

На правах рукописи



Онищенко Ольга Николаевна

**ПОЛИМОРФИЗМЫ ГЕНОВ *GH*, *GDF9*, ИХ СВЯЗЬ
С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ
И ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ОВЕЦ ПОРОДЫ
РОССИЙСКИЙ МЯСНОЙ МЕРИНОС**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ставрополь – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ)

Научный руководитель: **Чернобай Евгений Николаевич,**
доктор биологических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: **Ковалюк Наталья Викторовна,**
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник с вмененными обязанностями по руководству лабораторией, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»

Денискова Татьяна Евгеньевна,
кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник группы генетики и геномики мелкого рогатого скота ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Защита диссертации состоится «15» июля 2024 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 99.0.123.02 при ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» и ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 3, тел. 8(8652) 28-61-10, факс 28-61-10. E-mail: m-ponomareva-st@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.stgau.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2024 года и размещен на сайтах: ВАК Министерства науки и высшего образования РФ <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru> «___» _____ 2024 г.; ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» <http://www.stgau.ru> «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пономарева Мария Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Улучшение продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных является важной приоритетной задачей, которая включает в себя обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации. На сегодняшний день современные тенденции в генетике дают возможность разрабатывать селекционные программы, направленные на улучшение существующих и выведение новых пород, а также внутривидовых типов и линий животных в сельском хозяйстве. В настоящее время с помощью генотипирования животных с применением ПЦР-анализа, можно выявлять животных с высоким потенциалом продуктивности, которые будут отвечать требованиям желательного типа (Трухачев В. И., Селионова М. И., Криворучко А. Ю. и др., 2018; Valencia C., Franco L., Herrera D., 2022; Silva S., Sacarrão-Birrento L., Almeida M. et al., 2022).

Изучение генетических маркеров в отрасли овцеводства остается значимым и востребованным, так как на ранних стадиях онтогенеза, а именно в ранний постнатальный период, можно провести молекулярно-генетическую оценку, которая определит его функциональную зрелость и недостаточность развития механизмов адаптации в последующие возрастные периоды. Значительное расширение имеющихся знаний о маркерных генах в овцеводстве создаст основу для проведения комплексной оценки продуктивных качеств у сельскохозяйственных животных (Moghaddar N., Brown D., Swan A. et al., 2022; Мусаева И. В., Алиева Р. М., 2022; Насирова А. Ю., Широкова Н. В., 2023).

Перспективными маркерными генами из большого множества являются ген гормона роста (*GH*) и дифференциальный фактор роста (*GDF9*), которые обладают высоким потенциалом в получении экономически ценных признаков у сельскохозяйственных животных (Sadighi M., Bodensteiner K., Beattie A., 2002; Лушников В. П., Фетисова Т. О., Стрильчук А. А., 2020; Суров А. И., Шумаенко С. Н., Омаров А. А. и др., 2023).

Порода овец российский мясной меринос является достаточно новой и наиболее перспективной в Ставропольском крае, сочетает в себе превосходные мясные и шерстные качества. Поэтому изучение продуктивных и биологических особенностей овец породы российский мясной меринос в зависимости от полиморфизма генов *GH* и *GDF9* является актуальным.

Степень разработанности темы исследований. Большое внимание уделяется широкому применению маркер-ассоциированного подхода в селекции животных, который основан на использовании ДНК-диагностики.

Изучением полиморфизма генов *GH* и *GDF9* у овец и их связи с продуктивностью и хозяйственно-биологическими особенностями занимались как отечественные, так и зарубежные ученые (Погодаев В. А., Кононова Л. В., Адучиев Б. К. и др., 2019; Hossain F., Suma S. A., Bhuiyan M. S. A., 2020; Лушников В. П., Фетисова Т. О., Селионова М. И. и др., 2020; Valencia C. P. L., Franco L. A. A., Herrera D. N., 2022; Суров А. И., Гаджиев З. К., Суржикова Е. С. и др., 2022; Bayraktar M., Shoshin O., 2022; Скорых Л. Н., Суховеева А. В., Скокова А. В. и др., 2023).

Полученные и внедренные в производство результаты способствовали увеличению продуктивности овец. Установлено, что полиморфизм гена гормона роста (*GH*) достоверно связан с регуляцией биохимических и физиологических процессов в организме овец, а также стимулирует рост скелета, координирует и регулирует скорость протекания обменных процессов (Ostapchuk P. S., Yemelianov S. A., Skorykh L. N. et al., 2018; Platten J. D., Cobb J. N., Zantua R. E., 2019; Bai J., Li J., Chen Yu. et al., 2021; Selionova M. I., Podkorytov N. A., 2021; Оздемиров А. А., Акаева Р. А., Алиева Е. М. и др., 2022; Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д. и др., 2023; Селионова М. И., Айбазов А. М. М., 2023; Бисембаев А. Т., Юлдашбаев Ю. А., Смагулов Д. Б. и др., 2023), а концентрация гена дифференциального фактора роста (*GDF9*) у овец связана с воспроизводительными качествами и энергией роста (Селионова М. И., Чижова Л. Н., Суржикова Е. С. и др., 2020; Абдулмуслимов А. М., Хожоков А. А., Бейшова И. С. и др., 2020; Wang F., Chu M., Pan L. et al., 2021; Оздемиров А. А., Суров А. И., Суржикова Е. С. и др., 2022; Holm L. E., Vendixen C., Eythorsdottir E. et al., 2022; Amandykova M., Orazymbetova Z., Kapassuly T. et al., 2023; Погодаев В. А., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д. и др., 2023).

Внедрение в отрасль овцеводства молекулярно-генетических методов позволит эффективно проводить поиск желательных аллелей и генотипов генов *GH* и *GDF9* и их связи с хозяйственно полезными признаками, которые будут являться ценным материалом для селекционно-племенной работы. В связи с этим влияние полиморфизма данных генов на продуктивные качества овец породы российский мясной меринос требует более углубленного изучения.

Объект исследования. В качестве объекта исследования были выбраны овцы породы российский мясной меринос следующих половозрастных групп: бараны-производители, овцематки и полученное потомство (баранчики).

Предмет исследования. Хозяйственно полезные признаки животных в зависимости от полиморфизма генов *GH*, *GDF9*.

Цель исследования: Изучение влияния полиморфизма генов *GH*, *GDF9* на биологические и продуктивные особенности овец породы российский мясной меринос.

Задачи исследования:

1. Выявить частоту аллельных вариантов и генотипов полиморфизма гена *GH* и *GDF9* у баранов-производителей и овцематок.
2. Изучить воспроизводительную способность овцематок различных генотипов *GDF9^{AA}*, *GDF9^{AG}*, *GDF9^{GG}*.
3. Выявить частоту аллельных вариантов и генотипов полиморфизма гена *GH* у баранчиков.
4. Изучить рост и развитие баранчиков различных генотипов *GH^{AA}*, *GH^{AB}*, *GH^{BB}*.
5. Определить естественную резистентность и биохимический состав крови баранчиков различных генотипов *GH^{AA}*, *GH^{AB}*, *GH^{BB}*.
6. Установить связь полиморфизма гена *GH* с показателями мясной продуктивности баранчиков.
7. Дать экономическое обоснование реализации баранчиков на мясо различных генотипов *GH^{AA}*, *GH^{AB}*, *GH^{BB}*.

Научная новизна. Впервые научно обоснованы и разработаны приемы совершенствования продуктивных качеств овец породы российский мясной меринос с использованием молекулярно-генетических методов исследований. Доказано влияние полиморфизма гена *GDF9* на воспроизводительные способности овцематок, гена *GH* на рост и развитие молодняка, гематологические и биохимические показатели крови, убойные и мясные качества овец породы российский мясной меринос.

На основании определения генетической структуры овец породы российский мясной меринос по генам *GH* и *GDF9* были разработаны программы (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023667997 от 22.08.2023); (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023665126 от 12.07.2023).

Теоретическая и практическая значимость работы. Выводы и предложения работы расширяют и углубляют теоретическую значимость исследований полиморфизма генов *GH* и *GDF9* у овец породы российский мясной меринос, которые оказывают влияние на хозяйственно полезные признаки.

