



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)  
**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ**



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**  
**«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПТИЦЕВОДСТВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ФНЦ «ВНИТИП»

  
Д.Н. Ефимов  
« 27 июля » 2024 г.



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
Е.В. Хохлова  
« 27 июля » 2024 г.



**ПРОГРАММА**  
**ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

«Нутригеномика в животноводстве»

Москва, 2024

## РАЗДЕЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Программа повышения квалификации разработана в соответствии с Профессиональным стандартом 13.013 «Специалист по зоотехнии» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14 июля 2020 года N 423н).

Трудовые функции:

A/01.5 Организация работ по содержанию и разведению сельскохозяйственных животных в соответствии с технологическими требованиями:

– Оценка физиологического состояния сельскохозяйственных животных, в том числе с использованием автоматизированных систем контроля;

B/02.6 Управление технологическим процессом кормления сельскохозяйственных животных:

– Сбор исходной информации для разработки системы кормления сельскохозяйственных животных различных видов и производственных групп;

– Корректировка разработанных рационов при изменении уровня продуктивности, физиологического состояния сельскохозяйственных животных, сезона;

– Разработка мероприятий по профилактике болезней сельскохозяйственных животных, связанных с кормами и кормлением;

– Контроль реализации разработанной системы кормления сельскохозяйственных животных;

C/01.6 Разработка технологии производства продукции органического животноводства:

– Организация перехода к органическому производству (животноводству);

– Разработка системы кормления сельскохозяйственных животных в органическом животноводстве;

– Разработка системы мероприятий по профилактике заболеваний сельскохозяйственных животных в органическом животноводстве;

– Контроль реализации разработанных технологий производства продукции органического животноводства;

D/03.7 Организация производственных испытаний новых технологий в области животноводства с целью повышения его эффективности:

– Разработка программы производственных испытаний новых технологий в области зоотехнии;

– Организация проведения научно-хозяйственных, хозяйственных (производственных) и физиологических опытов в области зоотехнии;

– Выполнение анализа и обработки результатов производственных испытаний в области зоотехнии с использованием методов математической статистики;

– Подготовка отчета о выполнении производственных испытаний новых технологий в области зоотехнии;

– Принятие решения о целесообразности внедрения в производство новых технологий на основе результатов проведенных испытаний.

Цель реализации программы: развитие профессиональных компетенций в области использования молекулярно-генетических методов исследований при мониторинге полноценности питания животных, ознакомление с ключевыми методами анализа экспрессии генов и микробиоценоза желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) животных, формирование практических навыков в использовании современных биотехнологий для организации сбалансированного питания и апробации кормовых средств и нутрицевтиков с целью решения задач, необходимых для осуществления профессиональной деятельности.

### Совершенствуемые и/или приобретаемые компетенции и планируемые результаты обучения

№	Приобретаемые и/или совершенствуемые компетенции	Профессиональный стандарт	Знать/Уметь
1.	Компетенция 1: способен осуществлять анализ относительной экспрессии генов, связанных с признаками продуктивности и резистентности животных	13.013	Знать основные принципы определения транскрипционной активности генов при сравнении различных рационов питания. Уметь осуществлять исследовательские работы по отбору проб, определению экспрессии генов и математической обработке результатов анализа.
2.	Компетенция 2: способен осуществлять анализ микробиоценоза желудочно-кишечного тракта животных	13.013	Знать функции и классификацию микробного сообщества рубца жвачных и кишечника моногастрических животных. Уметь идентифицировать микроорганизмы ЖКТ животных с помощью молекулярно-генетических исследований.
3.	Компетенция 3: способен разрабатывать и внедрять новые рационы питания животных с учетом результатов молекулярно-генетических исследований	13.013	Знать ключевые гены, ассоциированные с продуктивностью, здоровьем и адаптационным потенциалом, и референсные значения состава микробиоты ЖКТ животных. Уметь проводить мониторинг полноценности питания животных на основе молекулярно-генетических исследований и вносить соответствующие корректировки в рационы.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Учебный план программы повышения квалификации

#### «Нутригеномика в животноводстве»

Категория слушателей: преподаватели высшей школы, осуществляющие образовательную деятельность по направлениям «Зоотехния» и «Ветеринария», специалисты АПК, обучающиеся бакалавриата, специалитета, магистратуры и аспирантуры.

