

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ
АГРАРНЫЙ ЦЕНТР»

На правах рукописи

САФОНОВА НАДЕЖДА СЕРГЕЕВНА

**ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ МИОСТАТИНА,
СОМАТОТРОПИНА, ЛЕПТИНА И ИХ СВЯЗЬ
С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРОДУКТИВНОСТИ У ОВЕЦ**

Специальность

06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, доцент
Скорых Л.Н.

Ставрополь – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	12
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 Современное состояние отрасли овцеводства в России	12
1.1.2 Краткая характеристика исследуемых пород овец.....	16
1.2 Молекулярно-генетические маркеры продуктивных качеств сельскохозяйственных животных.....	19
1.3 Значение маркерной селекции в животноводстве	22
1.4 Генетические маркеры в селекции овец	26
2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
2.1 Изучаемое поголовье овец, природно-климатические условия его локализации	33
2.2 Методики генотипирования и биохимических исследований.....	36
2.3 Оценка продуктивных качеств и методы их исследования.....	39
2.4 Оценка генетической структуры популяций овец.....	41
2.5 Математические методы анализа при обработке экспериментальных данных	44
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	46
3.1 Результаты секвенирования и частота аллельных вариантов в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> и <i>MSTN</i>	46
3.2 Генетическая структура популяций овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная по молекулярно-генетическим маркерам.....	49
3.3 Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> , <i>MSTN</i> с показателями продуктивности и биологическими особенностями овец породы советский меринос.....	52
3.3.1 Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> , <i>MSTN</i> с показателями роста и телосложения овец породы советский меринос	52
3.3.2 Иммунологическая реактивность овец породы советский меринос с различными генотипами по генам <i>GH</i> , <i>LEP</i>	60
3.3.3 Биохимические параметры крови у молодняка овец породы советский меринос в зависимости от генотипов по генам <i>GH</i> , <i>LEP</i>	62

3.3.4 Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> , <i>MSTN</i> с количественно-качественными показателями мясной продуктивности овец породы советский меринос.....	68
3.5. Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> с продуктивными качествами и биологическими особенностями овец северокавказской мясо-шерстной породы	78
3.5.1. Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> , <i>LEP</i> с признаками роста и экстерьерными особенностями овец северокавказской мясо-шерстной породы....	78
3.5.2. Уровень резистентности овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам <i>GH</i> , <i>LEP</i>	83
3.5.3 Особенности обмена веществ у овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам <i>GH</i> , <i>LEP</i>	85
3.5.4 Ассоциация полиморфизма в генах <i>GH</i> и <i>LEP</i> с количественно-качественными показателями мясной продуктивности овец северокавказской мясо-шерстной породы.....	91
3.6. Дисперсионный анализ результатов исследования.....	98
3.7. Экономическое обоснование результатов исследований.....	102
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	104
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	108
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	109

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Овцеводство по разнообразию производимой продукции и обеспечению потребностей народного хозяйства страны в специфических видах сырья и продуктах питания не имеет аналогов. Основной тенденцией развития овцеводства в последние десятилетия во всем мире стал постоянный рост производства баранины, чем объясняется увеличение доли специализированных мясных пород и возрастающие требования к мясной продуктивности овец мясо-шерстного и шерстного направления продуктивности (В.И. Трухачев и др., 2018). В связи с этим возникает необходимость во внедрении в отрасль новых направлений на основе сочетания традиционных методов селекции с молекулярно-генетическими (В.П. Лушников, Т.О. Фетисова, М.И. Селионова и др., 2020).

Генетическое улучшение животных – это сложный и непрерывный процесс. В последние десятилетия произошли значительные изменения в области фундаментальной, а также прикладной генетики, предлагающие новые подходы к анализу генома с более высоким генетическим разрешением (Т.V.L. Berghof, 2019). На сегодняшний день появилась возможность выявления значительного числа генетических полиморфизмов на основе последовательности ДНК и использования их как маркеров с целью оценки генетической основы наблюдаемой фенотипической изменчивости (К. Р. Voss-Fels, 2019).

Расширяющиеся технологии позволяют исследовать вариации в первичной структуре генов и помогут животноводам по-новому и более усовершенствованно подходить к вопросам селекции. Благодаря методам молекулярной генетики предоставляется возможность проведения генотипирования животных с помощью молекулярных маркеров и отбора лучших по продуктивности на ранних стадиях жизни (Т.Е. Денискова и др., 2019).

В этой связи применение молекулярно-генетических методов для оценки прогноза продуктивных показателей животных позволит ускорить процесс накопления генов, несущих желательные признаки, а систематический отбор животных – носителей генетических маркеров позволит повысить частоту

встречаемости высокопродуктивных животных в будущих поколениях. Поэтому так важно идентифицировать генетические маркеры, ассоциированные с высоким уровнем мясной продуктивности, что особенно значимо при совершенствовании мясных качеств тонкорунных и полутонкорунных пород овец (Н.И. Ефимова, 2014; М.И. Селионова, 2015; А.В. Дейкин, 2015).

