

*На правах рукописи*

**ФОМИНОВА Ирина Олеговна**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЯСНОЙ  
ПРОДУКТИВНОСТИ МЯСО-ШЕРСТНЫХ ОВЕЦ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛИМОРФИЗМА  
ГЕНОВ СОМАТОТРОПИНА И КАЛЬПАСТАТИНА**

06.02.07 – разведение, селекция и генетика  
сельскохозяйственных животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Ставрополь – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

**Научный руководитель:** **Скорых Лариса Николаевна,**  
доктор биологических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Колосов Юрий Анатольевич,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет», профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П.Е. Ладана

**Забелина Маргарита Васильевна,**  
доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», профессор кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»

Защита диссертации состоится «07» октября 2022 г. в 10:00 ч. на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.210.02 при ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» и ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, тел. 8(8652) 28-61-10, факс: 28-61-10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ и на официальном сайте: <http://www.stgau.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г. и размещен на сайтах: ВАК Министерства науки и высшего образования РФ <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru> «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.; ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ <http://www.stgau.ru> «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат ветеринарных наук,  
доцент



**Пономарева Мария Евгеньевна**

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Повышение производительности и эффективности производства баранины является ключевым фактором конкурентоспособности мясной овцеводческой отрасли. На производственную прибыль оказывают большое влияние уровень воспроизводства стада, рост ягнят и качество баранины. Все эти характеристики, представляющие экономический интерес, можно улучшить с использованием традиционных методик отбора. Однако потенциальные изменения, которые могут быть достигнуты с помощью промышленных технологий и кормления, зависят от условий окружающей среды, особенно при экстенсивных способах выращивания (Т.Т Глазко, А.Б. Комаров, 2008). В то время как генетическое улучшение признаков, способствующих производству баранины, является постоянным, кумулятивным, рентабельным и устойчивым (F. Montossi et al., 2013).

В последние десятилетия интенсивная исследовательская работа сосредоточена на способах включения молекулярной информации (маркеров ДНК) для ускорения селекционного процесса. Более глубокие знания о молекулярной архитектуре сложных количественных признаков создадут новые возможности для эффективного отбора с помощью маркеров или генов (B. Grisart et al., 2002).

Следовательно, быстрое улучшение количественных признаков, имеющих экономическое значение, у сельскохозяйственных животных зависит от идентификации основных генов, а также от изучения специфических генетических полиморфизмов в основных генах, ответственных за изменчивость характеристик этих признаков (A.B. Deykin et al., 2016).

В овцеводстве сведения об основных генах или локусах, влияющих на особенности роста и продуктивные качества овец, сравнительно ограничены, и лишь немногие из генов предлагают полезную информацию для целенаправленного маркерного отбора по мясной продуктивности (L. Zhang et al., 2013). Поэтому весьма информативным является накопление и расширение знаний о генетической структуре овец отечественных пород для дальнейшего выявления уникальных участков генома и значимых для селекции маркеров, ответственных за хозяйственно полезные признаки (M.I. Selionova et al., 2020).

Отбор с помощью маркеров и вовлечение в селекционный процесс животных – носителей маркерных аллелей позволит повысить результативность селекционно-племенной работы. За последние десятилетия было выявлено несколько таких маркеров, основанных на полиморфизмах в гене лептина (*LEP*), участвующем в процессах энергетического обмена, которые связаны с накоплением жира в туше, массой тела и скоростью роста; гене  $\mu$ -кальпаина (*CAPNI*) и кальпастатина (*CAST*), которые, как известно, играют ключевую роль в посмертном смягчении мяса и ассоциированы с нежностью мяса; полиморфизмы в гене рецептора гормона роста (*GH*), связанные с массой тела и качеством мясной продукции (J.L. Gill et al., 2009).

Наибольший интерес представляют исследования по оценке полиморфизма генов гормона роста (*GH*) и кальпастатина (*CAST*), которые предположительно можно считать маркерами количественных и качественных признаков высокой мясной продуктивности овец (E. Armstrong et al., 2018; V.A. Pogodaev et al., 2020; N.V. Shirokova et al., 2021).

Ген *GH* – один из первых генов, который был использован в качестве функционального и позиционного гена-кандидата в исследованиях ассоциации генотип–фенотип, связанных с ростом и признаками туши, из-за его роли в постнатальном онтогенезе, лактации, углеводном обмене и многих других аспектах гомеореза (E.M. Ibeagha-Awemu, 2008). Ген *GH* расположен на хромосоме 11, включает 5 экзонов и 4 интрона. Влияет на пролиферацию и рост клеток прямо или косвенно через стимуляцию инсулиноподобного фактора роста (IGF), оказывает влияние на такие биологические функции овцы, как рост, период лактации, воспроизводственные параметры, особенности метаболизма. Вставки и делеции или мутации в гене *GH* приводят к различиям в показателях роста (Z. Akhatayeva et al., 2020).

Ген *CAST* на сегодняшний момент тестируется как перспективный маркер мясной продуктивности овец. Ген кальпастатина локализован на хромосоме 5 у овец, включает 29 экзонов и 28 интронов, является ингибитором кальпаина, отвечающего за формирование скелетных мышц, деградации и нежности мяса после забоя (I.F. Gorlov et al., 2016; A.R. Sahu et al., 2017).

Таким образом, развитие молекулярной биологии и методов ДНК-анализа открыло возможности для более быстрого и точного отбора сельскохозяйственных животных, основанного на ДНК-маркерах (P.M. Petrovic et al., 2017). Учитывая актуальность молекулярно-генетических исследований как в научной области, так и в прикладной практической селекции, важность оценки генов, ответственных за производственные признаки овец, неоспорима.

Поэтому весьма актуальной является задача определения генетических параметров мясо-шерстных овец генотипа  $\frac{1}{2}$  полл дорсет  $\times$   $\frac{1}{2}$  северокавказская мясо-шерстная и использования в селекции генотипов, наиболее благоприятных для мясной продуктивности.

**Степень разработанности темы исследования.** Проблемам создания стад в овцеводческой отрасли с признаками высокой мясной продуктивности посвящено немало исследований отечественных и зарубежных ученых (Т.Т. Глазко и А.Б. Комаров, 2008; М. Абдулмуслимов и др., 2020; Н.В. Широкова, 2020; В.П. Лушников и др., 2020; X. Wang et al., 2014; V. Gutiérrez-Gil et al., 2017). Одним из эффективных приемов увеличения производства мяса является отбор животных с учетом маркерных аллелей (Л.В. Гетманцева и др., 2018; Е.Ю. Сафарян и О.А. Яцык, 2019; М.И. Селионова и др., 2019; И.Ф. Горлов и др., 2021; D. Wijayanti et al., 2022). Так, полиморфизм гена гормона роста (*GH*) ассоциирован с ростом организма и многими признаками мясной продуктивности (Г.Н. Сердюк и А.О. Притужалова, 2019; G. Ashour et al., 2020; С.Р.Л. Valencia et al., 2022), гена кальпастатина (*CAST*) – со степенью выраженности мягкости мяса при его созревании после забоя и

качества мяса (J.L. Gill et al., 2009; M. Aali et al., 2017; K.I. Jawasreh and Z.V.Ismail, 2019a).