Форма обучения: заочная с использованием дистанционных образовательных технологий

Срок освоения: 2 недели

Трудоемкость программы: 72 академических часа

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего ак. ч.	В том числе			Формы аттестации, контроля
			Сам. работа	Лекции	Практические занятия	
1	Раздел 1. Молекулярно-генетические и физиологические основы нутригеномики	24	12	6	6	Практические задания, выходное тестирование
2	Раздел 2. Микробиом желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных	26	14	6	6	Практические задания, выходное тестирование
3	Раздел 3. Экспрессия генов продуктивности и резистентности под влиянием алиментарных факторов	22	14	4	4	Практические задания, выходное тестирование
Итоговая аттестация		Зачёт				

## 2.2. Учебно-тематический план программы повышения квалификации «Нутригеномика в животноводстве»

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий, кол-во ак. ч.	Содержание	Планируемый результат	
1	2	3	4	5	
1	Раздел 1. Молекулярно-генетические и физиологические основы нутригеномики				
	Тема 1. Молекулярно-генетические основы нутригеномики	Лекция, 2 ак.ч.	Основные понятия, цели, задачи и методы нутригеномики и анализа микробиоценоза ЖКТ в животноводстве. Нуклеиновые кислоты: типы, строение, функции. Репликация ДНК, транскрипция, биосинтез белка, строение генома прокариот и эукариот. Молекулярно-генетические методы: полимеразная цепная реакция (ПЦР), обратная транскрипция, секвенирование. Влияние паратипических факторов на экспрессию генов, регулирование экспрессии генов животных с помощью питания	Знать основные принципы определения транскрипционной активности генов при сравнении различных рационов питания. Уметь осуществлять аналитические работы по отбору проб, определению экспрессии генов и математической обработке результатов анализа.	
		Практическое занятие, 2 ак.ч.	Работа в базе данных геномов Ensembl. Поиск информации об экспрессии заданных генов различных сельскохозяйственных животных		
	Самостоятельная работа, 4 ак.ч.		Экспрессия генов сельскохозяйственных животных в зависимости от генетических особенностей: анализ научной литературы		
	Тема 2. Физиологические и зоотехнические основы питания животных	Лекция, 2 ак.ч.	Нутриенты и биологически активные соединения (БАС) в питании животных. Их роль в физиологических процессах. Потребность разных животных в нутриентах и БАС. Питательные ресурсы и нутрицевтики в животноводстве. Нормированное питание животных. Зоотехнические, клинические и биохимические маркеры полноценного питания животных		
		Практическое занятие, 2 ак.ч.	Внесение корректировок в рационы кормления жвачных (на примере лактирующих коров) и моногастричных (на примере		

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий, кол-во ак. ч.	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
			кур-несушек) животных на основе зоотехнических, клинических и биохимических маркеров полноценности питания	
	Самостоятельная работа, 4 ак.ч.		Физиология пищеварения различных сельскохозяйственных животных: анализ научной литературы	
	Тема 3. Методика оценки экспрессии генов	Лекция, 2 ак.ч.	Методика определения экспрессии генов в тканях животных: гомогенизация тканей, выделение РНК, контроль качества выделения РНК, обратная транскрипция, амплификация кДНК, обработка и интерпретация полученных данных. Анализ экспрессии генов методом цифровой капельной ПЦР. Методика полнотранскриптомного анализа	
		Практическое занятие, 2 ак.ч.	Определение относительной экспрессии генов по методу $2^{-\Delta\Delta C_t}$	
	Самостоятельная работа, 4 ак.ч.		Анализ научной литературы по результатам полнотранскриптомного анализа в животноводстве	
2	Раздел 2. Микробиом желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных			
	Тема 4. Микробиом ЖКТ сельскохозяйственных животных	Лекция, 2 ак.ч.	Микробиом ЖКТ животных: состав, функции, факторы влияния на структуру микробиоценоза. Нормальная, условно-патогенная и патогенная микробиота; транзитная и резидентная микробиота. Особенности микробиома жвачных и моногастричных животных, нормальные значения состава микробиома различных животных	Знать функции и классификацию микробного сообщества рубца жвачных и кишечника моногастричных животных. Уметь идентифицировать микроорганизмы ЖКТ животных с помощью молекулярно-генетических исследований.
		Практическое занятие, 2 ак.ч.	Состав микробиоты различных отделов ЖКТ птицы, крупного рогатого скота, свиней: заполнение анатомического атласа	
	Самостоятельная работа, 5 ак.ч.		Классические методы определения состава микробиоценоза сред, классификация микроор-	