Практическое значение работы заключается в выявлении животных с желательными гетерозиготными генотипами *GH^{AB}*, *GDF9^{AG}*, отличающихся высокой живой массой, качественными показателями мясной продуктивности и воспроизводительной способностью овцематок. Установление желательных аллелей генов *GH*, *GDF9* у овец породы российский мясной меринос позволит проводить целенаправленный подбор родительских пар и прогнозировать продуктивные качества животных в раннем возрасте.

Результаты исследований о полиморфизме генов *GH*, *GDF9* и их связь с биологическими особенностями и продуктивностью могут быть использованы в научных целях, при составлении учебных пособий, проведении практических занятий по генетике и селекции в высших учебных заведениях путём увеличения теоретической базы в отрасли овцеводства.

Материалы диссертации используются в работе научно-исследовательских учреждений и высших учебных заведений для специалистов в области зоотехнии и ветеринарии. Разработаны электронные учебные ресурсы: «Цифровой модуль для выявления генов с помощью ДНК-маркеров продуктивных и биологических особенностей сельскохозяйственных животных» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022612748 от 28.02.2022); «Оценка мясной продуктивности и качества мяса на основе биохимических показателей крови в раннем неонатальном периоде у сельскохозяйственных животных» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022612749 от 28.02.2022); «Система селекционно-генетической оценки значимых стад импортных пород сельскохозяйственных животных с учетом адаптации и акклиматизации» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022612849 от 01.03.2022).

Методология и методы исследования. Методологической основой проведения диссертационного исследования явился анализ работ российских и зарубежных авторов в области генетики, селекции и разведения овец, сопоставление и обобщение экспериментальных данных.

Применены общепринятые зоотехнические, биохимические, гематологические, молекулярно-генетические и гистологические методы

с использованием современного сертифицированного оборудования в аккредитованных лабораториях ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» и ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Для обработки экспериментальных данных применялись статистические и математические методы анализа, которые обеспечивали достоверность полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Гены *GH* и *GDF9*, отвечающие за хозяйственно полезные признаки у баранов-производителей, овцематок, полиморфны.
2. Воспроизводительная способность овцематок зависит от полиморфизма гена *GDF9*.
3. Ген *GH*, отвечающий за хозяйственно полезные признаки у баранчиков, полиморфен.
4. Разные генотипы по гену *GH* оказывают влияние на рост и развитие, убойные качества баранчиков породы российский мясной меринос.
5. Показатели естественной резистентности и биохимические параметры крови связаны с генотипами по гену *GH*.
6. Экономически обоснована эффективность разведения овец породы российский мясной меринос в зависимости от полиморфизма гена *GH*.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Достоверность полученных научных данных, основные положения, методы и методология исследований, выводы и практические рекомендации доложены и обсуждены на заседаниях учебно-методических комиссий биотехнологического факультета ФГБОУ ВО Ставропольского ГАУ (2022–2023 гг.), на межкафедральных заседаниях профессорско-преподавательского состава СтГАУ (2022–2023 гг.). Объективность материалов диссертационной работы подтверждена использованием поверенного, сертифицированного и лицензированного оборудования в научно-исследовательских лабораториях.

Результаты работы представлены на следующих научных конференциях: Международная научно-практическая конференция для студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективные разработки молодых ученых в области ветеринарии, производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (2 декабря 2022 г., г. Ставрополь); национальная научно-практическая конференция, посвященная 85-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Р. В. Тамаровой «Актуальные проблемы и перспективы развития продуктивного и непродуктивного животноводства» (6 октября 2022 г., г. Ярославль); Международная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных «Современные достижения и актуальные проблемы животноводства» (12–13 октября 2023 г., Беларусь, г. Витебск); VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам» (20 апреля 2023 г.,

г. Вологда); Международная научно-практическая конференция «Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных» (22–23 мая 2023 г., г. Саратов); 88-я научно-практическая конференция «Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу» (1 июня 2023 г., г. Ставрополь).

Основные положения диссертационной работы реализованы в заявочной кампании по Гранту ректора ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета в области науки и инноваций молодых ученых (приказ № 33 от 24 января 2023 г., г. Ставрополь).

Апробация работы проведена на Всероссийском конкурсе на лучшую научно-исследовательскую работу в области агротехнологий «Созвездие АгроТеха» среди молодых учёных, кандидатов и докторов наук, преподавателей, аспирантов, студентов вузов Российской Федерации в направлении «Генетика и селекция», реализуемом фондом «Сколково» по заказу Россельхозбанка в 2023 г.: победитель, I место (20.12.2023, г. Москва).

Научные результаты исследований апробированы в условиях ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Научно-диагностического и лечебного ветеринарного центра Ставропольского ГАУ (НДиЛВЦ СтГАУ), а также внедрены в производственную деятельность СПК колхоза-племзавода имени Ленина Арзгирского района Ставропольского края и подтверждены актом внедрения о завершённых научно-исследовательских разработках в производственную деятельность.

Связь темы с планом научных исследований. Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», входит в тематический план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 2021–2025 гг. по теме: 1.2.1. «Совершенствование селекционно-генетических методов в овцеводстве с целью производства органической продукции в рамках FoodNet» (Протокол № 1 заседания Ученого совета ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ от 29 января 2021 г.). В рамках Приоритета-2030 исследования вошли в отчет о научно-исследовательской работе «Совершенствование селекционно-генетических методов оценки продуктивных качеств скота и овец в племенном животноводстве» КНИГА 1 (промежуточный), НТС Ставропольский ГАУ, протокол № 5 от 14 декабря 2022 г.

Личный вклад соискателя. Автором проанализировано современное состояние проблемы, обозначены цель и задачи исследования, определены схема и методы исследования, выполнен генетико-статистический анализ экспериментальных данных. Диссертационная работа является результатом трехлетних исследований автора, опубликованных в открытой печати и выполненных в соавторстве, где значительная часть работы принадлежит О. Н. Онищенко. Доля участия соискателя при выполнении работы составляет 90 %. Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой и свидетельствует о личном вкладе автора в зоотехническую науку овцеводческой отрасли. Постановка цели и задач, определение методов и прогнозирование исследований осуществлялись

совместно с научным руководителем доктором биологических наук, профессором Е. Н. Чернобаем.

Публикации результатов исследований. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 работах, из них 6 статей в российских журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации («Зоотехния», «Вестник МарГУ», «Овцы, козы, шерстяное дело», «Главный зоотехник», «Вестник КрасГАУ», «Известия Оренбургского государственного аграрного университета») и 1 статья, индексируемая в международной базе научного цитирования Scopus (IOP conference series: earth and environmental science). Получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 150 страницах компьютерного текста, содержит 30 таблиц, 6 рисунков, включает введение, обзор литературы, материалы и методику исследований, результаты исследований, заключение, включающее практические предложения, перспективы дальнейшей разработки темы, список использованной литературы, насчитывающий 263 источника, в том числе 91 на иностранном языке.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе изложены научные данные о современном состоянии овцеводства в Российской Федерации и зарубежных странах, перспективах использования маркерной селекции в овцеводстве, а также связь полиморфизма генов *GH* и *GDF9* с хозяйственно полезными признаками у овец разных пород.

2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал и методики исследований

Экспериментальная часть научно-производственного опыта проводилась в условиях СПК колхозе-племзаводе имени Ленина Арзгирского района Ставропольского края в период с 2021 по 2024 г. Для проведения эксперимента в октябре 2021 г. была сформирована отара овцематок 3–4-летнего возраста породы российский мясной меринос в количестве 120 голов, которых разделили на 3 группы по генотипам *GDF9^{AA}*, *GDF9^{AG}*, *GDF9^{GG}* и осеменяли 5 баранами-производителями одинаковое количество овцематок. Полученный молодняк (баранчики $n = 70$) изучали по генотипам *GH^{AA}*, *GH^{AB}* и *GH^{BB}*.

Научно-исследовательская работа проводилась согласно схеме опыта, представленной на рисунке 1.