Наряду с этим, среди результатов исследований недостаточно информации по выявлению взаимосвязи одиночных нуклеотидных полиморфизмов с показателями роста и развития молодняка овец, физиолого-биохимическими параметрами, качественными и количественными показателями мясной продуктивности.

Поэтому наши исследования были направлены на изучение особенностей формирования мясной продуктивности у молодняка овец в зависимости от полиморфизма генов *GH* и *CAST*, что имеет как научную, так и практическую значимость.

**Цель и задачи исследований.** Основная цель исследования заключалась в выявлении полиморфизма генов *GH* и *CAST* у мясо-шерстных овец, связанных с продуктивностью и качеством мяса, для дальнейшего отбора животных с помощью молекулярных маркеров.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

– исследовать полиморфизм генов соматотропина (*GH*) и кальпастина (*CAST*) у мясо-шерстных овец;

– определить рост и развитие молодняка овец с разными генотипами генов *GH* и *CAST*;

– изучить убойные качества, химический состав и биохимические компоненты белков мышечной ткани, микроструктурный анализ мяса у овец с разными генотипами генов *GH* и *CAST*;

– определить особенности морфологического и биохимического состава крови у овец с разными генотипами генов *GH* и *CAST*;

– рассчитать экономическую эффективность выращивания овец разных генотипов.

**Научная новизна работы.** Впервые определены аллельные варианты генов гормона роста (*GH*) и кальпастина (*CAST*) в популяции мясо-шерстных овец генотипа  $\frac{1}{2}$  полл дорсет  $\times$   $\frac{1}{2}$  северокавказская мясо-шерстная. Впервые применен комплексный системный подход к исследованию генетических параметров, ассоциированных с морфобиохимическим статусом и продуктивными характеристиками мясо-шерстных овец. Дана генетическая структура исследуемой популяции мясо-шерстных овец по генам *GH* и *CAST*. Изучена связь полиморфизма генов *GH* и *CAST* с количественными и качественными характеристиками мясной продуктивности. У мясо-шерстных овец выявлены генотипы генов *GH* и *CAST*, содержащие значимые для селекции аллели, связанные с повышенным уровнем и качеством мясной продуктивности.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученная информация послужит основанием для разработки новых методов и приемов управления селекционным процессом в овцеводческих организациях. Практическая значимость исследования заключается в том, что кодоминантность наследования генетических маркеров обеспечивает получение селекционного материала для широкого использования в племенной

работе, что создает условия для генетического совершенствования мясо-шерстных овец.

Диагностика и применение предложенных генов при отборе и подборе животных в раннем возрасте позволит повысить эффективность проводимой селекционно-племенной работы. Проведенные исследования позволяют найти дополнительные резервы увеличения производства мяса за счет реализации генетического потенциала мясной продуктивности мясо-шерстных овец на основе совершенствования методов селекции.

Полученные результаты работы, установленные закономерности и практические предложения могут быть востребованы в последующих научных исследованиях, направленных на увеличение эффективности селекционно-племенной работы в овцеводстве. Кроме того, полученные сведения могут быть использованы для подготовки зооветеринарных специалистов, а также в учебном процессе в качестве лекционного материала по генетике, селекции и разведению овец в учебных заведениях зоотехнического, ветеринарного и биологического профиля.

**Методология и методы исследования.** При написании исследовательской работы изучены работы российских и зарубежных авторов, посвященные изучаемой проблеме. Данное исследование основано на комплексном использовании основных методов научного познания: общенаучные (индукции, дедукции, эксперимент) и специальные (зоотехнические, биологические, молекулярно-генетические). Обработка результатов количественных и качественных характеристик проводилась при помощи статистических и математических программ, применение которых позволило получить объективные данные.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– гены *GH* и *CAST*, контролирующие хозяйственно ценные продуктивные признаки у мясо-шерстных овец, полиморфны;

– аллельные варианты генов *GH* и *CAST* имеют связь с количественными и качественными характеристиками мясной продуктивности у популяции мясо-шерстных овец;

– селекция мясо-шерстных овец с учетом молекулярно-генетических маркеров продуктивности приводит к увеличению экономической эффективности.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Выполнен значительный объем исследований, проведенный на достаточном по численности поголовье животных с применением современных методов исследования, оборудования, биометрической обработки экспериментальных данных с оценкой степени достоверности различий между животными разных генотипов, использованием программного обеспечения (MS Excel, BioStat). Результаты научных исследований по диссертационной работе приняты к внедрению в производственную деятельность СПК ПЗ «Восток» Степновского района Ставропольского края, а также используются в учебном процессе Ставропольского ГАУ и Санкт-Петербургского ГАУ в качестве справочного материала для лекций и лабораторно-практических занятий.

Работа выполнялась в соответствии с государственным планом НИР Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» согласно направлению исследований «Теоретические основы молекулярно-генетических методов управления селекционным процессом с целью создания новых генотипов животных, птиц, рыб и насекомых с хозяйственно ценными признаками, системы их содержания и кормления» (№ госрегистрации АААА-А19-119072690003-2); «Изучение, мобилизация и сохранение генетических ресурсов животных и птицы в целях использования их в селекционном процессе» (№ госрегистрации АААА-А19-1190726900063).

Результаты исследований и основные материалы диссертации доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных отчетах отделов овцеводства и козоводства, генетики и биотехнологии, заседаниях ученого совета ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2019–2021 гг. (г. Ставрополь); на международных научно-практических конференциях «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (г. Михайловск, 2020); «Актуальные проблемы естественных и сельскохозяйственных наук», Ошский ГУ (Кыргызская республика, г. Ош, 2021); национальной научно-практической конференции «Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Ставропольский ГАУ (г. Ставрополь, 2021).

**Публикация результатов исследования.** По материалам диссертационной работы опубликовано 7 научных статей, в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационное исследование представлено следующими разделами: введение; обзор литературы; материал и методика исследований; результаты исследований и их обсуждение; заключение, включающее выводы, рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы; список использованной литературы. Научный труд изложен на 138 страницах компьютерного текста, иллюстрирован 31 таблицей, 6 рисунками. Список литературы состоит из 238 библиографических источников, в том числе 144 – на иностранных языках.

**Личный вклад соискателя.** Научный материал автор подготовил самостоятельно при контроле научного руководителя. В процессе выполнения работы автором собрана и обобщена актуальная информация по заданной тематике и даны ответы на все поставленные задачи исследования. Диссертационное исследование является четко структурированным, с организованным переходом от одной главы к другой. Автору принадлежит разработка структуры и обоснование темы исследования, постановка проблемы, определение цели и задач, значимость вопросов исследования. Экспериментальная часть научно-исследовательских работ выполнена автором в полном объеме, проведен анализ и обработка первичных данных, сформулированы выводы и даны предложения для будущих исследований.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и свидетельствует о личном вкладе автора в области научных исследований в овцеводческой отрасли.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературы рассматриваются вопросы необходимости развития мясного овцеводства в Российской Федерации, дана информация о полиморфизме основных генов, взаимосвязанных с мясной продуктивностью овец. Материалом для обзора литературы послужили исследования научных трудов российских и зарубежных ученых в области молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных.

### 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-производственный опыт проводился на опытной станции (п. Цимлянский Шпаковского района Ставропольского края) Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский научный аграрный центр» в период с 2018 по 2021 г. Объектом исследования являлся молодняк мясо-шерстных овец (ярки,  $n = 91$ ) генотипа  $\frac{1}{2}$  полл дорсет  $\times$   $\frac{1}{2}$  северокавказская мясо-шерстная. Животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в период проведения экспериментальных исследований.