Ожидается, что молекулярные маркеры будут и в дальнейшем служить в качестве основного инструмента для генетиков и селекционеров при отборе животных в соответствии с желаниями потребителей.

На сегодняшний день еще недостаточно сведений о полиморфизме генов *GH*, *LEP*, *MSTN* у овец отечественных пород. Поэтому исследователями проводится дальнейшее накопление знаний по выявлению ассоциаций этих генов с показателями мясной продуктивности. Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что определение взаимосвязей полиморфизма генов соматотропина (*GH*), миостатина (*MSTN*), лептина (*LEP*) с параметрами продуктивности у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная, разводимых на территории Ставропольского края, является актуальным.

Степень разработанности темы исследования. Приоритетами в селекции сельскохозяйственных животных на сегодняшний день являются параметры мясной продуктивности. Ведь в современных условиях международного рынка фокус внимания обращен на качественный потенциал производства мяса. Поэтому с целью повышения производства и улучшения качества баранины возникает необходимость во внедрении в отрасль новых направлений. Это становится возможным при сочетании традиционных методов селекции с молекулярно-генетическими. Их популярность обусловлена такими параметрами, как точность оценки генотипа популяции, породы и отдельно взятых животных (В.П. Лушников, Т.О. Фетисова, М.И. Селионова и др., 2020). По пути улучшения продуктивных качеств овец и создания генофонда с помощью маркер-ассоциированной селекции уже идут крупнейшие производители баранины, такие как Австралия и Новая Зеландия (S. Dominik, 2007).

Продолжается работа по идентификации генов, связанных с продуктивными качествами овец. При этом наибольший интерес проявляется к генетическим маркерам, взаимосвязанным с генами (генами-кандидатами), белковый продукт которых выполняет существенную роль в формировании или регуляции физиолого-биохимических процессов (Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.V. Shirockova et al., 2015).

Вместе с тем исследование полиморфизма генов соматотропина, миостатина и лептина у овец отечественных пород находится только на стадии изучения. Проведена работа на овцах сальской породы, разводимых в Ростовской области, по выявлению полиморфизма гена *GH*, выявлению достоверных ассоциаций между генотипами и селекционно-ценными признаками (Ю.А. Колосов, 2017). Подобное исследование провели у овец эдильбаевской породы, где был изучен полиморфизм гена лептина и его связь с мясной продуктивностью (В.П. Лушников, 2020).

В то же время у овец импортной селекции этому вопросу уделяется существенное внимание. Полученные экспериментальные данные на животных свидетельствуют о том, что суперэкспрессия гена *GH* способствует ускоренному росту и развитию организма (L.R. Piper et al., 2001). Выявлена связь между отдельным нуклеотидным полиморфизмом в гене лептина с ростом скелетных мышц и качеством мяса у овец пород полл дорсет и суффолк (D. Boucher et al., 2006). Ряд ученых из Новой Зеландии, Норвегии, Индии изучали нуклеотидные последовательности гена миостатина (I.A. Voman et al., 2009; J.Han, R.H. Forrest, J.G.H. Hickford, 2013; M. Pothuraju et al., 2015). Выявлена взаимосвязь полиморфизма гена миостатина с признаками мясной продуктивности у овец зарубежной селекции (J.W. Kijas et al., 2007; S.Q. Gan et al., 2008; C.L. Donaldson et al., 2014; J. Wang et al., 2015; M. Farhadian, A. Hashemi, 2016; A.R. Sahu et al., 2017).

Поскольку в овцеводстве идет ориентирование на повышение продуктивности, улучшение качества продукции и, как следствие, экономической эффективности в целом, то необходимо рационально использовать имеющийся генетический ресурс. Поэтому весьма ценными являются исследования, направленные на получение сведений о наличии молекулярно-генетических

маркеров продуктивных и биологических особенностей у овец. Это позволит выявлять высокопродуктивных животных в популяциях пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы являлось исследование полиморфизма генов соматотропина (*GH*), лептина (*LEP*), миостатина (*MSTN*), определение ассоциаций с показателями продуктивности овец пород советский меринос, северокавказская мясо-шерстная и выявление желательных генотипов для использования в селекции.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- изучить полиморфизм генов *GH*, *LEP*, *MSTN* у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная;
- выявить особенности роста и развития овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная с разными генотипами генов *GH*, *LEP*, *MSTN*;
- определить естественную резистентность и биохимический состав крови овец пород советский меринос, северокавказская мясо-шерстная с разными генотипами генов *GH* и *LEP*;
- проанализировать ассоциативные связи полиморфизма генов *GH*, *LEP*, *MSTN* с показателями мясной продуктивности овец исследуемых пород;
- дать экономическую оценку эффективности выращивания молодняка овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная гетерозиготных вариантов *GH^{CT}* и *LEP^{GT}*.