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий, кол-во ак. ч.	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
			<p>ганизмов: анализ научной литературы</p> <p>Преимущества молекулярно-генетического анализа микробиоты перед классическими методами. Методика определения состава микробиома ЖКТ: метод T-RFLP и NGS-секвенирование. Отбор, хранение и транспортировка проб. Выделение общей микробной ДНК из проб, контроль качества и количества ДНК, ПЦР-амплификация, очистка и рестрикция ДНК, капиллярный электрофорез, контроль и анализ T-RFLP-грамм, NGS-секвенирование, статистические методы обработки результатов</p> <p>Обработка и анализ результатов исследования содержимого слепых отростков цыплят-бройлеров, получающих в рационе биологически активные соединения</p> <p>Анализ научной литературы по результатам метагеномного анализа ЖКТ животных</p> <p>Влияние алиментарных факторов на формирование микробиома: роль нутриентов, биологически активных соединений и ксенобиотиков. Использование данных составе микробиоценоза ЖКТ животных в качестве маркера полноценного питания животных</p> <p>Преимущества и недостатки использования различных регуляторов микробиоценоза ЖКТ животных: оформление презентационной работы</p> <p>Анализ научных публикаций по теме влияния алиментарных факторов на состав микробиоценоза кишечника монога-</p>	
	Тема 5. Методика определения состава микробиома ЖКТ животных	Лекция, 2 ак.ч.		
		Практическое занятие, 2 ак.ч.		
	Самостоятельная работа, 5 ак.ч.			
	Тема 6. Способы коррекции состава микробиома	Лекция, 2 ак.ч.		
		Практическое занятие, 2 ак.ч.		
	Самостоятельная работа, 4 ак.ч.			

№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий, кол-во ак. ч.	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
			стричных и рубца жвачных животных	
3	<p>Раздел 3. Экспрессия генов продуктивности и резистентности под влиянием алиментарных факторов</p> <p>Тема 7. Экспрессия генов продуктивности под влиянием алиментарных факторов</p> <p>Самостоятельная работа, 7 ак.ч.</p> <p>Тема 8. Экспрессия генов резистентности и адаптационного потенциала под влиянием алиментарных факторов</p>	<p>Лекция, 2 ак.ч.</p> <p>Практическое занятие, 2 ак.ч.</p> <p>Лекция, 2 ак.ч.</p> <p>Практическое занятие, 2 ак.ч.</p>	<p>Экспрессия генов, ассоциированных с молочной, мясной, шерстной и яичной продуктивностью, потреблением и усвоением корма, воспроизводительными качествами, под влиянием различных нутриентов и биологически активных веществ. Использование данных об экспрессии этих генов в качестве маркеров полноценного питания животных</p> <p>Обработка, анализ и интерпретация результатов амплификации кДНК тканей цыплят-бройлеров, получающих в рационе биологически активные соединения (гены, связанные с мясной продуктивностью)</p> <p>Анализ научных публикаций по теме влияния алиментарных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с хозяйственно-полезными признаками животных</p> <p>Экспрессия генов, ассоциированных с антимикробной и противовирусной активностью, воспалительным процессом, регуляцией клеточного цикла, антиоксидантной защитой, стресс-устойчивостью и другими элементами адаптационного потенциала под влиянием различных нутриентов и биологически активных веществ. Использование данных об экспрессии этих генов в качестве маркеров полноценного питания животных</p> <p>Обработка, анализ и интерпретация результатов амплификации кДНК тканей цыплят-бройлеров, получающих в рационе биологически активные</p>	<p>Знать ключевые гены, ассоциированные с продуктивностью, здоровьем и адаптационным потенциалом, и референсные значения состава микробиоты ЖКТ животных.</p> <p>Уметь проводить мониторинг полноценности питания животных на основе молекулярно-генетических исследований и вносить соответствующие корректировки в рационы.</p>



№ п/п	№ раздела	Виды учебных занятий, кол-во ак. ч.	Содержание	Планируемый результат
1	2	3	4	5
			соединения (гены, связанные со здоровьем кишечника)	
	Самостоятельная работа, 7 ак.ч.		Анализ научных публикаций по теме влияния алиментарных факторов на экспрессию генов, ассоциированных с резистентностью животных к негативным средовым факторам	