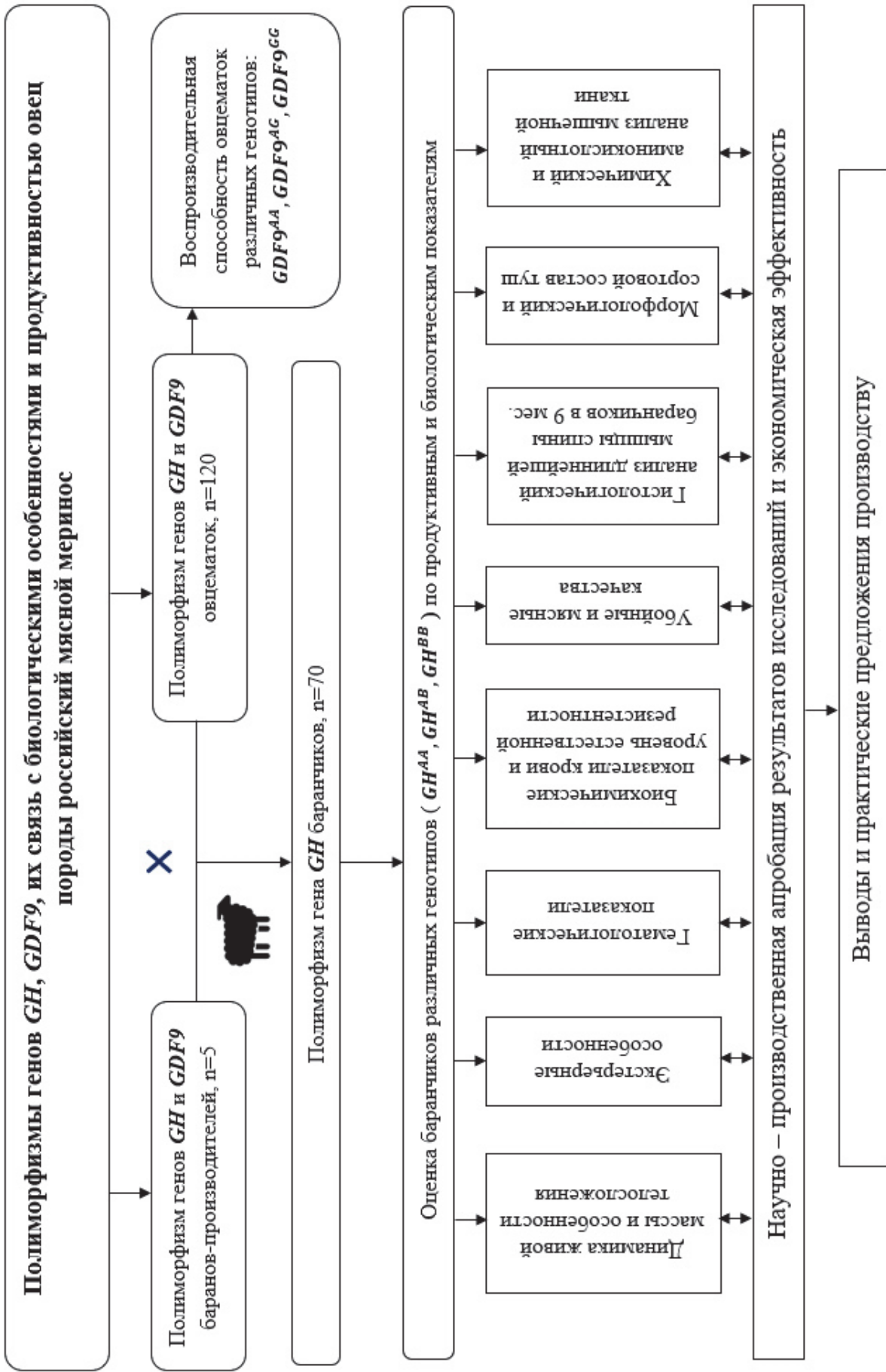


Рисунок 1 – Схема исследований

Молекулярно-генетический анализ. Выделенная из цельной крови животных ДНК служила биологическим материалом для проведения исследования. Кровь отбирали путём пункции яремной вены овец в вакуумные пробирки типа Vacuette объёмом 6,0 мл с добавленной в качестве антикоагулянта солью этилендиаминтетраацетата ЭДТАК2. Транспортировка крови до лаборатории проходила в течение суток с соблюдением температурного режима в термосумке с хладогентами.

Геномную ДНК выделяли при помощи коммерческого набора реагентов «DIAtomtmDNAPrep» (ООО «Лаборатория Изоген», Россия) согласно протоколу, представленному изготовителем. Выход чистой ДНК составил 3–5 мкг из 100 мкл крови с коэффициентом поглощения 260/280 нм. Для постановки полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовались коммерческие наборы «GenePakTM PCR Core», (ООО «Лаборатория Изоген», Россия), предназначенные для проведения ПЦР амплификаций ДНК. Мастермиксы содержат все необходимые для проведения отдельной реакции компоненты, включая ингибированную для «горячего старта» Taq ДНК полимеразу, смесь высокоочищенных 2'-дезоксинуклеозид-5'-трифосфатов (dATP, dGTP, dGTP, dCTP) и краску для электрофореза.

Амплификация проводилась на программируемом четырехканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) в объеме 20 мкл реакционной смеси с использованием синтезированных в научно-производственной лаборатории «Синтол» (Москва) специфических праймеров.

Методом горизонтального гель-электрофореза при ультрафиолетовом свете определялась длина и число рестрикционных фрагментов в агарозном геле разной концентрации (*GDF9* – 2,0; *GH* – 3,8 %) с присутствием 10,0 % этидия бромид (10,0 мкл). Стандартный набор *M50* «GenePakDNAMarkers» (ООО «Лаборатория Изоген», Россия) использовался в качестве маркера молекулярных масс.

В результате ПЦР был получен фрагмент гена *GDF9*, размер которого составил (462 п. н.). Обработка получаемых фрагментов рестриктазой *Bst*HI I позволила выявить его аллельные варианты. Обнаруженные аллели *A* и *G* обеспечивали наличие трех генотипов: *GDF9^{GG}*, *GDF9^{AG}*, *GDF9^{AA}*, характеризующихся присутствием на электрофореграмме рестрикционных фрагментов определенной длины. Гомозиготный *GG* представлен фрагментом 250 и 220 п. н., гетерозиготный *AG* генотип – 250, 220 и 462 п. н. Фрагмент размером 462 п. н. принадлежит гомозиготному *AA* генотипу. Амплифицированный фрагмент гена *GH* длиной 277 п. н. расщепляли с помощью рестриктазы *Hae* III. Обнаруженные аллели *A* и *B* обеспечивали наличие трех генотипов: *GH^{AA}*, *GH^{AB}*, *GH^{BB}*. Гомозиготный генотип *AA* представлен фрагментом 277, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 8 и 4 п. н., гетерозиготный *AB* генотип – 277, 256, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 8 и 4 п. н., гомозиготный *BB* генотип – 256, 202, 110, 100, 94, 68, 49, 22, 8 и 4 п. н.

Воспроизводительная способность. Воспроизводительные качества маточного поголовья определялись по следующим показателям: плодовитость – по количеству ягнят с учётом живых и мертворожденных, полученных на 100 обьягнвившихся маток; сохранность молодняка учитывалась по количеству

родившихся живых ягнят и численностью молодняка в период отъема (4,5 месяца).

Биохимические и гематологические методы исследования крови. Проведение гематологических исследований с учетом форменных элементов крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов), уровня гемоглобина, количества гематокрита и фибриногена осуществляли с помощью ветеринарного автоматического гематологического анализатора «DF50 Vet» (Dymind Biotechnology Co., Ltd, Китай). Лейкоцитарную формулу определяли в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе, путем подсчета лейкоцитов (Кондрахин И. П., Курилов Н. В., 1985). Биохимические показатели крови определяли на автоматическом биохимическом анализаторе «ACCENT-200» (Cormay, Польша) с использованием комплекта реагентов фирмы Mindray (Китай). Показатели естественной резистентности сыворотки крови БАСК и ЛАСК определяли по методике СНИИЖК (2013).

Живая масса подопытных животных. Определение живой массы у баранчиков осуществлялось путем индивидуального взвешивания перед утренним кормлением с точностью до 0,1 кг на электронных весах при рождении, в 4,5 и 9 месяцев. Динамику роста и особенности телосложения оценивали путем индивидуального взятия промеров (Борисенко Е. Я., 1984), характеризующих особенности экстерьера и общее развитие животных в 4,5- и 9-месячном возрасте.