Биологическим материалом для генотипирования являлись образцы крови, собранные из яремной вены ягнят, в возрасте 1 месяца. Лабораторные исследования проводились во ВНИИОК – филиале ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий. Выделение ДНК из цельной крови осуществлялось с применением набора реагентов *DIAtom tmDNA Prep* (IsoGeneLab, Москва). Амплификацию фрагментов генов *GH* и *CAST* проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) при определенных режимах с использованием специфических праймеров. Детекцию результатов осуществляли с помощью системы геле-документации.

Образцы крови отбирали у исследуемых животных в 4- и 10-месячном возрасте в закрытые системы *S-Monovette®* (SARSTEDT), с использованием антикоагулянта ЭДТА – для гематологических исследований, с ускорителем свертывания крови – для биохимических исследований. Лабораторные исследования проводились в лаборатории ветеринарной медицины ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский научный аграрный центр», на базе научно-диагностического и лечебно-ветеринарного центра ФГБОУ ВО

Ставропольский государственный аграрный университет. Морфологический состав крови оценивали на гематологическом анализаторе Mythic 18 (фирма-производитель CORMY). Т- и В-лимфоциты определяли в соответствии с методическими рекомендациями Г. Фримеля (1987). Уровень общего белка в сыворотке крови оценивали на рефрактометре RL (Poland); содержание белковых фракций устанавливали фотонейфелометрическим методом; концентрацию мочевины определяли набором реактивов «ДИАХИМ – МОЧЕВИНА»; содержание креатинина, активность трансаминаз (АСТ, АЛТ) – набором реактивов Lachema. Бактерицидную активность сыворотки крови (БАСК), лизоцимную активность сыворотки крови (ЛАСК) определяли согласно методическим рекомендациям СНИИЖК (2013).

Динамику живой массы устанавливали по результатам индивидуального взвешивания овец в 1-, 4-, 6-, 8- и 10-месячном возрасте (с точностью до 0,5 кг). Особенности телосложения изучали на основании измерения промеров (в возрасте 4 и 8 месяцев) и вычисления индексов телосложения. Мясную продуктивность оценивали путем контрольного убоя животных в возрасте 8 месяцев, согласно методическим рекомендациям СНИИЖК (2009). Изучение морфологического состава мышечной ткани осуществляли путем проведения обвалки туш, с учетом сортовой принадлежности мяса в соответствии с действующим ГОСТом Р 52843-2007 «Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах». Гистологические исследования длиннейшей мышцы спины (*m. longissimus dorsi*), проводили по методике И.И. Дмитрик (2017). Для исследования химического состава (влага, белок, жир, зола), биологической ценности мышечной ткани (по уровню химических компонентов, соотношению аминокислот) проводили отбор проб мяса с длиннейшей мышцы спины.

Экономическую эффективность выращивания молодняка овец разных генотипов рассчитывали по следующим показателям: выход продукции (живая масса), затраты на содержание животных, прибыль в денежном выражении, уровень рентабельности. Реализационную стоимость продукции (мясо-баранина) определяли по фактически сложившимся рыночным ценам в период проведения исследований.

Генетико-статистический анализ производили по формулам, изложенным в методике Л.В. Ольховской и др. (2007). Статистический анализ результатов исследований осуществляли с применением компьютерных программ BioStat, Excel, на основании вычисления средних величин и их ошибки, числовые показатели учитывали методом критерия Стьюдента-Снедекора.

Общая схема исследований изображена на рисунке 1.

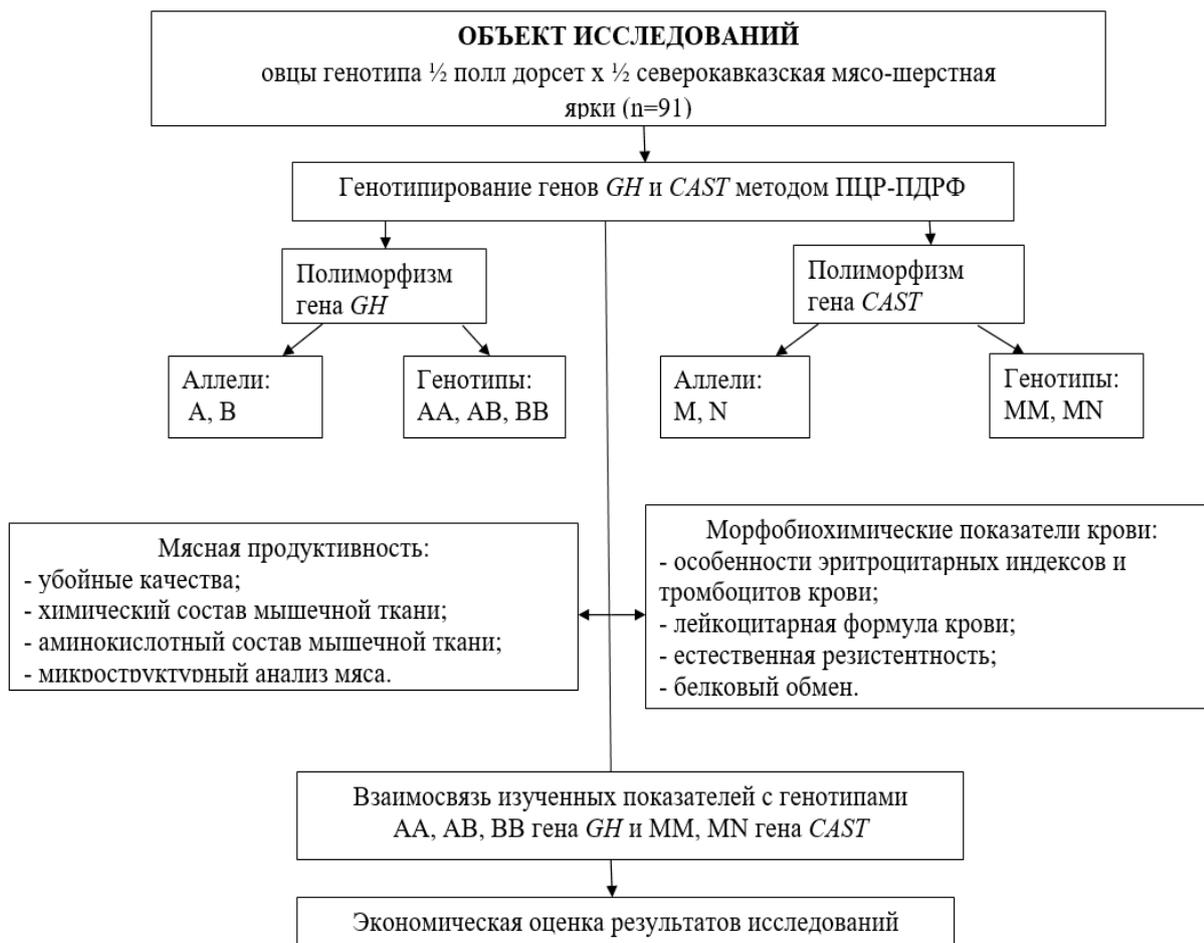


Рисунок 1 – Общая схема исследований

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1. Полиморфизм генов *GH* и *CAST* у мясо-шерстных овец

В результате проведения молекулярно-генетических исследований установлено, что полиморфизм генов *GH* и *CAST* представлен двумя аллелями: А и В; М и N соответственно. По результатам распределения частот аллелей у животных определены генотипы: три генотипа АА, АВ и ВВ – для гена *GH*, два генотипа ММ и MN – для *CAST*. В исследуемой группе овец наибольшую частоту встречаемости по гену *GH* имел гетерозиготный генотип АВ (42,8 %), гомозиготные особи АА и желательного ВВ генотипа встречались практически в одинаковых соотношениях (29,7 и 27,5 %). По гену *CAST* преобладающим был гомозиготный генотип ММ, частота которого составила 87,9 %, с гетерозиготным MN вариантом оказалось 12,1% ярок, особей с генотипом NN не выявлено (таблица 1).