Научная новизна работы. В представленной работе с использованием проведенного секвенирования нуклеотидных последовательностей генов *GH*, *LEP* и *MSTN* впервые изучены точечные мутации в структуре генома овец различного направления продуктивности, разводимых на территории Ставропольского края. Впервые применен комплексный подход к исследованию генетических параметров, ассоциированных с показателями естественной резистентности, биохимическим статусом и продуктивными характеристиками овец отечественных пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная. Дана генетическая структура популяций овец пород советский меринос и северокавказская мясо-

шерстная по генам *GH*, *LEP* и *MSTN*. Впервые проанализированы ассоциативные связи полиморфизма генов *GH*, *LEP* и *MSTN* с количественно-качественными характеристиками мясной продуктивности. Выявлены генотипы в генах *GH*, *LEP* и *MSTN* с последующим генетическим обоснованием перспективности селекции для дальнейшей оценки овец с высоким генетическим потенциалом продуктивности.

Теоретическая и практическая значимость работы. Практическая значимость проведенного исследования заключается в дальнейшем развитии и внедрении маркер-ориентированной селекции по генам гормона роста, лептина, миостатина в российское овцеводство.

Получены новые данные о полиморфизме генов *GH*, *LEP*, *MSTN* и связи аллельных вариантов генов с фенотипическими признаками. Использование выявленных генотипов в качестве генетических маркеров позволит проводить оценку, прогноз продуктивности овец в раннем возрасте. Установленные закономерности зоотехнических показателей, биохимических параметров, молекулярно-генетических факторов могут быть применены для оценки овец желательного генотипа с высоким потенциалом продуктивности.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях, нацеленных на увеличение эффективности селекционно-племенной работы в отрасли овцеводства, в учебном процессе в качестве лекционного материала в области генетики, селекции и разведения овец при подготовке специалистов зооветеринарного и биологического профиля.

Методология и методика исследования. Методологической основой при проведении исследований послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные изучению молекулярно-генетических маркеров в селекции сельскохозяйственных животных. Для достижения цели диссертационного исследования применялась совокупность методов научного познания, использовались специальные методы – молекулярно-генетические, биохимические, зоотехнические, а также сопоставление и обобщение полученного экспериментального материала. Полученный экспериментальный материал обрабатывался на основе применения расчетно-статистических методов исследования.

Основные положения, выносимые на защиту:

- гены *GH*, *LEP*, *MSTN* у овец породы советский меринос полиморфны;
- аллельные профили и генотипы по локусам генов *GH*, *LEP* в популяции овец северокавказской мясо-шерстной породы определены;
- аллельные профили и генотипы по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* в популяции овец породы советский меринос взаимосвязаны с показателями роста, развития, убойными качествами;
- рост и развитие, мясная продуктивность овец северокавказской мясо-шерстной породы зависят от полиморфных вариантов в генах *GH*, *LEP*;
- экономическая эффективность разведения молодняка овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная в зависимости от генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* различна.

Степень достоверности и апробация результатов. Объективность исследований базируется на полученном фактическом материале, использовании современных методов и оборудования, анализе экспериментальных данных с применением методов математической статистики: программного обеспечения (BIOSTAT, MS Excel), дисперсионного анализа на основе использования табличного процессора MS Excel и интегрированного математического пакета Matlab. Результаты проведенных исследований внедрены в производственную деятельность овцеводческих племенных хозяйств, находящихся на территории Ставропольского края: СПК племзавод «Восток» Степновского района, СПК колхоз-племзавод им. Ленина Арзгирского района, и подтверждены актами о внедрении законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство.

Настоящая работа осуществлялась в соответствии с государственным планом НИР ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» согласно направлению исследований 157 «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; АААА-А19-119072690005-6).

Результаты проведенных исследований опубликованы в рецензируемых изданиях, сборниках трудов научных конференций различного уровня. Основные результаты диссертации были доложены, обсуждены и положительно оценены: на заседаниях в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, отделе овцеводства и козоводства; на заседаниях Ученого совета ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2017–2019 гг. Материалы диссертационной работы докладывались и получили одобрение на международных научно-практических конференциях: «Научные основы повышения продуктивности и здоровья сельскохозяйственных животных» ФГБНУ КНЦЗВ, г. Краснодар (2019); «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции, Саратовский ГАУ, г. Саратов (2020); «Актуальные проблемы естественных и сельскохозяйственных наук», Ошский ГУ, Кыргызская республика (2021); «Аграрная наука и инновационное развитие животноводства – основа экологической безопасности продовольствия», Саратовский ГАУ, г. Саратов (2021).

Публикация результатов исследований. По основным результатам исследований, выполненных по теме диссертационной работы, опубликовано 9 научных работ, из них 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: «Главный зоотехник», «Вестник АПК Ставрополя», «Ветеринария и кормление», «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование», «Овцы, козы, шерстяное дело».