Мясная продуктивность. В возрасте 9 месяцев был проведен контрольный убой по 3 типичных баранчика каждого исследуемого генотипа: GH^{AA} , GH^{AB} и GH^{BB} согласно методическим рекомендациям СНИИЖК (2009). Морфологический состав мышечной ткани оценивался посредством проведения обвалки туш с учетом сортовой принадлежности мяса в соответствии с действующим ГОСТ 7596–81 «Мясо. Разделка баранины и козлятины для розничной торговли» путем установления соотношения мякоти к костям и расчета коэффициента мясности. Калорийность 1 кг мяса определяли по формуле В. М. Александрова (1951). Показатель спелости (зрелости) мяса – по формуле А. В. Ланиной (1973). Содержание оксипролина определяли методом Грейна и Смита, триптофана – по методу Неймана и Логана. Белково-качественный показатель – по отношению триптофана к оксипролину.

Гистологические исследования. При проведении опыта был выполнен контрольный убой баранчиков в возрасте 9 месяцев в количестве 3 голов из каждой группы. Оценку туш баранчиков проводили согласно ГОСТ № 52843–2007 «Овцы и козы для уоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах». В процессе уоя на участке между 9-м и 12-м грудными позвонками с каждой туши были взяты образцы длиннейшей мышцы спины размером 1 см³, освобождённые от жира и соединительнотканых оболочек. Фиксирование пробы мышечной ткани осуществляли с помощью 10-процентного нейтрального водного забуференного раствора формалина. Для обзорного просмотра гистосрезы окрашивали гематоксилин-эозином. Гистологические исследования проводили согласно методическим указаниям «Способ гистологической оценки качественных показателей мясной продуктивности овец с учетом морфоструктуры тканей» в лаборатории морфологии и качества продукции (ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», 2010). Микрофотосъемку гистологических препаратов проводили с использованием фотокамеры Canon Power Shot A 460 IS. Фотосъемку микропрепаратов также

осуществляли с помощью цифровой камеры (видеоокуляр) Scopetek DCM510 для микроскопа. Обработку полученных снимков выполняли в приложенной программе Score Photo.

Математическая обработка данных. Показатели промеров, живой массы были обработаны биометрически, способом сумм по Е. К. Меркурьевой (1970), А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко (2007). Статистическая обработка полученного цифрового материала исследований осуществлялась с применением программ «Microsoft Office Excel». Определение достоверности различий – по t-критерию Стьюдента при трёх уровнях вероятности ($p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$). Вычисления производили по формулам, представленным в методике по биохимическому полиморфизму Л. В. Ольховской и др. (2007).

2.2. Результаты исследований и их анализ

2.2.1. Полиморфизм генов *GH* и *GDF9* баранов-производителей

Результаты ДНК-генотипирования баранов-производителей позволили установить полиморфизм гена *GH*, который представлен двумя аллелями GH^B с частотой встречаемости 0,80 и GH^A , который был в 4 раза ниже и составил 0,20. Полиморфизм гена *GDF9* представлен аллелями $GDF9^A$ и $GDF9^G$, у которых имеется разная частота встречаемости, а именно 0,40 и 0,60.

2.2.2. Оценка овцематок по продуктивным и биологическим показателям

2.2.2.1. Полиморфизм генов *GH* и *GDF9* овцематок

По результатам молекулярно-генетических исследований овцематок ($n = 120$) было отмечено, что полиморфизм гена *GH* представлен двумя аллелями: аллелью GH^A с частотой встречаемости 0,53, что на 0,06 выше аллеля GH^B , который составил 0,47. Основной особенностью исследуемой популяции овцематок является существование высокой частоты встречаемости гетерозиготного генотипа GH^{AB} , составившего 51,0 %, а гомозиготный генотип GH^{BB} составил 22,0 %. Анализом результатов генотипирования овцематок было установлено, что полиморфизм гена *GDF9* представлен двумя аллелями: $GDF9^A$ и $GDF9^G$, у которых имеется разная частота встречаемости, а именно 0,43 и 0,57.

Сравнительный анализ результатов ДНК-диагностики овцематок свидетельствует о средней степени гомозиготности (Са, %), которая составила 50,17 % – в локусе гена *GH*, а в локусе гена *GDF9* была ниже на 0,96 и составила 51,13 % (табл. 1).

Таблица 1 – Генетическая структура гена *GH* и *GDF9* овцематок породы российский мясной меринос

Ген	Показатель						
	Са, %	Na	V, %	Hobs	Hex	ТГ	χ^2
<i>GH</i>	50,17	1,99	49,0	1,03	0,99	0,041 Ф>Т	0,05
<i>GDF9</i>	51,13	1,96	48,0	1,86	0,96	0,901 Ф>Т	13,06

В данной выборке животных тест гетерозиготности (ТГ) указывает на повышение гетерозиготных особей, потому как исследуемые гены оказались положительными, на что указывает число 0,041 по гену *GH* и 0,901 по гену *GDF9* соответственно. Расчет критерия χ^2 гена *GH* составил 0,05, что свидетельствует о сохранении генетического равновесия, а по гену *GDF9* составил 13,06, что

свидетельствует о частичном смещении в сторону гетерозиготного генотипа $GDF9^{AG}$.

2.2.2.2. Воспроизводительная способность овцематок различных генотипов: $GDF9^{AA}$, $GDF9^{AG}$, $GDF9^{GG}$

Анализ воспроизводительной способности овцематок различных генотипов, показал, что лучшей оплодотворяемостью отличались овцематки с генотипом $GDF9^{AG}$ (92,3 %), которые превосходили сверстниц с гомозиготными генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$ соответственно на 0,6 и 5,6 абс. %. Овцематки с гомозиготным генотипом $GDF9^{GG}$ имели самый высокий показатель яловости (13,3 %), что в дальнейшем сказалось на количестве полученного потомства. Больше всего ягнят на 100 обьягнвившихся маток было получено от животных с гетерозиготным генотипом $GDF9^{AG}$ по сравнению со сверстницами, имеющими гомозиготные генотипы $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$ – на 16,5 и 11,6 абс. % соответственно.

Сохранность ягнят, полученных от овцематок с гетерозиготным генотипом $GDF9^{AG}$ к отбивке (4,5 мес.), была выше по сравнению со сверстниками, полученными от овцематок с гомозиготными генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$, на 0,5 и 5,3 абс. %. По количеству ягнят к отъему на 100 осемененных маток превосходство было у овцематок с генотипом $GDF9^{AG}$ (125,0 %), что выше сверстниц с гомозиготными генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$ на 15,9 и 17,3 абс. %.

2.2.3. Полиморфизм гена GH баранчиков

В результате молекулярно-генетических исследований крови баранчиков ($n = 70$) было отмечено, что полиморфизм гена соматотропина представлен GH^B аллелем с частотой встречаемости 0,41 и GH^A аллелем с частотой встречаемости 0,59. Особенностью исследуемых баранчиков является существование высокой частоты встречаемости гомозиготного GH^{AA} ($n = 31$) генотипа, составившего 44,3 %, а гомозиготный GH^{BB} ($n = 18$) генотип составил – 25,7 %. Частота встречаемости гетерозиготного GH^{AB} ($n = 21$) генотипа составила 30,0 % (табл. 2).

Таблица 2 – Аллельный профиль гена GH у баранчиков

Ген-маркер	Генотип	(n)	Частота встречаемости	
			Генотип, %	Аллель
GH	AA	31	44,3	А – 0,59 В – 0,41
	BB	18	25,7	
	AB	21	30,0	

Результаты ДНК-генотипирования выборки баранчиков и их генетической структуры свидетельствуют о средней степени гомозиготности (Са, %), составившей 51,72 % в локусе гена GH . Главный фактор, характеризующий проявление желательных аллелей (Na), составляет 1,93 по гену GH . У баранчиков уровень наблюдаемой (Hobs) и ожидаемой (Hex) гетерозиготности по гену гормона роста составляет 0,43 и 0,93. Тест гетерозиготности (ТГ) был отрицательным (–0,5), что свидетельствует о недостатке гетерозигот в исследуемой выборке баранчиков.

По расчету критерия Пирсона (χ^2) ген GH составил 10,03, что свидетельствует о смещении в сторону гомозиготных генотипов GH^{AA} и GH^{BB} .

