

Кейс 5. От секвенирования к продукту: разработка аутопробиотика

Условие: Биотехнологическая компания хочет разработать новый пробиотический препарат для поросят-отъемышей для профилактики постотъемной диареи, вызванной *Escherichia coli*. С помощью методов культуромики из кишечника здоровых поросят было выделено 50 штаммов молочнокислых бактерий и бацилл.

Исходные данные: Необходимо выбрать 1-2 лучших штамма для дальнейшей разработки.

Просто наличие бактерии в кишечнике не гарантирует ее пробиотических свойств.

Задание:

Разработайте многоэтапный протокол скрининга выделенных штаммов *in vitro*. Какие конкретные свойства необходимо проверить (например, устойчивость к низкому рН и желчным кислотам, антагонистическая активность против патогенной *E. coli*, способность к адгезии на эпителии, отсутствие генов устойчивости к антибиотикам)?

Опишите дизайн контролируемого *in vivo* эксперимента на животных для подтверждения эффективности выбранного штамма. Какие показатели микробиома (альфа/бета-разнообразие, конкретные таксоны) и продуктивности будут служить критериями успеха?

Сформулируйте требования к нормативной документации и маркировке будущего пробиотического препарата с точки зрения доказанности его штаммовой принадлежности (например, необходимость полногеномного секвенирования самого штамма-производителя).

3.1.3. Методические материалы

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

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

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