Объем и структура диссертации. Диссертационные материалы представлены на 137 страницах компьютерного текста, иллюстрированы 49 таблицами, 7 рисунками, список использованной литературы насчитывает 224 источника, из которых 100 – на иностранных языках. Научный труд состоит из следующих разделов: введение, обзор литературы, материал и методы исследования, результаты собственных исследований, заключение, содержащее

выводы, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список использованной литературы.

Личный вклад соискателя. Автором, при участии научного руководителя, проанализировано современное состояние проблемы, обоснована цель и задачи исследования, определены схема и методы исследования. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных, их интерпретация. Кроме того, автором самостоятельно подготовлено экономическое обоснование результатов исследований, сформулированы выводы, практические предложения производства. Представленная диссертационная работа является завершенной научно-квалификационной работой и свидетельствует о личном вкладе автора в зоотехническую науку в области овцеводства.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современное состояние отрасли овцеводства в России

Овцеводство России представляет собой специализированную отрасль животноводства с богатым генофондом (И.А. Копылов, 2019). Разведение овец является неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства Российской Федерации, обеспечивает потребности населения в сырье и продуктах питания, решая при этом целый ряд социальных вопросов.

Реформирование экономики России оказало влияние не только на общую экономическую ситуацию в стране, но и сказалось на состоянии сельскохозяйственного производства, в том числе овцеводческой продукции (М.П. Киреичева, 2012; М.И. Селионова, В.А. Багиров, 2014).

Однако острый вопрос выживания отрасли овцеводства возможно решить путем повышения скороспелости, откормочных и мясных качеств молодняка. Поэтому отечественное овцеводство может успешно развиваться по пути получения продуктов питания высокого качества, на что потребуются разработка приемов и методов, повышающих мясную продуктивность овец (Ю.А. Юлдашбаев, 2016; М.И. Селионова, 2017).

Установлено, что в России овцеводство претерпело сокращение численности поголовья овец с 58 млн в 1990 г. до 14 млн в 2008 г., но в то же время стремительно снизилось производство овцеводческой продукции. Конечно, это не могло не сказаться на экономическом положении овцеводческих хозяйств, которые территориально и так ограничены возможностями ведения высокоинтенсивного сельскохозяйственного производства, поскольку расположены в экстремальных природно-климатических зонах (А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, 2013).

Изменения, происходящие в отрасли в последнее время, охватывают прежде всего численность общего поголовья сельскохозяйственных животных, но ведь

отрасль должна развиваться по пути обеспечения продовольственной безопасности страны.

Все же в соответствии с официальными данными Минсельхоза России (<https://www.fedstat.ru/indicator/31325>), общее количество поголовья овец с 2016 по 2020 годы в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации несколько сократилось (рисунок 1). Однако большая часть поголовья овец сосредоточена в хозяйствах населения, а также в крестьянских (фермерских) хозяйствах и остается стабильной. При этом половина поголовья и лучшие племенные хозяйства сосредоточены в двух федеральных округах Российской Федерации – Северо-Кавказском и Южном.