2.2.4. Оценка баранчиков различных генотипов GH^{AA} , GH^A , GH^{BB} по продуктивным и биологическим показателям

2.2.4.1. Динамика живой массы баранчиков разных генотипов гена GH

Период между рождением и отъемом баранчиков характеризовался наиболее интенсивным приростом живой массы. Животные с гетерозиготным генотипом GH^{AB} по живой массе превосходили сверстников с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами на 7,1 % ($P < 0,01$) и 2,9 % ($P > 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика живой массы баранчиков различных генотипов, кг ($n = 70$)

Возраст, мес.	Генотипы баранчиков		
	GH^{AA} (n = 31)	GH^{AB} (n = 21)	GH^{BB} (n = 18)
при рождении	4,32±0,03	4,46±0,07	4,59±0,06
в 4,5 месяца	29,17±0,51**	31,23±0,48	30,36±0,41
в 9 месяцев	52,41±0,62***	56,12±0,78	54,41±0,60

Примечание: статистическая значимость различий * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ баранчиков с генотипом GH^{AB} с данными других генотипов.

Тенденция превосходства баранчиков с гетерозиготным GH^{AB} генотипом по живой массе в 9-месячном возрасте сохранилась над сверстниками с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами соответственно на 7,1 % ($P < 0,001$) и 3,1 %. Животные с гетерозиготным GH^{AB} генотипом превосходили по абсолютному приросту в возрасте от рождения до 9 месяцев сверстников с гомозиготным GH^{AA} и GH^{BB} генотипом на 7,4 % ($P < 0,05$) и 3,7 %. По среднесуточному приросту от рождения до 9-месячного возраста животные с гетерозиготным GH^{AB} генотипом превосходили сверстников GH^{AA} и GH^{BB} генотипов на 7,4 % ($P < 0,05$) и 3,7 %. Тенденция превосходства баранчиков с генотипом GH^{AB} сохранилась и по относительному приросту.

2.2.4.2. Экстерьерные особенности баранчиков разных генотипов гена GH

Баранчики с гетерозиготным GH^{AB} генотипом в 9-месячном возрасте по высоте в крестце достоверно превосходили сверстников с генотипами GH^{AA} и GH^{BB} на 3,1 % ($P < 0,05$) и 1,5 %, по глубине груди – на 3,0 % ($P < 0,05$) и 1,9 %, по объему груди – на 3,3 % ($P < 0,001$) и 1,5 %.

По индексам массивности гетерозиготный GH^{AB} превосходил гомозиготных сверстников GH^{AA} и GH^{BB} на 2,62 и 1,45 абс. %, а по сбитости на 0,46 и 0,72 абс. % соответственно.

2.2.4.3. Гематологические показатели баранчиков

Количество гемоглобина в крови было больше у гетерозиготных GH^{AB} баранчиков по сравнению с гомозиготными сверстниками GH^{AA} и GH^{BB} соответственно на 13,0 % ($P < 0,001$) и 6,2 %, а по количеству эритроцитов соответственно на 7,2 % ($P < 0,001$) и 1,2 %.

В крови баранчиков гетерозиготного GH^{AB} по сравнению с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами содержание лейкоцитов отмечалось выше с высокой достоверной разницей на 14,1 % ($P<0,001$) и 12,1 % ($P<0,001$), что свидетельствует об активизации окислительно-восстановительных процессов в организме животного. Количество лимфоцитов наблюдалось больше у баранчиков гомозиготного GH^{BB} генотипа по сравнению со сверстниками гомозиготного GH^{AA} достоверно на 4,8 % ($P<0,05$) и гетерозиготного GH^{AB} на 5,7 % ($P<0,05$).

2.2.4.4. Биохимические показатели крови и уровень естественной резистентности баранчиков

Биохимические показатели крови баранчиков изучаемых генотипов были в пределах физиологических норм. Содержание мочевины у гетерозиготного GH^{AB} генотипа было больше по сравнению с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами с достоверной разницей на 17,1 % ($P<0,001$) и на 12,3 % ($P<0,01$). По содержанию холестерина гетерозиготные GH^{AB} баранчики уступали гомозиготным GH^{AA} и GH^{BB} генотипам с высокой достоверной разницей на 26,8 % ($P<0,001$) и на 26,3 % ($P<0,001$). По уровню кальция превосходство над гомозиготными сверстниками GH^{AA} и GH^{BB} с достоверной разницей составило на 8,0 % ($P<0,001$) и на 6,4 % ($P<0,05$), а по уровню калия соответственно с достоверной разницей на 9,6 % ($P<0,001$) и на 9,4 % ($P<0,05$).

Баранчики с генотипом GH^{AB} превосходили сверстников GH^{AA} и GH^{BB} генотипов по содержанию общего белка в сыворотке крови на 7,5 % ($P<0,001$) и 2,3 0% ($P<0,001$), по количеству альбуминов – на 4,6 % ($P<0,001$) и 1,9 %, по α -глобулиновой фракции – на 3,5 % ($P<0,001$) и 2,0 % ($P<0,05$), по γ - глобулиновой фракции – на 17,1 % ($P<0,001$) и на 2,7 % ($P<0,05$). Анализ БАСК у гетерозиготных GH^{AB} баранчиков был выше гомозиготных GH^{AA} и GH^{BB} генотипов на 10,1 % ($P<0,001$) и 4,8 % ($P<0,001$), а по уровню ЛАСК на 15,3 % ($P<0,001$) и 7,2 % ($P<0,001$).

2.2.4.5. Взаимосвязь полиморфизма гена GH с показателями мясной продуктивности

2.2.4.5.1. Убойные и мясные качества

Полученные результаты проведенного контрольного убоя свидетельствуют о том, что гетерозиготные баранчики GH^{AB} генотипа превосходили по предубойной массе гомозиготных GH^{AA} и GH^{BB} сверстников на 7,1 ($P<0,01$) и 3,3 %, по убойной массе – на 11,0 % ($P<0,01$) и 4,9 %, по массе парной туши соответственно на 10,7 ($P<0,01$) и 4,7 % (табл. 4).

Таблица 4 – Мясная продуктивность баранчиков разных генотипов гена GH

Показатель	Единица измерения	Генотип		
		GH^{AA} (n = 3)	GH^{AB} (n = 3)	GH^{BB} (n = 3)
Живая масса до голодной выдержки	кг	52,40±0,14	56,06±0,63	54,37±0,71
Живая масса перед убоем	кг	49,45±0,15**	52,95±0,67	51,25±0,64
Масса парной туши	кг	20,72±0,11**	22,93±0,36	21,90±0,41
Масса внутреннего жира	г	1223±0,01***	1421±0,03	1325±0,04***
Убойная масса	кг	21,94±0,12**	24,36±0,39	23,22±0,44
Убойный выход	%	44,3	46,0	45,3

Примечание: статистическая значимость различий * – $P<0,05$; ** – $P<0,01$; *** – $P<0,001$ баранчиков с генотипом GH^{AB} с данными других генотипов.

Лучшим убойным выходом характеризовались баранчики с гетерозиготным GH^{AB} генотипом (46,0 %), которые превосходили сверстников с гомозиготными генотипами GH^{AA} и GH^{BB} на 1,7 и 0,7 абс. %.

2.2.4.5.2. Гистологический анализ длиннейшей мышцы спины

При гистологическом исследовании длиннейшей мышцы спины установлено, что баранчики с гетерозиготным GH^{AB} генотипом имели диаметр мышечных волокон меньше на 17,2 и 13,6 % в сравнении с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} . Количество мышечных волокон в мускульном пучке у гетерозиготного GH^{AB} генотипа на 9,7 и 3,4 % больше по сравнению с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами. Наблюдался меньший процент содержания соединительной ткани в мышечном пучке на 0,8 абс. % в обоих случаях. Гистосрезы мышечной ткани длиннейшей мышцы спины баранчиков разных генотипов представлены на рисунках 2, 3 и 4.