Таблица 1 – Частота встречаемости аллелей и генотипов по генам *GH* и *CAST* у мясо-шерстных овец

Ген	Количество овец, гол	Частота встречаемости				
		Генотипов, %			Аллелей	
<i>GH</i>	91	АА	АВ	ВВ	А	В
		29,7	42,8	27,5	0,51	0,49
<i>CAST</i>	91	ММ	МN	NN	М	N
		87,9	12,1	–	0,94	0,06

Исходя из анализа результатов генотипирования можно сказать, что большую частоту встречаемости имеет гетерозиготный генотип АВ гена *GH* и гомозиготный ММ гена *CAST*.

### 3.1.1. Показатели генетической структуры исследуемой популяции

Информация о частотах аллелей и генотипах генов *GH* и *CAST* была использована при расчете генетических параметров. Анализ полученных результатов представлен в таблице 2.

Величина наблюдаемой гетерозиготности ( $H_o$ ) по локусам генов *GH* и *CAST* составила 0,43 и 0,12; ожидаемой гетерозиготности ( $H_e$ ) – 0,50 и 0,88 соответственно.

Значение информационного содержания полиморфизма (PIC) обычно используется в качестве меры полиморфизма для маркерного локуса и зависит от частоты встречаемости и количества аллелей. Локус *GH* обладал средней полиморфностью, величина которого составила 0,49, для локуса *CAST* значение PIC оказалось равным 0,11, что указывает на низкую частоту встречаемости редких аллелей.

Таблица 2 – Показатели генетической структуры исследуемых животных

Показатель	<i>GH</i>	<i>CAST</i>
Количество гомозигот (n)	52	80
Количество гетерозигот (n)	39	11
Наблюдаемая (observed) гетерозиготность ( $H_o$ )	0,43	0,12
Ожидаемая (expected) гетерозиготность ( $H_e$ )	0,50	0,88
Мера информационного полиморфизма (PIC)	0,49	0,11
Степень гомозиготности ( $C_a$ ), %	50,02	88,72
Уровень полиморфности ( $N_a$ )	1,99	1,13
Степень генетической изменчивости (V), %	55,50	12,53
Тест гетерозиготности (ТГ)	–0,07	–0,76
Индекс фиксации ( $F_{is}$ )	+0,14	+0,86

Величина уровня полиморфности ( $N_a$ ) локуса *GH* составила 1,99, локуса *CAST* – 1,13. Полученные данные говорят о практическом отсутствии уровня

полиморфизма локуса *CAST* и о низком количестве эффективных аллелей и генотипов и тем самым – об уменьшении генетического разнообразия исследуемой популяции овец по данному гену.

Степень генетической изменчивости (*V*) по локусу гена *GH* составила 55,5 %, по гену *CAST* – 12,53 %. Животные анализируемой популяции отличаются недостатком гетерозигот как по гену *GH*, так и по гену *CAST*, о чем свидетельствует показатель теста гетерозиготности (ТГ) (–0,07 и –0,76). Относительный дефицит гетерозигот по изучаемым генам у исследуемой популяции виден также из данных по коэффициенту эксцесса (*Fis*). Отмечено отклонение наблюдаемой гетерозиготности от ожидаемой с правосторонним эксцессом (+0,14; +0,86).

Таким образом, анализ генетической структуры исследуемой популяции мясо-шерстных овец по генам *GH* и *CAST* показал значительный дефицит гетерозигот. Однако характеристика поголовья по уровню информационного полиморфизма указывает на его высокое значение для гена *GH* (0,49), что говорит об информативности этого маркера и использовании в целях дальнейшей селекции популяции.

### 3.2. Особенности роста и развития молодняка овец с различными генотипами генов *GH* и *CAST*

#### 3.2.1. Динамика роста мясо-шерстных овец

Анализируя данные, полученные по результатам взвешивания молодняка, можно отметить, что особи с генотипами АВ и ВВ гена *GH* во все возрастные периоды отличались более высокими показателями живой массы в сравнении со сверстниками АА генотипа (таблица 3). Так, превосходство по живой массе составило: в возрасте 1 месяц – 9,1 ( $p < 0,01$ ) и 5,1 %, 4 месяца – 6,5 ( $p < 0,01$ ) и 5,6 ( $p < 0,01$ ); 8 месяцев – 4,8 ( $p < 0,01$ ) и 5,1 ( $p < 0,01$ ); 10 месяцев – 3,7 ( $p < 0,01$ ) и 3,7 %.

Таблица 3 – Динамика живой массы мясо-шерстных овец с различными генотипами гена *GH* и *CAST*

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	АА	АВ	ВВ	ММ	МN
Живая масса, кг					
1 месяц	9,82±0,29	10,71±0,23*	10,32±0,29	10,34±0,17	10,40±0,37
4 месяца	23,40±0,40	24,91±0,41*	24,71±0,43*	24,21±0,25	25,51±0,94
6 месяцев	31,53±0,46	33,51±0,43**	33,32±0,50*	32,82±0,31	33,24±0,67
8 месяцев	35,0±0,50	36,70±0,51*	36,80±0,47*	36,14±0,33	37,0±0,69
10 месяцев	38,02±0,64	39,91±0,55*	39,72±0,60	39,21 ±0,38	40,45±0,93

Примечание: \* –  $p < 0,01$ ; \*\* –  $p < 0,05$ .

Животные гетерозиготного MN генотипа гена *CAST* отличались повышенными показателями живой массы: в 4-месячном возрасте – на 5,2 %, в

8- и 10-месячном – на 2,0 и 2,8 % по сравнению с гомозиготным ММ генотипом.

Таким образом, можно предположить наличие связи между показателями живой массы овец и разными генотипами генов *GH* и *CAST* у мясо-шерстного молодняка.

### **3.2.2. Экстерьерные особенности**

Для характеристики параметров телосложения изучаемых овец в зависимости от генотипов генов *GH* и *CAST* проводили измерение отдельных статей тела в возрасте 4 и 8 месяцев. Установлены наиболее значимые различия по грудным промерам, свидетельствующие о преимуществе ярков – носителей АВ и ВВ генотипов гена *GH* по сравнению с аналогами АА генотипа, составившие в 4-месячном возрасте: по глубине груди – 5,8 (p < 0,05) и 5,1 % (p < 0,05), ширине груди – 8,4 (p < 0,01) и 7,5 % (p < 0,01), обхвату груди 6,6 (p < 0,001) и 6,4 % (p < 0,001); в 8-месячном возрасте: по глубине груди – на 6,6 (p < 0,001) и 6,0 % (p < 0,01), ширине груди – на 6,2 (p < 0,01) и 5,1 % (p < 0,01), обхвату груди – на 4,7 (p < 0,001) и 4,6 % (p < 0,001).