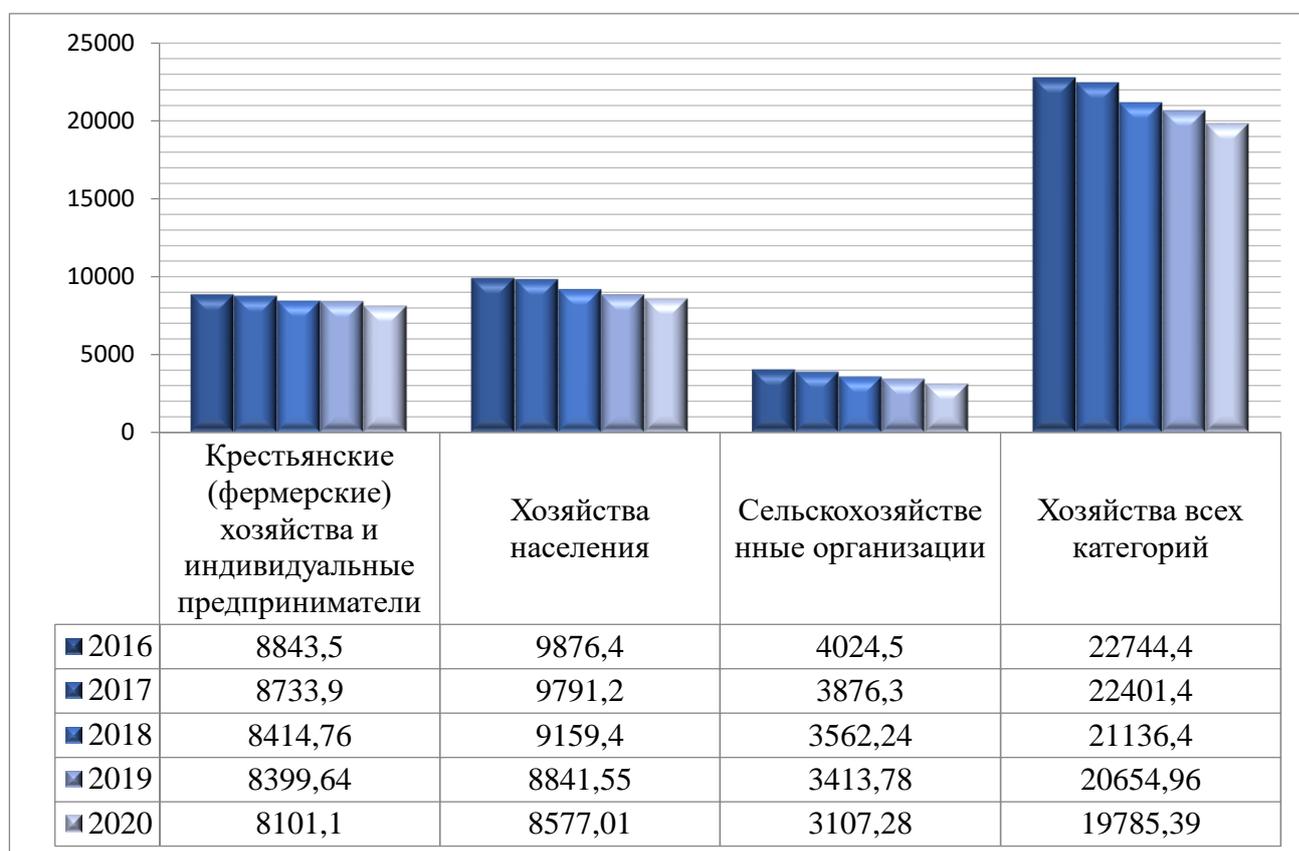


Рисунок 1 - Поголовье овец в хозяйствах всех категорий, тыс. голов

В целом, по России согласно данным Федеральной службы государственной статистики (РосСтат) численность овец в хозяйствах всех категорий на конец 2020

года составила 19785,39 тыс. голов, в сельскохозяйственных организациях - 3107,28 тыс. голов (Н.В. Широкова, 2020; В.Р. Плахтюкова, 2020) (рисунок 2, 3).