### 2.3. Сетевая форма обучения

№ п/п	Наименование организации	Участвует в реализации следующих разделов/тем	Формы участия
1.	ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева	Участвует в реализации всех разделов	Составление рабочей программы, чтение лекций, разработка практических заданий, аттестация слушателей
2.	ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП»	Участвует в реализации тем, требующих демонстрацию выполнения лабораторных работ	Составление рабочей программы, чтение лекций, подготовка демонстрационного видео- и фотоматериала

## Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы

### Входное тестирование

Форма проведения	Заочно
Виды оценочных материалов	Тест из 30 заданий в электронной форме (Приложение 1)
Критерии оценивания	1 – правильный ответ; 0 – неправильный ответ. 20-30 баллов – высокий уровень, 10-20 баллов – средний уровень, менее 10 – низкий уровень.
Оценка	Не предусмотрено (тестирование проводится с целью определения уровня владения материалом)

### Итоговое тестирование

Форма итоговой аттестации	Зачет как совокупность выполненного итогового теста (Приложение 2)
Требования к итоговой аттестации	Выполнение итогового теста
Критерии оценивания	Слушатель считается аттестованным при положительном оценивании итогового тестирования (не менее 15 правильных ответов на тестовые задания из 30 предложенных)
Оценка	Зачтено/не зачтено

#### Раздел 4. Материально-технические условия реализации программы

Для реализации программы используются ресурсы, размещенные в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (sdo.timacad.ru), которые позволяют слушателям самостоятельно осваивать содержание программы или отдельных ее разделов, используются открытые образовательные и интернет – ресурсы и платформы.

Для подготовки демонстрационного видео- и фотоматериала используется научное оборудование Лаборатории прикладной генетики ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП».

Материалы курса размещены на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (sdo.timacad.ru) и сайте ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП».

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
LMS Moodle (дистанционная образовательная платформа ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева	Лекции, практические занятия	Sdo.timacad.ru Доступ в сеть интернет, компьютеры и программное обеспечение, поддерживающее работу сайта
Лаборатория прикладной генетики	Лекции (с использованием демонстрационного материала)	Амплификаторы, секвенатор, гомогенизаторы, центрифуги, ламинары, система для капельной цифровой ПЦР, прочее лабораторное оборудование

#### 5. Учебно-методическое обеспечение программы

##### Основная литература:

1. Методические рекомендации по использованию современных биотехнологий для оценки экспрессии генов, связанных с продуктивностью и устойчивостью птицы к неблагоприятным факторам / И. И. Кочищ, М. Н. Романов, Г. Ю. Лаптев [и др.]. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2019. – 112 с.
2. Микробиом сельскохозяйственных животных: связь со здоровьем и продуктивностью / Г. Ю. Лаптев, Н. И. Новикова, Е. А. Йылдырым [и др.]. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2020. – 336 с.
3. Патрушев, Л. И. Экспрессия генов: монография / Л. И. Патрушев. – М.: Наука, 2000. – 830 с.
4. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология: учебник для вузов / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 160 с.

##### Дополнительная литература:

1. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: Посвящается 100-летию со дня рождения академика Алексея Петровича Калашникова (1918–2010) / Р. В. Некрасов, А. В. Головин, Е. А. Махаев [и др.]; Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста; Под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева. – Москва: Российская академия наук, 2018. – 290 с.

2. Порядок оценки состояния микробиоты кишечника и меры по сохранению или восстановлению нормальной микробиоты сельскохозяйственных животных и птицы: Методические рекомендации / И. И. Кочиш, О. В. Мясникова, И. Н. Иванов, М. С. Мотин. – Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА им. К.И. Скрябина, 2022. – 44 с.

3. Практические рекомендации по применению кормовых добавок для улучшения продуктивности и стрессоустойчивости яичной птицы / И. И. Кочиш, М. Н. Романов, О. В. Мясникова [и др.]. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2019. – 48 с.

## 6. Оценка качества освоения программы


Оценка качества освоения программы осуществляется на основе результатов итоговой аттестации. Слушатель считается аттестованным, если имеет положительные оценки (от «15» до «30» баллов) по результатам итогового тестирования.