Что касается взаимосвязи разных генотипов гена *CAST* с показателями промеров экстерьера исследуемого поголовья, то в возрасте 8 месяцев ярки гетерозиготного MN генотипа превосходили овец гомозиготного ММ генотипа по обхвату груди на 3,5 %.

В результате анализа параметров телосложения мясо-шерстных овец в зависимости от генотипов генов *GH* и *CAST* установлена взаимосвязь между отдельными статьями тела животных. Выявлено, что животные с генотипами АВ и ВВ гена *GH*, генотипом MN гена *CAST* характеризуются лучшими мясными формами по сравнению с генотипами АА и ММ генов *GH* и *CAST*.

### **3.3. Ассоциация полиморфизма генов *GH* и *CAST* с количественно-качественными показателями мясной продуктивности мясо-шерстных овец**

#### **3.3.1. Убойные показатели, морфологический и сортовой состав мышечной ткани**

Анализ результатов контрольного убоя исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *GH* показал превосходство животных – носителей генотипов АВ и ВВ над сверстницами генотипа АА по живой массе перед убоем на 2,9 и 3,5 %, массе парной туши – на 7,2 и 8,2 %; убойной массе – на 7,1 и 8,1 %, убойному выходу – на 1,7 и 1,8 абс. %.

Относительно уровня мясной продуктивности животных в зависимости от генотипов гена *CAST* установлено, что ярки генотипа MN отличались от сверстниц генотипа ММ по живой массе перед убоем на 2,6 %, массе парной туши – на 5,5 %; убойной массе – на 5,4 %; убойному выходу – на 1,2 абс. % (таблица 4).

Таблица 4 – Мясные качества мясо-шерстных овец с различными генотипами гена *GH* и *CAST*

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	AA	AB	BB	MM	MN
Живая масса перед убоем, кг	34,0±0,71	35,0±0,2	35,2±0,36	34,73±0,29	35,63±0,47
Масса парной туши, кг	14,36±0,36	15,40±0,27	15,54±0,35	14,94±0,42	15,76±0,54
Масса внутреннего жира, г	0,280±0,01	0,282±0,007	0,287±0,008	0,291±0,001	0,295±0,003
Убойная масса, кг	14,64±0,37	15,68±0,27	15,82±0,36	15,23±0,43	16,05±0,53
Убойный выход, %	43,1	44,8	44,9	43,8	45,0

По результатам проведенного разуба туш мясо-шерстных овец большой выход отрубов 1-го сорта и мышечной ткани обнаружен у AB и BB генотипов гена *GH* на 1,9 и 2,4 абс.%; 2,6 и 3,0 абс.% по сравнению с особями AA генотипа. Туши овец с генотипом AB и BB характеризовались большим содержанием мышц и меньшим костей на 15,4 и 18,6 %, чем овцы генотипа AA гена *GH* (таблица 5).

Таблица 5 – Сортовой и морфологический состав мышечной ткани мясо-шерстных овец с различными генотипами гена *GH* и *CAST*

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	AA	AB	BB	MM	MN
Выход отрубов I сорта, %	86,9	88,8	89,3	89,2	89,6
Выход отрубов II сорта, %	13,1	11,2	10,7	10,8	10,4
Масса мышечной ткани, кг	5,30±0,06	5,88±0,17*	5,97±0,20*	5,72±0,24	6,07±0,35
Выход мышечной ткани, %	73,8	76,4	76,8	76,6	77,0
Масса костей, кг	1,88±0,19	1,82±0,08	1,80±0,03	1,75±0,07	1,81±0,10
Выход костей, %	26,2	23,6	23,2	23,4	23,0
Коэффициент мясности	2,80±0,34	3,23±0,20	3,32±0,15	3,27±0,23	3,35±0,34

Примечание: \* –  $p < 0,05$ .

По содержанию мышечной ткани и коэффициенту мясности отмечена разница между молодняком разных генотипов гена *CAST*: особи генотипа MN превосходили сверстниц MM генотипа на 6,1 и 2,4 %.

### 3.3.2. Морфологические показатели внутренних органов

У животных AB и BB генотипов больше масса желудка на 9,6 и 11,1 %, длина толстого отдела кишечника – на 4,7 и 7,1 %, длина тонкого отдела – на 6,4 и 8,8 % в сравнении с генотипом AA. Гетерозиготные особи MN генотипа гена *CAST* по массе желудка и общей длине кишечника превосходили особей MM генотипа на 11,4 и 6,8 %.

Результаты исследований морфологических особенностей внутренних органов изучаемых овец в зависимости от полиморфных вариантов генов *GH* и *CAST* указывают на лучшую степень развития желудочно-кишечного тракта у особей с аллелями В и N анализируемых генов.

### 3.3.3. Химический и аминокислотный состав мышечной ткани

Результаты анализа общего химического состава показали, что мясо ягнят разных вариантов генотипов генов *GH* и *CAST* отличалось различной биологической ценностью. Содержание сухого вещества в мышечной ткани животных АВ и ВВ генотипов гена *GH* выше на 6,6 ( $p < 0,05$ ) и 9,2 % ( $p < 0,05$ ) в сравнении с АА генотипом. Процент сырого протеина оказался выше у овец генотипов АВ и ВВ на 14,5 и 8,6 %, но содержание золы ниже – на 45,6 ( $p < 0,01$ ) и 28,6 % ( $p < 0,05$ ), чем у АА генотипа. Общей влаги в мышцах овец с разными аллельными формами гена *GH* содержалось меньше у животных АВ и ВВ генотипов на 3,2 и 4,5 %, в отличие от аналогов АА генотипа (таблица 6).

Таблица 6 – Химический состав мышечной ткани мясо-шерстных овец с различными генотипами генов *GH* и *CAST*, %

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	АА	АВ	ВВ	ММ	МN
Общая влага	67,96±2,02	65,84±2,31	65,01±0,64	65,29±0,48	66,26±2,10
Сухое вещество:	32,04±2,01	34,16±2,30*	34,99±0,65*	34,71±0,47	33,74±2,09
сырой протеин	23,73±1,09	27,18±1,63	25,78±0,80	25,12±0,41	25,72±1,34
сырой жир	7,32±1,15	6,30±0,690	8,44±0,47	8,72±0,39	7,26±1,33
сырая зола	0,99±0,03	0,68±0,06**	0,77±0,063*	0,87±0,11	0,76±0,17

Примечание: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

В мышечной ткани изучаемых овец в зависимости от генотипов гена *CAST* содержание общей влаги выше у гетерозиготного МN генотипа на 1,5 %, но сухого вещества – ниже на 2,9 %, по сравнению с гомозиготными ММ особями. Отмечено превосходство в содержании сырого жира и золы у животных ММ варианта над овцами генотипа МN, с разницей в 20,1 и 14,5 %. Сырой протеин оказался выше у гетерозиготных особей на 2,4 % в отличие от гомозигот.