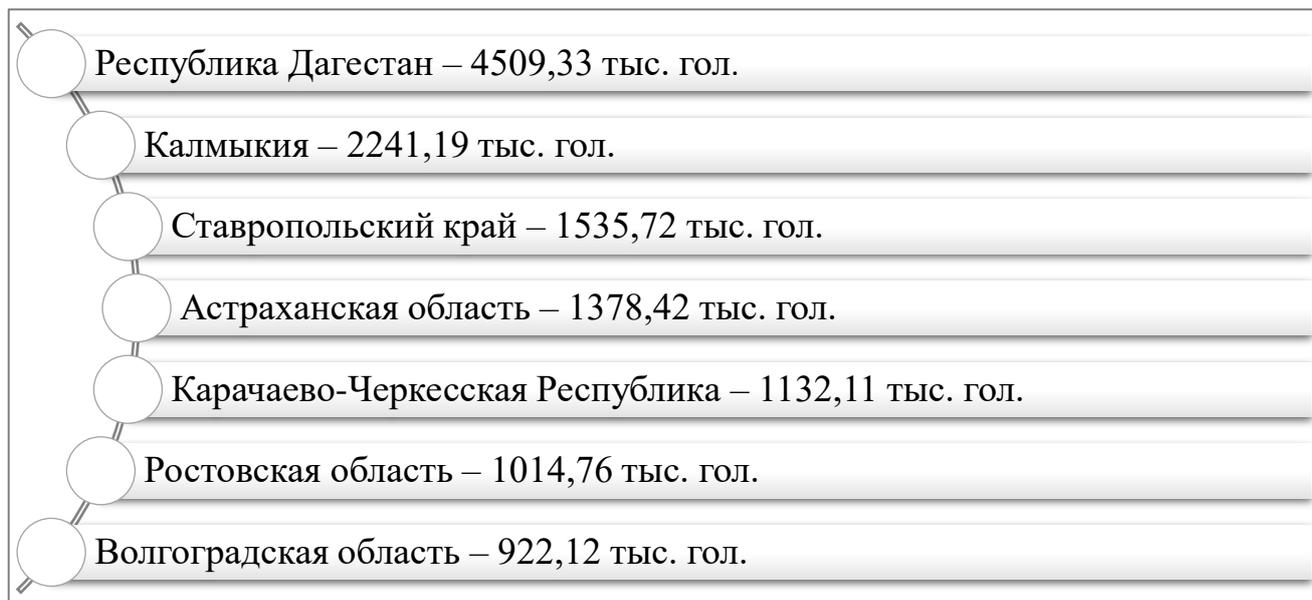


Рисунок 2 – Численность поголовья овец в отдельных регионах РФ в 2020 году

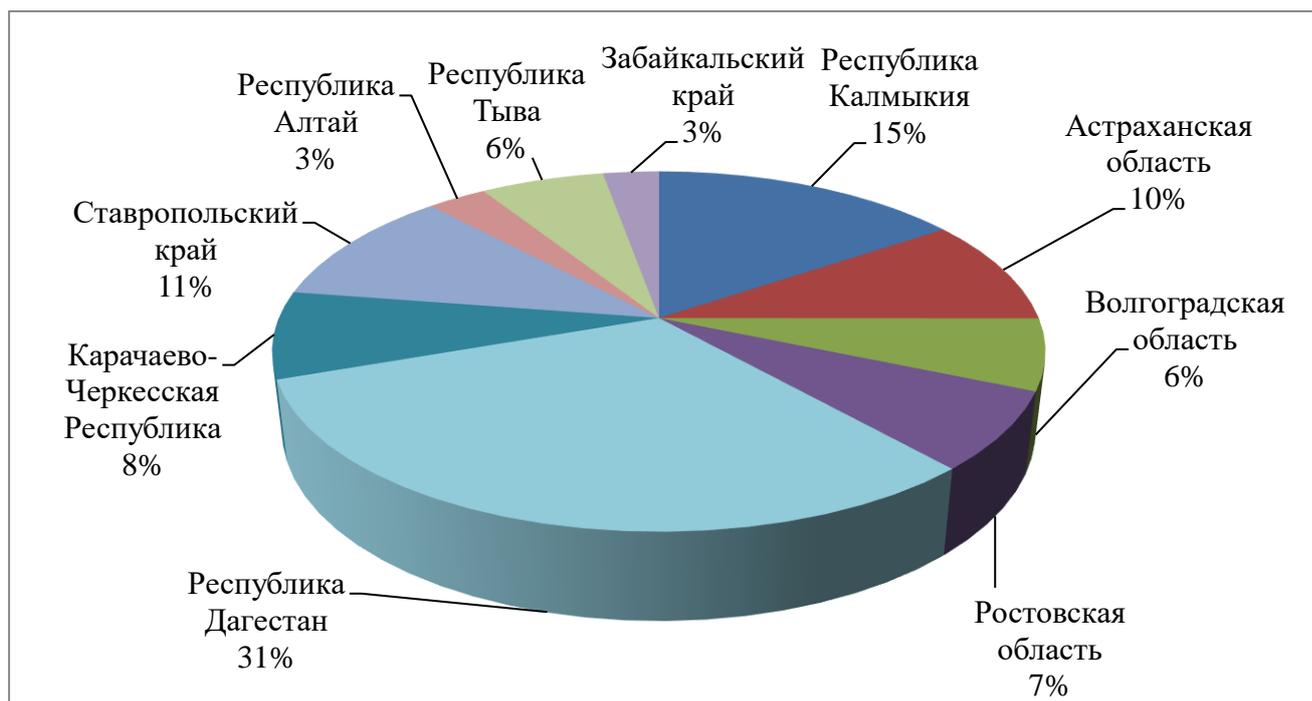


Рисунок 3 - Поголовье овец по отдельным регионам РФ в 2020 году

Стоит отметить, что такие регионы Российской Федерации, как Ставропольский край, Волгоградская область и Республика Калмыкия, несмотря на возрастающий спрос рынка в ягнятине и молодой баранине высокого качества продолжают развивать основное направление отрасли как тонкорунное, так и полутонкорунное, создавая стада и группы овец с улучшенными мясными формами

и сохраняя при этом шерстные качества. Основной массив представлен тонкорунными породами и составляет около 80 %. Это подтверждает наиболее многочисленная популяция мериносовых овец, потенциальные возможности которых в России достигли неплохих результатов (живая масса маток 90,0 – 100,0 кг, при настриге чистой шерсти более 3,0 кг).

Одним из важнейших овцеводческих регионов России является Ставропольский край – родина большинства тонкорунных пород овец, а также полутонкорунной северокавказской мясо-шерстной породы, получившей широкую известность не только в нашей стране, но и за её пределами (З.К. Гаджиев, 2000; Ю.Д. Квитко, 2007; И.И. Селькин, 2007; А.Ю. Протасов, 2012; А.А. Омаров, 2016).

Под воздействием эволюционных сил и селекционного отбора, миграции, различных мутаций и дрейфа генов сформировалось множество пород овец разнообразных по своим продуктивным качествам, адаптированных для каждой среды обитания. Многообразие и уникальность получаемой продукции обусловлено полиморфизмом породного генофонда овец России. Согласно данным Национального союза овцеводов (обновление 27.02.2020) генетические ресурсы отрасли представлены 47 породами овец, в том числе 18 тонкорунных, 14 полутонкорунных, 2 полугрубошерстных и 12 грубошерстных (Рисунок 4).