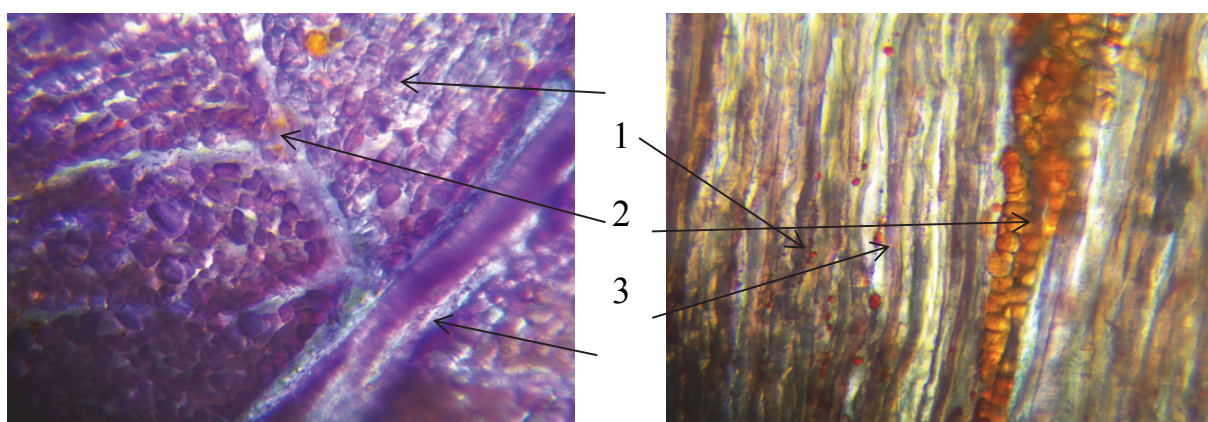


Рисунок 2 – Гистосрез мышечной ткани длиннейшей мышцы спины баранчиков породы российский мясной меринос гетерозиготного GH^{AB} генотипа:
1 – диаметр мышечных волокон; 2 – жировая ткань; 3 – соединительная ткань (Лактурет) (окраска гематоксилин-эозин, увел. $\times 500$)

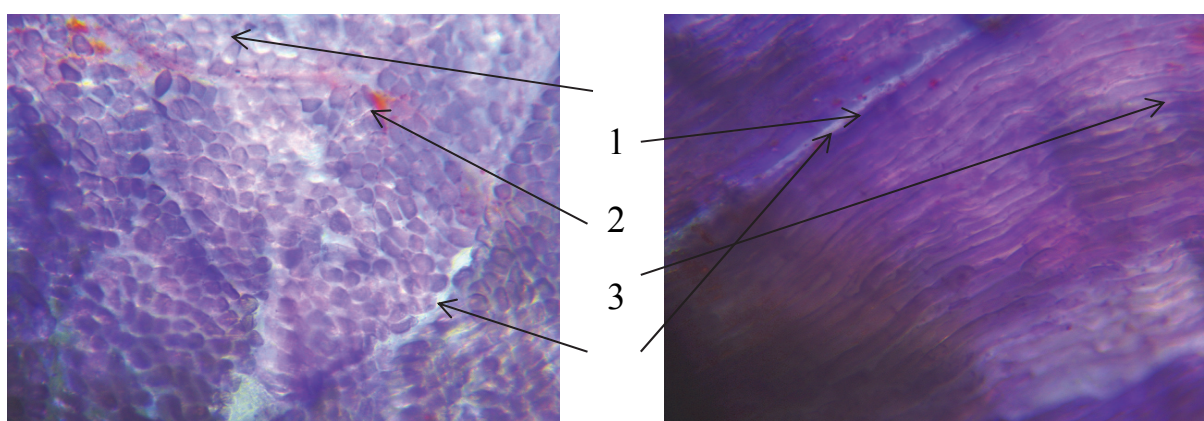


Рисунок 3 – Гистосрез мышечной ткани длиннейшей мышцы спины баранчиков породы российский мясной меринос гомозиготного GH^{BB} генотипа:
1 – диаметр мышечных волокон; 2 – жировая ткань;
3 – соединительная ткань (окраска гематоксилин-эозин, увел. $\times 500$)

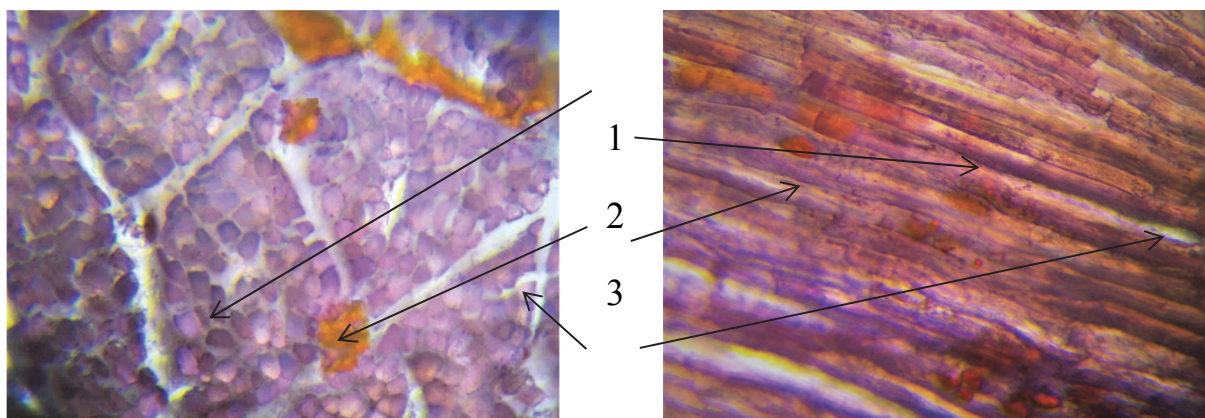


Рисунок 4 – Гистосрез мышечной ткани длиннейшей мышцы спины баранчиков породы российский мясной меринос гомозиготного GH^{AA} генотипа: 1 – диаметр мышечных волокон; 2 – жировая ткань; 3 – соединительная ткань (окраска гематоксилин-эозин, увел. $\times 500$)

2.2.4.5.3. Морфологический и сортовой состав туш баранчиков разных генотипов

В результате проведенного сортового разуба туш установлено, что по массе охлажденной туши баранчики с гетерозиготным GH^{AB} генотипом достоверно превосходили гомозиготные GH^{AA} и GH^{BB} генотипы на 10,4 % ($P < 0,01$) и 4,5 % ($P < 0,05$). По массе мякоти – на 12,2 % ($P < 0,05$) и 5,5 % ($P > 0,05$) (табл. 5).

Таблица 5 – Сортовой и морфологический состав туш баранчиков разных генотипов по гену GH

Показатель	Единица измерения	Генотип		
		GH^{AA} (n = 3)	GH^{AB} (n = 3)	GH^{BB} (n = 3)
Масса охлажденной туши	кг	20,56 \pm 0,17**	22,69 \pm 0,29	21,71 \pm 0,09*
Выход отрубов по сортам	I	89,4	91,2	89,7
	II	10,6	8,8	10,3
Масса мякоти	кг	15,56 \pm 0,12*	17,45 \pm 0,32	16,54 \pm 0,19
Выход мякоти	%	75,7	76,9	76,2
Масса костей	кг	5,00 \pm 0,07	5,24 \pm 0,04	5,17 \pm 0,05
Выход костей	%	24,3	23,1	23,8
Коэффициент мясности	–	3,11	3,33	3,20

Примечание: статистическая значимость различий * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ баранчиков с генотипом GH^{AB} с данными других генотипов.

По выходу отрубов I сорта превосходство было у гетерозиготного GH^{AB} (91,2 %) по сравнению со сверстниками гомозиготных GH^{AA} и GH^{BB} генотипов на 1,8 и 1,5 абс. %, а по коэффициенту мясности (3,33) на 0,22 и 0,13 ед., что подтверждает лучшие их рост и развитие.

Баранчики с GH^{AB} генотипом характеризовались лучшим развитием внутренних органов по сравнению со сверстниками, имеющими генотипы GH^{AA} и GH^{BB} . Так, по массе легких превосходство было достоверным соответственно на 10,7 % ($P < 0,001$) и 3,9 % ($P < 0,01$), по массе селезенки – на 20,9 % и 6,7 %, по массе

головы соответственно 6,6 и 2,9 %. По массе вытекшей крови превосходство было отмечено у GH^{AB} и GH^{BB} генотипов по сравнению с GH^{AA} на 9,2 % ($P<0,001$) и 3,8 % ($P<0,001$).