Изучено содержание аминокислот в мышечной ткани овец в зависимости от полиморфизма генов *GH* и *CAST*. Самая большая разница выявлена в содержании метионина в мясе особей АВ и ВВ генотипов в сравнении с АА вариантом гена *GH*, составившая 53,8 и 27,0 %. Во фракции заменимых аминокислот наибольшая разница между указанными генотипами отмечена по количеству тирозина, которая составила 25,2 и 13,2 %. В целом, по сумме как незаменимых, так и заменимых аминокислот преимущество оказалось у вариантов генотипа АВ и ВВ на 21,1 и 11,2 %; 19,4 и 10,7 % в сравнении с особями генотипа АА.

Полученные данные об аминокислотном профиле мяса в зависимости от генотипов гена *CAST* исследуемых овец указывают на повышенное содержание

аминокислот у гетерозиготного генотипа MN. Наибольшая разница по фракции незаменимых аминокислот установлена в содержании лейцина между MN и MM генотипами, составив при этом 11,2 %. Суммарный аминокислотный состав, как по фракции незаменимых аминокислот, так и заменимых, оказался выше у молодняка генотипа MN на 9,7 и 10,5 % в сравнении с MM генотипом.

Анализ химического и аминокислотного состава мышечной ткани изучаемых овец показал, что мясо особей АВ и ВВ генотипов гена *GH* и MN генотипа гена *CAST* обладало более высокой биологической ценностью, что говорит о положительной связи полиморфизма этих генов с качеством мясной продуктивности анализируемых овец.

### 3.3.4. Микроструктурный анализ мышечной ткани

Мышечная ткань, полученная от животных генотипа АВ и ВВ гена *GH* характеризовалась большим количеством мышечных волокон на 5,7 и 6,4 %, но меньшим – на 7,6 и 9,2 % диаметром по сравнению с животными генотипа АА (таблица 7).

Таблица 7 – Микроструктурный анализ мышечной ткани мясо-шерстных овец с различными генотипами генов *GH* и *CAST*

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	АА	АВ	ВВ	ММ	MN
Количество мышечных волокон, шт.	340,74±3,27	360,30±9,72	362,67±8,45	358,82±8,64	369,26±14,33
Диаметр мышечного волокна, мкм	30,61±0,96	28,27±0,79	27,78±1,38	29,07±1,59	27,99±1,08
Общая оценка «мраморности», балл	29,72±1,38	31,54±0,95	31,76±1,23	31,34±1,03	33,21±0,57
Содержание соединительной ткани, %	8,67±0,13	8,07±0,18*	7,87±0,48	8,0±0,23	7,66±0,46
Площадь «мышечного глазка», кв. см	18,83±1,75	21,59±2,87	21,82±2,94	21,02±2,36	22,26±2,51

Примечание: \* –  $p < 0,05$ .

Более высокой оценкой «мраморности» и площадью «мышечного глазка» характеризовалось мышечное волокно ярочек АВ и ВВ генотипов – на 1,8 и 2,1 балла; 14,8 и 15,9 %, в сравнении с животными генотипа АА соответственно. В мышечной ткани особей АВ и ВВ генотипов содержалось меньшее количество соединительной ткани на 0,6 ( $p < 0,05$ ) и 0,81 абс.% в отличие от животных генотипа АА соответственно.

Результаты гистологических исследований показали, что количество мышечных волокон длиннейшей мышцы спины у животных с генотипом MN гена *CAST* выше на 2,9 %, оценка «мраморности» – на 1,9 балла, площадь

«мышечного глазка» – на 5,9 %, содержание соединительной ткани и диаметр мышечных волокон ниже – на 0,34 абс.% и 3,7 %, в сравнении с генотипом ММ соответственно.

Таким образом, микроструктурный анализ мышечной ткани овец в зависимости от полиморфизма генов *GH* и *CAST* показал, что наилучшей мясной продуктивностью в изучаемой популяции обладали особи, несущие в своем геноме аллели В и N изучаемых генов.

### **3.4. Морфологический и биохимический состав крови овец с различными генотипами по генам *GH* и *CAST***

#### **3.4.1. Морфологический состав крови исследуемых животных**

Изучены морфологические параметры крови у мясо-шерстных овец в разные возрастные периоды с учетом сочетаний генотипов генов *GH* и *CAST*. Особи АВ и ВВ генотипов гена *GH* отличаются повышенным содержанием эритроцитов по сравнению с животными АА генотипа: в 4-месячном возрасте – на 7,1 и 5,6 %, в 10-месячном – на 6,7 и 5,0 %.

Особи с АВ и ВВ генотипами гена *GH* характеризуются более высокой концентрацией гемоглобина: на 8,0 и 6,5 % – в возрасте 4 месяца, на 7,5 и 5,3 % – в возрасте 10 месяцев, по сравнению с животными АА генотипа. По количеству эритроцитов животные MN генотипа в 4-месячном возрасте превосходили ММ генотип на 3,0 %.

Отмечены межгрупповые различия по содержанию лимфоцитов в зависимости от полиморфных вариантов гена *GH*. Так, 4-месячный молодняк АВ и ВВ генотипа уступал сверстникам АА генотипа по данному показателю, составив разницу в 2,0 и 2,5 %. Сравнительный анализ содержания Т-лимфоцитов в крови овец с разными генотипами гена *GH* выявил превосходство носителей генотипов АВ и ВВ над аналогами АА варианта: в 4-месячном возрасте – на 11,1 ( $p < 0,001$ ) и 10,6 % ( $p < 0,001$ ), в 10-месячном – на 21,1 ( $p < 0,001$ ) и 19,4 % ( $p < 0,001$ ). Согласно анализу, в крови овец АВ и ВВ генотипов наблюдалось большее содержание В-лимфоцитов по сравнению с АА генотипом: в возрасте 4 месяца – на 13,4 ( $p < 0,01$ ) и 12,3 % ( $p < 0,01$ ); в возрасте 10 месяцев – на 16,0 ( $p < 0,001$ ) и 15,3 % ( $p < 0,001$ ).

При рассмотрении взаимосвязи аллельного полиморфизма гена *CAST* с содержанием лимфоцитов установлено, что животные ММ генотипа превосходили особей MN генотипа на 2,3 и 2,8 % в 4- и 10-месячном возрасте соответственно. Особи гетерозиготного генотипа MN на 3,4 и 3,0 % уступали гомозиготному ММ генотипу по количеству иммунокомпетентных клеток в 10-месячном возрасте.

### 3.4.2. Неспецифическая резистентность у исследуемых овец

Анализ параметров неспецифической резистентности молодняка овец в возрастном аспекте указывает на увеличение БАСК и ЛАСК в сыворотке крови овец 10-месячного возраста по сравнению с 4-месячными в среднем на 13,2 и 23,9 % по гену *GH*, на 14 и 25 % – по гену *CAST*.

Молодняк АВ и ВВ генотипов гена *GH* превосходил овец АА генотипа по уровню БАСК на 8,3 ( $p < 0,01$ ) и 6,3 % ( $p < 0,01$ ) в возрасте 4 месяца, на 8,6 ( $p < 0,001$ ) и 8,2 % ( $p < 0,01$ ) в возрасте 10 месяцев. По процентному содержанию ЛАСК превосходство составило: в 4-месячном возрасте – 11,7 ( $p < 0,05$ ) и 6,9 %, в 10-месячном – 9,4 ( $p < 0,001$ ) и 9,4 % ( $p < 0,001$ ). Превосходство, в 5,7 %, выявлено у молодняка MN генотипа гена *CAST* в 4-месячном возрасте по лизоцимной активности сыворотки крови в сравнении с аналогами MM генотипа.