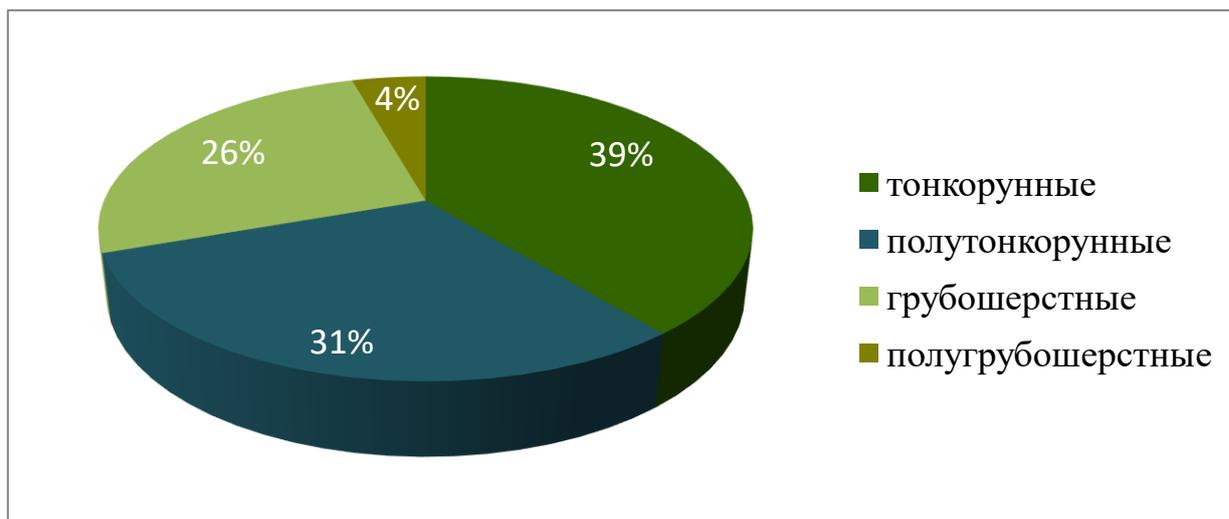


Рисунок 4 - Генетические ресурсы отрасли по породам в регионах РФ

Советский меринос считается одной из наиболее многочисленных отечественных пород (Н.И. Ефимова, 2006; А.Н. Ульянов, 2012; Н.И. Кравченко,

2012; В.И. Трухачев, 2015; И.А. Копылов, 2017). Северокавказская мясо-шерстная порода овец является одной из наиболее популярных в стране благодаря высоким продуктивным и наследственным качествам животных. Созданный генофонд этих пород характеризуется более высокими продуктивными характеристиками о чем свидетельствует значительный генетический потенциал племенных овец Ставропольского края, который нужно совершенствовать и рационально использовать (М.И. Селионова и др., 2014; В.И. Трухачев и др., 2015; И.И. Дмитрик и др., 2016; М.И. Селионова и др., 2016; И.А. Копылов, 2019; А.А. Омаров, 2021).

На основании вышеизложенного, генетические ресурсы отрасли овцеводства остаются одними из немногих в отечественном животноводстве, резервы которых нуждаются в сохранении, рациональном использовании и дальнейшем совершенствовании.

Кратко остановимся на истории создания, уровне продуктивности овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная.

1.1.2 Краткая характеристика исследуемых пород овец

Наиболее распространенными представителями группы тонкорунных пород, обладающие при этом достаточно продуктивными качествами, являются овцы породы советский меринос. Выведена в период 1936-1938 годы, в качестве основополагающих пород использовались мазаевские, новокавказские, волошские овцы, бараны - американский рамбулье и асканийская. Овцы указанных пород были сосредоточены на Северном Кавказе, юге Украины, в последствии были завезены на Урал, в Поволжье, юг Западной и Восточную Сибирь (В.А. Мороз, 2005; Н.И. Ефимова, Т.И. Антоненко, И.А. Копылов, 2015, 2019).

Овцы породы советский меринос являются продуктивной тонкорунной породой шерстного и шерстно-мясного направления (Н.И. Ефимова, 2006). Основными достоинствами породы являются высокие шерстные и мясные качества, приспособительные особенности к условиям разведения в засушливых и средnezасушливых зонах Ставрополья, кроме того устойчивость к экстремальным

природно-климатическим факторам окружающей среды (И.А. Копылов, 2019). Ареал разведения овец породы советский меринос распространяется на территориях Ставропольского края, Омской, Ростовской области, Республики Баршкортостан и Калмыкия (И.А. Копылов, 2019). Продуктивные характеристики овец следующие: живая масса баранов-производителей составляет 108,0 кг настриг чистой шерсти 7,3 кг, овцематок – 53,0 и 3,4 кг соответственно (I.F. Gorlov, 2017).

Породные качества овец хорошо передаются даже спустя поколения (Н.И. Ефимова, 2014). Целью таких скрещиваний является повышение мясной продуктивности тонкорунных овец при сохранении качеств тонкой мериносовой шерсти, присущих исходной породе (В.В. Абонеев, 2010). Животные этой породы при скрещивании с овцами породы тексель (А.Н. Ульянов, 2005), манычский меринос (Ю.А. Колосов, 2007), австралийским мясным мериносом (Н.И. Ефимова, 2011; И.А. Копылов, 2017), показывают достаточно высокие результаты мясной продуктивности и энергии роста у помесей.