2.2.4.5.4. Химический и аминокислотный анализ мышечной ткани

При изучении результатов химического и аминокислотного анализа мышечной ткани баранчиков разных генотипов было отмечено превосходство гетерозиготного GH^{AB} генотипа по сравнению с гомозиготными GH^{AA} , GH^{BB} генотипами по содержанию сухого вещества с достоверной разницей на 1,18 абс. % ($P<0,05$) и 1,39 абс. % ($P<0,01$), по содержанию белка в мякоти – на 1,73 абс. % ($P<0,001$) и 1,71 абс. % ($P<0,001$), по количеству золы – на 0,08 и 0,06 абс. % соответственно.

Баранчики с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами отличались наибольшим количеством жира в мышечной ткани и превосходили гетерозиготный GH^{AB} генотип с достоверной разницей на 0,63 абс. % ($P<0,05$) и 0,38 абс. % ($P<0,05$), что указывает на большую степень зрелости мяса, полученного от баранчиков с гетерозиготным генотипом.

Баранчики гетерозиготного GH^{AB} генотипа по коэффициенту спелости (46,77 %) превосходили гомозиготных сверстников GH^{AA} , GH^{BB} на 2,5 и 2,9 абс. %, по калорийности 1 кг мякоти – на 12,34 и 34,77 ккал. Самый высокий белково-качественный показатель (отношение аминокислоты триптофана к оксипролину) был у гетерозиготных баранчиков (0,46), которые превосходили гомозиготных сверстников GH^{AA} и GH^{BB} на 0,14 и 0,10 ед. Сравнительный анализ аминокислотного состава мяса показал, что баранчики гетерозиготного GH^{AB} генотипа имели преимущество над гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} сверстниками по ряду заменимых и незаменимых аминокислот.

2.2.5. Экономическая оценка результатов выращивания баранчиков разных генотипов

Экономическая эффективность выращивания баранчиков разных генотипов гена GH рассчитывалась в ценах 2023 года. СПК колхоз-племзавод имени Ленина реализует животных по убойной массе за 1 кг – 350 рублей. Затраты с учетом молекулярно-генетического исследования на содержание 1 головы до 9-месячного возраста составили 6950 рублей.

Больше всего было реализовано продукции от животных с гетерозиготным GH^{AB} генотипом (8526 рублей) по сравнению с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} сверстниками соответственно на 11,0 и 4,9 %. По прибыли превосходство составило соответственно на 847 и 399 рублей, а по уровню рентабельности на 12,2 и 5,8 абс. %. На основании проведенного анализа экономической эффективности, установили, что использование маркер-ассоциированной селекции по исследуемым ДНК-маркерам является рентабельным, соответственно, рекомендуем использовать данный метод в дальнейшем для повышения продуктивных качеств у сельскохозяйственных животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов исследований нами установлено влияние полиморфизма генов GH , $GDF9$ у овец породы российский мясной

меринос на рост, развитие и воспроизводительные способности, что позволяет сформировать следующие выводы:

1. Полиморфизм генов GH и $GDF9$ баранов-производителей породы российский мясной меринос представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^A - 0,20$, $GH^B - 0,80$ и $GDF9^A - 0,40$, $GDF9^G - 0,60$ соответственно. Установлено, что наибольшая частота встречаемости гена GH была отмечена у гомозиготного $GH^{BB} - 60,0$ и гетерозиготного $GH^{AB} - 40,0$ %, гомозиготный GH^{AA} генотип отсутствовал, а по гену $GDF9$ частота встречаемости гомозиготных $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$ генотипов составила 40,0 и 60,0 %, гетерозиготный $GDF9^{AG}$ отсутствовал.

2. Полиморфизм генов GH и $GDF9$ овцематок представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^A - 0,53$, $GH^B - 0,47$ и $GDF9^A - 0,43$, $GDF9^G - 0,57$. По гену GH выявлены три генотипа с разной частотой встречаемости: $GH^{AA} - 27,0$, $GH^{AB} - 51,0$ и $GH^{BB} - 22,0$ %, а по гену $GDF9$ выявлены следующие генотипы: $GDF9^{AG} - 65,0$, $GDF9^{AA} - 10,0$ и $GDF9^{GG} - 25,0$ %.

3. При изучении воспроизводительных качеств овцематок в зависимости от полиморфизма гена $GDF9$ установлено преимущество гетерозиготных овцематок $GDF9^{AG}$ по сравнению со сверстницами с гомозиготными $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{GG}$ генотипами по количеству полученных ягнят на 100 обьягнвившихся маток на 16,5 и 11,6 абс. %, по сохранности потомства к 4,5 мес. возрасту – на 0,5 и 5,3 абс. %.

4. Полиморфизм гена GH баранчиков представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^A - 0,59$; $GH^B - 0,41$ и тремя генотипами $GH^{AA} - 44,3$; $GH^{AB} - 30,0$ и $GH^{BB} - 25,7$ %.

5. Животные с гетерозиготным генотипом GH^{AB} отличались более высокой энергией роста по сравнению со сверстниками с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами, в 9-месячном возрасте превосходство составило по живой массе на 7,1 % ($P < 0,001$) и 3,1 %. По абсолютным и среднесуточным приростам от рождения до 9-месячного возраста достоверное превосходство было с гомозиготным GH^{AA} генотипом. По промерам в 9-месячном возрасте по глубине груди на 3,0 % ($P < 0,05$) и 1,9 %; по обхвату груди на 3,3 % ($P < 0,001$) и 1,5 %; по индексам массивности на 2,62 и 1,45 абс. процента; по сбитости 0,46 и 0,72 абс. процента.

6. Гематологические и биохимические показатели крови имели взаимосвязь с полиморфизмом гена GH . Баранчики с гетерозиготным GH^{AB} генотипом превосходили сверстников с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами по количеству эритроцитов на 7,2 % ($P < 0,001$) и 1,2 %; по гемоглобину на 13,0 % ($P < 0,001$) и 6,2 %; по лейкоцитам на 14,1 % ($P < 0,001$) и 12,1 % ($P < 0,001$); уровню мочевины на 17,1 % ($P < 0,001$) и 12,3 % ($P < 0,01$); содержанию общего белка на 7,5 % ($P < 0,001$) и 2,3 % ($P < 0,001$); уровню БАСК на 10,1 % ($P < 0,001$) и 4,8 % ($P < 0,001$) и ЛАСК на 15,3 % ($P < 0,001$) и 7,2 % ($P < 0,001$), что свидетельствует о более высоком уровне их энергетического и белкового обмена, которые отличались высокой живой массой и лучшей адаптационной способностью.

7. Установлены различия по мясной продуктивности молодняка исследуемых генотипов, а именно, выявлено превосходство баранчиков с

гетерозиготным GH^{AB} генотипом над сверстниками с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами по предубойной массе на 7,1 ($P<0,01$) и на 3,3 %; убойной массе на 11,0 % ($P<0,01$) и 4,9 %; массе парной туши на 10,7 % ($P<0,01$) и 4,7 %; убойному выходу на 1,7 и 0,7 абс. процента. По сортовому разубу туш, выходу отрубов I сорта на 1,8 и 1,5 абс. %, массе мякоти на 12,2 % ($P<0,05$) и 5,5 %; коэффициенту мясности на 0,22 и 0,13 ед.

8. При изучении химического состава мышечной ткани выявлено, что животные с гетерозиготным GH^{AB} генотипом по сравнению со сверстниками с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами имели лучший белково-качественный показатель на 0,14 и 0,10, коэффициент спелости на 2,5 и 2,9 абс. %, калорийность на 12,34 и 34,77 ккал, что свидетельствует об увеличении в мясе доли мышечных белков и уменьшении соединительнотканых, которые улучшают качество мясного сырья.

9. Определена экономическая эффективность выращивания молодняка разных генотипов по гену GH . Установлено, что от баранчиков с гетерозиготным GH^{AB} генотипом получено больше продукции в убойной массе, что повлияло на увеличение прибыли на 1 голову по сравнению со сверстниками с гомозиготными GH^{AA} и GH^{BB} генотипами на 847 и 399 рублей, и уровень рентабельности на 12,2 и 5,8 абс. %.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Для дальнейшего совершенствования овец породы российский мясной меринос, повышения эффективности отрасли, ускорения селекционного процесса целесообразно использовать животных – носителей гетерозиготного GH^{AB} генотипа, отличающихся высокой мясной продуктивностью. Для повышения воспроизводительной способности овцематок рекомендуем осуществлять разведение животных с гетерозиготным $GDF9^{AG}$ генотипом.