### 3.4.3. Особенности белкового обмена

Изучены параметры белкового обмена у мясо-шерстных овец в зависимости от генотипов генов *GH* и *CAST* в 4- и 10-месячном возрасте. Преимущество по содержанию белка наблюдалось в крови ягнят АВ и ВВ генотипов гена *GH*: в 4-месячном возрасте – на 6,3 и 5,1 %; 10-месячном – на 7,7 ( $p < 0,001$ ) и 6,7 % ( $p < 0,001$ ) в сравнении со сверстницами генотипа АА. У молодняка разных вариантов генотипов гена *CAST* уровень белка в возрасте 10 месяцев на 3,5 % выше у MN генотипа по сравнению с MM генотипом.

Наибольшим количеством альбуминов характеризовались овцы АВ и ВВ генотипов гена *GH*: в 4-месячном возрасте – на 7,3 и 6,4 %; в 10-месячном – на 8,7 ( $p < 0,05$ ) и 8,4 % ( $p < 0,05$ ), в отличие от сверстниц АА генотипа. Молодняк MN генотипа гена *CAST* на 2,3 % превосходил животных MM генотипа по уровню сывороточного альбумина. При этом явное преимущество по содержанию глобулинов было за животными АВ и ВВ генотипов гена *GH* и MN генотипа гена *CAST*. В 4-месячном возрасте на 5,3 и 3,4 %, в 10-месячном – на 6,9 ( $p < 0,05$ ) и 5,4 % овцы генотипов АВ и ВВ превосходили особей АА генотипа. Разница по показателям глобулина между молодняком генотипов MN и MM составила: в 4 месяца – 2,6 %, в 10 месяцев – 4,6 % ( $p < 0,05$ ).

Установлено, что самая высокая концентрация мочевины оказалась в крови животных гомозиготных генотипов АА и MM рассматриваемых генов. Так, по гену *GH* разница составила: в 4-месячном возрасте – 10,9 и 7,5 %, в 10-месячном – 10,8 и 8,6 % по сравнению с носителями генотипов АВ и ВВ. По гену *CAST* животные гомозиготного генотипа превосходили гетерозиготных особей в 4-месячном возрасте на 5,0 %; в 10-месячном – на 3,7 %.

Наибольшие показатели креатинина также выявлены в крови молодняка гомозиготных генотипов генов *GH* и *CAST*. Так, особи АА генотипа гена *GH* превосходили по данному показателю аналогов АВ и ВВ генотипов со следующей разницей: в возрасте 4 месяца – на 7,2 ( $p < 0,05$ ) и 8,7 % ( $p < 0,05$ ); в 10 месяцев – на 8,5 ( $p < 0,05$ ) и 9,5 % ( $p < 0,01$ ). У ягнят генотипа MM гена

*CAST* обнаружена несущественная разница в концентрации креатинина по сравнению с *MN* генотипом, составившая 1,0 и 2,9 % в 4-месячном и 10-месячном возрасте соответственно.

Обобщая результаты анализа белкового обмена в крови мясо-шерстных ягнят, можно сделать заключение, что более высокое содержание общего белка и относительно низкое – продуктов распада в организме гетерозиготных овец как по гену *GH*, так и *CAST* вероятнее всего связано с более активным включением белка в процессы обмена.

### 3.5. Экономическая оценка результатов исследований

Расчёт экономической эффективности реализации на мясо молодняка овец с учетом сочетаний генотипов по гену *GH* свидетельствует, что от овец *AB* и *BB* генотипов получено больше продукции по сравнению с животными *AA* генотипа, что повлияло на увеличение прибыли на 204,6 и 235,4 руб. и нашло отражение в уровне рентабельности (7,2 и 8,3 %) (таблица 8).

Таблица 8 – Экономическая эффективность реализации на мясо молодняка мясо-шерстных овец с различными генотипами генов *GH* и *CAST*

Показатель	<i>GH</i>			<i>CAST</i>	
	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>MM</i>	<i>MN</i>
Убойная масса, кг	14,65	15,58	15,72	15,21	16,0
Реализационная цена 1 кг баранины в тушках, руб.	220	220	220	220	220
Затраты на содержание (с учетом генотипирования) 1 гол., руб.	2849	2849	2849	2849	2849
Стоимость продукции, руб.	3223	3427,6	3458,4	3346,2	3520
Прибыль, руб.	374,0	578,6	609,4	497,2	671,0
Уровень рентабельности, %	13,1	20,3	21,4	17,5	23,6

При расчёте экономической эффективности реализации на мясо молодняка овец в зависимости от генотипов гена *CAST* установлено, что от животных *MN* генотипа получено больше продукции по сравнению с аналогами *MM* генотипа, что сказалось на увеличении прибыли на 173,8 руб. и уровня рентабельности (6,1 %) (таблица 30).

Принимая во внимание результаты нашего исследования, можно отметить, что селекция с учетом полиморфизма генов *GH* и *CAST* гарантированно улучшает качественные и количественные характеристики мясной продуктивности у овец и в дальнейшем будет иметь значительную экономическую ценность для сельхозорганизаций, занимающихся разведением овец.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены сведения о полиморфизме генов *GH* и *CAST* и их связи с признаками мясной продуктивности у мясо-шерстных овец. На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Полиморфизм генов *GH* и *CAST* в популяции мясо-шерстных овец ( $\frac{1}{2}$ ПД  $\times$   $\frac{1}{2}$ СК) представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: А – 0,51; В – 0,49 и N – 0,06; М – 0,94 соответственно. Выявлены три генотипа для гена *GH* (АА – 29,7; АВ – 42,8 и ВВ – 27,5 %) и два – для *CAST* (ММ – 87,9 и MN – 12,1 %) и определены различия в распределении частоты встречаемости генотипов в изученных полиморфных вариантах генов. Установлено, что наибольшей частотой встречаемости по гену *GH* характеризовался гетерозиготный генотип АВ (42,8 %), по гену *CAST* – гомозиготный вариант ММ (87,9 %).

2. Оценка интенсивности роста и развития в исследуемой популяции мясо-шерстных овец с разными генотипами гена *GH* позволила установить, что овцы с АВ и ВВ генотипами во все изученные возрастные периоды превосходили животных АА генотипа по показателям живой массы: в возрасте 1 месяца – на 9,1 и 5,1 %; 4 месяцев – на 6,5 и 5,6 %; 10 месяцев на – 5,0 и 4,5 % ( $p < 0,01$ ). Овцы генотипа MN гена *CAST* отличались лучшей живой массой по сравнению с аналогами ММ генотипа: в возрасте 4 месяца – на 5,4 %, в 8 и 10 месяцев – на 2,4 и 3,2 %.

3. Рассматривая морфологический и биохимический состав крови исследуемых животных, выявили, что для овец АВ и ВВ генотипов во все изученные периоды наблюдений (4 и 10 месяцев) было характерно большее количество эритроцитов в среднем на 5,0 и 7,1 %, уровня гемоглобина – на 5,3 и 8,0 %, уровня сывороточного белка – на 5,1 и 7,7 %, по сравнению с животными АА генотипа гена *GH*. Среди генотипов гена *CAST* установлена незначительная разница для особей MN генотипа в сравнении с ММ вариантом по количеству эритроцитов на 3,0 и 2,4 %, концентрации общего белка – на 1,2 и 3,5 %.