## 7. Образовательные технологии, используемые в процессе реализации программы

В программе используются ресурсы, размещенные в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (sdo.timacad.ru), которые позволяют слушателям самостоятельно осваивать содержание программы или отдельных ее разделов, используются открытые образовательные и интернет – ресурсы и платформы.

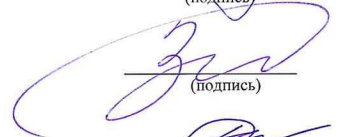
## 8. Составители программы

Селионова М.И., д.б.н., профессор РАН (разделы 1, 3, темы 1, 3, 7)



(подпись)

Загарин А.Ю. (раздел 1-3, темы 1-8)



(подпись)

Куликов Е.И. (раздел 1-3, темы 1-8)



(подпись)

Разработана и утверждена на кафедре разведения, генетики и биотехнологии животных

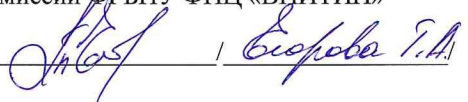
Протокол № 14 от «20» июня 2024 г.

Зав. кафедрой



Утверждена на заседании методической комиссии ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП»

Председатель методической комиссии



**Примерные задания для входного тестирования**

1. В реакции транскрипции участвует:
  - a) иРНК
  - b) яРНК
  - c) рРНК
  - d) тРНК
  
2. К какой экологической группе микробиоты относится *Salmonella enterica*?
  - a) патогенная
  - b) нормальная
  - c) условно-патогенная
  
3. Что из перечисленного характеризует РНК?
  - a) Азотистые основания – тимин, аденин, гуанин и цитозин
  - b) Двухцепочечная структура
  - c) Моносахарид рибоза
  - d) Функция хранения генетического материала у эукариот
  
4. К жирорастворимым витаминам относится:
  - a) А
  - b) Н
  - c) В<sub>с</sub>
  - d) В<sub>2</sub>
  
5. Кормовые добавки, представляющие собой живые микроорганизмы, предназначенные для колонизации ЖКТ животного, – это:
  - a) пробиотики
  - b) пребиотики
  - c) фитобиотики
  - d) адсорбенты
  
6. Прибор, предназначенный для постановки ПЦР-РВ:
  - a) вортекс
  - b) амплификатор
  - c) гомогенизатор
  - d) ламинар

### Примерные задания для итогового тестирования

1. В какой последовательности происходит анализ относительной экспрессии генов?
  - a) фиксация ткани → выделение РНК → обратная транскрипция → ПЦР-РВ
  - b) выделение РНК → фиксация ткани → ПЦР-РВ → обратная транскрипция
  - c) фиксация ткани → обратная транскрипция → выделение РНК → ПЦР-РВ
  - d) выделение РНК → обратная транскрипция → фиксация ткани → ПЦР-РВ
  
2. Гены, ассоциированные с ростом животного:
  - a) *MSTN*, *GH*, *IGF-1*, *MYOG*
  - b) *IL8L2*, *AvBD1*, *TNF- $\alpha$* , *IRF-7*
  - c) *SOD1*, *Gpx-1*, *PRDX6*, *CAT*
  - d) *FSHR*, *GALNT1*, *VIPR1*, *OCX-32*
  
3. Метод идентификации микроорганизмов, основанный на рестрикции ампликонов 16S рРНК:
  - a) T-RFLP (ПДРФ)
  - b) NGS-секвенирование
  - c) ПЦР-РВ
  - d) ПЦР-ОТ
  
4. Согласно методу определения экспрессии генов  $2^{-\Delta\Delta Ct}$ ,  $\Delta\Delta Ct$  – это:
  - a) разность между экспрессией референсного и целевого генов
  - b) разность между разностями экспрессии референсного и целевого генов в отношении двух сравниваемых групп
  - c) стандартизированное значение экспрессии целевого гена
  - d) пороговое значение экспрессии референсного или целевого гена
  
5. Нутригеномика (в животноводстве) – это:
  - a) наука о влиянии питания на продуктивность и здоровье животных
  - b) наука о влиянии питания на экспрессию генов, связанных с хозяйственно значимыми признаками
  - c) наука о влиянии питания на продуктивность и здоровье животного в зависимости от генотипа
  - d) наука о влиянии питания на генотип животного
  
6. Если в состав нутрицевтика входят *Bacillus subtilis* и инулин, то это:
  - a) пробиотик
  - b) пребиотик
  - c) симбиотик
  - d) фитобиотик