При проведении генетико-статистического анализа у овец породы российский мясной меринос по гену GH рекомендуем использовать программу для ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667997 от 22.08.2023), а по гену $GDF9$ – программу для ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665126 от 12.07.2023).

Для повышения квалификации и профессиональной подготовки специалистов биологического профиля могут быть использованы следующие учебные модули: «Цифровой модуль для выявления генов с помощью ДНК-маркеров продуктивных и биологических особенностей сельскохозяйственных животных» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022612748 от 28.02.2022), «Оценка мясной продуктивности и качества мяса на основе биохимических показателей крови в раннем неонатальном периоде у сельскохозяйственных животных» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022612749 от 28.02.2022), «Система селекционно-генетической оценки значимых стад импортных пород сельскохозяйственных животных с учетом

адаптации и акклиматизации» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022612849 от 01.03.2022).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая работа должна быть направлена на поиск новых генов-маркеров, ассоциированных с хозяйственно полезными признаками, необходимыми для получения продуктивного и жизнеспособного потомства овец породы российский мясной меринос. Изучение ДНК-диагностики может внести значительный вклад в развитие науки и разработку эффективных селекционных программ по совершенствованию отечественных пород овец с учетом полиморфизма генов *GH* и *GDF9*. Следовательно, полученные данные смогут сформировать и сохранить высокий генетический потенциал племенного стада и решить проблему обеспечения населения высококачественной продукцией, тем самым повысив экономическую эффективность отрасли овцеводства.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ

1. Полиморфизм генов *CAST* и *GH* у баранов-производителей породы российский мясной меринос / **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай, Е. С. Суржикова, С. Н. Шумаенко // Зоотехния. – 2022. – № 5. – С. 16–18.
2. **Онищенко, О. Н.** Анализ полиморфизма гена *GDF9* у баранов-производителей породы российский мясной меринос / **О. Н. Онищенко** // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2022. – Т. 8, № 1(29). – С. 49–53.
3. Влияние аллельного спектра гена *GH/HAЕШ* на рост и развитие мясошерстных овец / Е. С. Суржикова, **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай, Д. Д. Евлагина, А. Р. Онищенко // Главный зоотехник. – 2023. – № 10(243). – С. 26–33.
4. **Онищенко, О. Н.** Генетический полиморфизм генов *GH*, *GDF9* у овец породы российский мясной меринос / **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай, Е. С. Суржикова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2023. – № 2. – С. 14–17.
5. Влияние разных генотипов гормона роста (*GH*) на показатели роста и развития молодняка овец породы российский мясной меринос / Е. С. Суржикова, **О. Н. Онищенко**, Н. И. Ефимова, Е. Н. Чернобай, Д. Д. Евлагина // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 11. – С. 205–212.
6. Гистологические показатели длиннейшей мышцы спины баранчиков различных генотипов породы российский мясной меринос и их связь с параметрами мясной продуктивности / **О. Н. Онищенко**, И. И. Дмитрик, А. Р. Онищенко, Е. Н. Чернобай // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2 (106). – С. 320–324.

Публикации в изданиях, индексируемых в Scopus, Web of Science

7. Meat Productivity and Exterior Features of Russian Meat Merino Sheep of Linear Origin / E. N. Chernobai, **O. N. Onischenko**, V. I. Konoplev, L. P. Semkiv // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 7 октября 2021 года. – Veliky Novgorod, 2021. – P. 012014.

Свидетельство на программы ЭВМ

8. Свидетельство 2022612748 Российская Федерация. Учебное пособие «Цифровой модуль для выявления генов с помощью ДНК-маркеров продуктивных и биологических особенностей сельскохозяйственных животных»: программа для ЭВМ ; № 2022611760 ; заявл. 13.02.2022 ; опубл. 28.02.2022 / Дмитриев А. Ф., Агарков А. В., Агарков Н. В., Онищенко А. Р., **Онищенко О. Н.** – Бюл. № 3. – 82,48 Мб.

9. Свидетельство 2022612749 Российская Федерация. Учебное пособие «Оценка мясной продуктивности и качества мяса на основе биохимических показателей крови в раннем неонатальном периоде у сельскохозяйственных животных» : программа для ЭВМ ; № 2022611814 ; заявл. 13.02.2022 ; опубл. 28.02.2022 / Дмитриев А. Ф., Агарков А. В., Агарков Н. В., Онищенко А. Р., **Онищенко О. Н.** – Бюл. № 3. – 82,48 Мб.

10. Свидетельство 2022612849 Российская Федерация. Учебное пособие «Система селекционно-генетической оценки значимых стад импортных пород сельскохозяйственных животных с учетом адаптации и акклиматизации» : программа для ЭВМ ; № 2022611775 ; заявл. 11.02.2022 ; опубл. 01.03.2022 / Дмитриев А. Ф., Агарков А. В., Агарков Н. В., Онищенко А. Р., **Онищенко О. Н.** – Бюл. № 3. – 82,48 Мб.

11. Свидетельство 2023665126 Российская Федерация. Программа для определения генетической структуры овец породы российский мясной меринос по гену GDF9 : программа для ЭВМ ; № 2023663718 ; заявл. 30.06.2023 ; опубл. 12.07.2023 / **Онищенко О. Н.** – Бюл. № 7. – 4,1 Мб.

12. Свидетельство 2023667997 Российская Федерация. Программа для определения генетической структуры овец породы российский мясной меринос по гену GH : программа для ЭВМ ; № 2023663786 ; заявл. 26.06.2023 ; опубл. 22.08.2023 / Агарков А. В., **Онищенко О. Н.**, Чернобай Е. Н., Онищенко А. Р. – Бюл. № 9. – 4,0 Мб.

Работы, опубликованные в сборниках научных трудов, материалах конференций и других научно-практических изданиях

13. **Онищенко, О. Н.** Геномная и маркер-ассоциативная селекция в овцеводстве / **О. Н. Онищенко** // Перспективные разработки молодых ученых в области ветеринарии, производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых (Ставрополь, 2 декабря 2022 г.). – Ставрополь, 2022. – С. 60–63.

14. **Онищенко, О. Н.** Биохимический статус крови баранов-производителей породы российский мясной меринос / **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай // Актуальные проблемы и перспективы развития продуктивного и непродуктивного животноводства : сборник научных трудов по материалам

Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Р. В. Тамаровой (Ярославль, 6 октября 2022 г.). – Ярославль, 2022. – С. 35–40.

15. **Онищенко, О. Н.** Особенности роста и развития баранчиков различных генотипов по гену гормона роста / **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай, А. Р. Онищенко // Современные достижения и актуальные проблемы животноводства : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных (Витебск, 12–13 октября 2023 г.). – Витебск, 2023. – С. 62–65.

16. **Онищенко, О. Н.** Гематологические показатели крови баранчиков породы российский мясной меринос в период онтогенеза / **О. Н. Онищенко**, А. Р. Онищенко // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам : сборник научных трудов по результатам работы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Вологда – Молочное, 20 апреля 2023 г.). – Вологда – Молочное, 2023. – Т. 3. – С. 76–80.

17. Современное состояние и методы повышения продуктивности овец / Е. Н. Чернобай, Н. А. Резун, **О. Н. Онищенко**, И. С. Исмаилов // Геномика и биотехнологии в сельском хозяйстве : сборник научных статей по материалам пленарного заседания 88-й научно-практической конференции ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» «Аграрная наука – Северо-Кавказскому федеральному округу» (Ставрополь, 1 июня 2023 г.). – Ставрополь, 2023. – С. 48–52.

18. **Онищенко, О. Н.** Экстерьерные особенности баранчиков породы российский мясной меринос разных генотипов / **О. Н. Онищенко**, Е. Н. Чернобай // Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных : сборник статей Международной научно-практической конференции / ФГБОУ ВО Вавиловский университет. – Саратов, 2023. – С. 43–46.

Подписано в печать 13.05.2024. Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 199.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.