4. Установлены различия в содержании Т- и В-лимфоцитов в крови овец в зависимости от сочетаний генотипов гена *GH*: особи с генотипами АВ и ВВ отличались высоким содержанием Т-клеток в возрасте 4 месяца на 11,1 и 10,6 %, 10 месяцев – на 21,1 и 19,4 % ( $p < 0,001$ ), В-клеток – на 13,4 и 12,3 %; 16,0 и 15,3 % ( $p < 0,001$ ) соответственно.

5. Выявлена взаимосвязь показателей неспецифической резистентности с разными генотипами гена *GH*: особи АВ и ВВ генотипов отличались высоким уровнем показателей гуморального иммунитета БАСК и ЛАСК в возрасте 4 месяца в среднем на 6,3 ( $p < 0,01$ ) и 11,7 % ( $p < 0,05$ ) % в 10 месяцев – на 8,2 % ( $p < 0,01$ ) и 9,4 % ( $p < 0,001$ ) по сравнению с АА генотипом. У животных с генотипом MN гена *CAST* существенная разница отмечена лишь в 4-месячном возрасте в концентрации ЛАСК.

6. При рассмотрении количественно-качественных показателей мясной продуктивности у мясо-шерстных овец с учетом полиморфности генов *GH* и *CAST* установлено, что особи с генотипами АВ, ВВ гена *GH* и MN гена *CAST* превосходили животных гомозиготных генотипов: по массе парной туши – на 7,2; 8,2 и 5,5 %, убойной массе – на 7,1; 8,1 и 5,4 %, убойному выходу – на 1,7; 1,8 и 1,2 абс. %, содержанию мышечной ткани в туше – на 10,9; 12,7 и 6,1 %, коэффициенту мясности – 15,4; 18,6 и 2,4 %.

7. Химический состав мышечной ткани у животных АВ и ВВ генотипов гена *GH* характеризовался большим количеством протеина (14,5 и 8,6 %), меньшим содержанием золы и общей влаги в сравнении с АА генотипом. В мышечной ткани изучаемых овец в зависимости от генотипов гена *CAST* содержалось больше общей влаги и сырого протеина у MN генотипа на 1,5 и 2,4 %, но меньше сухого вещества на 2,9 %, по сравнению с гомозиготными ММ особями. Отмечено превосходство в содержании сырого жира и золы у животных ММ варианта над овцами генотипа MN, с разницей в 20,1 и 14,5 %.

8. Исследования аминокислотного состава длиннейшей мышцы спины показали высокое содержание аминокислот у овец генотипов АВ, ВВ гена *GH* и генотипа MN гена *CAST*. Наибольшая разница выявлена в содержании метионина и тирозина в мясе особей АВ и ВВ генотипов в сравнении с АА вариантом гена *GH*, составившая 53,8 и 27,0; 25,2 и 13,2 %. Сумма незаменимых и заменимых аминокислот оказалась выше у АВ и ВВ генотипов на 21,1 и 11,2 %; 19,4 и 10,7 % в сравнении с особями генотипа АА. Полученные данные об аминокислотном профиле мяса в зависимости от генотипов гена *CAST* исследуемых овец свидетельствуют о повышенном содержании лейцина и валина у MN генотипа в сравнении с ММ генотипом.

9. Микроструктурной оценкой мышечной ткани исследуемых овец в зависимости от генотипов генов *GH* и *CAST* выявлено, что мышечная ткань особей с генотипами АВ, ВВ и MN характеризовалась большим количеством мышечных волокон на 5,7; 6,4 и 2,9 %, меньшим их диаметром на 7,6; 9,2 и 3,9 %, меньшим содержанием соединительной ткани по сравнению с АА и ММ генотипами рассматриваемых генов.

10. Расчет экономической эффективности реализации на мясо молодняка овец показал, что от особей с генотипами АВ и ВВ гена *GH* и MN гена *CAST* получено больше прибыли, что повлияло на уровень рентабельности (6,1–8,3 %).

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения эффективности отбора особо ценных животных рекомендуется осуществлять генотипирование овец для выявления носителей генетических маркеров продуктивности по генам соматотропина и кальпастина. Для дальнейшего использования в селекции, направленной на повышение уровня и характера мясной продуктивности, целесообразно отбирать животных – носителей аллеля В гена *GH* и аллеля N гена *CAST*.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Формирование стад с учетом генетических параметров генов *GH* и *CAST* будет способствовать созданию массива животных – носителей селекционно важных генетических структур, широкое использование которых значительно ускорит селекционный процесс, сделает его более точным и менее затратным.

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### *Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ*

1. Скорых Л.Н. Полиморфизм гена соматотропина и его взаимосвязь с показателями роста у мясо-шерстных овец / Л.Н. Скорых, **И.О. Фомина**, Д.В. Коваленко // Зоотехния. – 2020. – № 10. – С. 6–8.

2. Скорых Л.Н. Полиморфизм генов гормона роста (*GH*) и кальпастина (*CAST*) у мясошерстных овец / Л.Н. Скорых, **И.О. Фомина**, Е.С. Суржикова, Д.В. Коваленко // Главный зоотехник. – 2020. – № 7. – С. 6–11.

3. Скорых Л.Н. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в гене соматотропина с показателями мясной продуктивности у мясо-шерстных овец / Л.Н. Скорых, **И.О. Фомина**, Д.В. Коваленко, С.С. Бобрышов // Ветеринария и кормление. – 2021. – № 2. – С. 45–48.

4. Скорых Л.Н. Ассоциация полиморфизма гена *GH* с показателями качества мяса у мясо-шерстных овец / Л.Н. Скорых, **И.О. Фомина**, А.В. Скокова, И.И. Дмитрик // Главный зоотехник. – 2022. – № 8. – С. 31–38.

#### *Публикации в других изданиях*

5. Фомина И.О. Биотехнологические методы исследования полиморфизма генов соматотропина и кальпастина / **И.О. Фомина**, Л.Н. Скорых, Д.В. Коваленко // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5. – С. 83–88.

6. Фомина И.О. Ассоциация полиморфизма гена *CAST* с показателями мясной продуктивности мясо-шерстных овец / **И.О. Фомина**, Л.Н. Скорых // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции: национальная научно-практическая конференция – Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2021. – С. 11–16.

7. Фомина И.О. Исследование полиморфизма гена кальпастина у мясошерстных овец / **И.О. Фомина** // Вестник Ошского государственного университета. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 476–482.

ФОМИНОВА Ирина Олеговна

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ  
МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ  
МЯСО - ШЕРСТНЫХ ОВЕЦ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛИМОРФИЗМА  
ГЕНОВ СОМАТОТРОПИНА И КАЛЬПАСТАТИНА

Подп. в печать 28.07.2022 г. Бумага офсетная. Формат 60/84 1/16.  
Зак. № 224. Печ. лист 1,0. Тираж 100 экз.

---

Цех оперативной полиграфии ВНИИОК-  
филиала ФГБНУ «Северо - Кавказский ФНАЦ»  
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 15.