Генофонд овец породы советский меринос на территории Ставрополя является базой тонкорунного овцеводства, но дальнейшее совершенствование просто необходимо для обеспечения продукцией потребителя данной отрасли (И.А. Копылов, 2019). В работе стоит уделить внимание внедрению комплексного подхода, обеспечивающего высокую точность и позволяющего выявлять генотипы высокой продуктивности на основе применения молекулярно-генетических методов. По итогу, это может оказать влияние на улучшение породы в целом.

Северокавказская мясо-шерстная порода овец считается одной из лучших и популярных в нашей стране благодаря высоким продуктивным и наследственным характеристикам. Выведена в период 1944 – 1960 годов в ПЗ «Восток» Степновского района Ставропольского края при скрещивании тонкорунных овцематок ставропольской породы с баранами породы линкольн английской селекции, а в дальнейшем помесных животных I поколения разводили в «себе».

В целом рассматриваемая порода получила широкий ареал распространения не только в России, но и за ее пределами, в том числе и в странах СНГ. Согласно данным породного учёта 1990 года овцы рассматриваемой породы разводились и

использовались для улучшения местного овцепоголовья в 26 субъектах Российской Федерации, 8 странах СНГ (И.И. Селькин, 2003; Д.Н. Вольный, 2009). Как отмечает А.А. Омаров (2021) северокавказская мясо-шерстная порода является наиболее ценной среди овец полутонкорунного направления, поскольку сыграла весомую роль в создании кроссбредного овцеводства России. В нашей стране овцы этой породы успешно используются для скрещивания с другими породами, как с полутонкорунными, так и тонкорунными (В.В. Абонеев, 2011).

Особое значение в создании кроссбредного овцеводства получили бараны северокавказской мясо-шерстной породы в зоне Западной Сибири и Северного Кавказа. При участии баранов-производителей выведены породы советская мясо-шерстная ташлинская мясная, внутрипородные типы сибирский и кавказский.

В настоящее время северокавказская мясо-шерстная порода овец характеризующихся сочетанием высокой мясной и шерстной продуктивности, скороспелостью, хорошими племенными и адаптационными качествами. Овцы этого направления продуктивности быстро растут, развиваются, раньше достигают половой зрелости и сроков хозяйственного использования (В.И. Трухачев, 2015; Л.Н. Скорых, Д.А. Ковалев, Н.С. Сафонова, А.А. Омаров, 2020). При нормальных условиях кормления живая масса баранов северокавказской мясошерстной породы составляет 100,0 – 115,0 кг, маток – 5,0 – 6,0 кг.

Как показывают исследования, использование овец северокавказской мясо-шерстной породы оказывает значительное воздействие на качественное улучшение мясо-шерстного овцеводства страны благодаря высоким наследственным характеристикам племенного материала, реализуемого за пределы хозяйства. Однако изыскание перспективных методов, приемов дальнейшего совершенствования овец этой породы актуально, и имеет производственное значение.

1.2 Молекулярно-генетические маркеры продуктивных качеств сельскохозяйственных животных

Поиск ассоциаций продуктивных признаков с полиморфизмами ДНК является основным механизмом повышения эффективности животноводческой отрасли. Накопленный за последние годы опыт использования молекулярно-генетических маркеров на уровне белков, а позже ДНК и РНК, в практической селекции мелкого рогатого скота, позволил повысить экономическую эффективность отрасли в целом. С их помощью удастся решать много задач генетики, селекции и даже изучать механизмы эволюции.

Родоначальником учения об использовании генетических маркеров в практических исследованиях считается А.С. Серебровский. Первое поколение ДНК-маркеров и положение о них было выдвинуто в 70-х годах XX века.

Традиционно белковый маркер соответствует продукту гена, аллели которого играют значительную роль в формировании или регуляции биохимических и физиологических процессов (S. Sutikno, 2011; Ю.А. Колосов, 2012; Ю.А. Колосов, 2013; N. Karagodina, 2014; N.V. Mihailov, 2015). Также оказалось велико значение белковых маркеров в пороодообразовании и паспортизации животных (Л.Н. Чижова, 2004; Л.Н. Скорых, 2013; Л.Н. Чижова, 2014), соблюдении чистопородного разведения и иммунологической совместимости (В.И. Трухачев, М.И. Селионова, 2013; М.И. Селионова и др., 2014, Л.Н. Чижова и др., 2014; М.И. Селионова, Л.Н. Чижова и др., 2015).

Методом иммуногенетического анализа были выявлены генетические маркеры, ассоциированные с физиолого-биохимическими процессами протекающими в организме живых организмов, потенциально связанные с продуктивностью качествами животных (М.Г. Насибов, 2007а; М.Г. Насибов, 2007б; М.И. Селионова, 2007; Л.К. Эрнст, 2008; В.И. Глазко, 2011; Л.Н. Скорых, 2013; Л.Н. Чижова, 2014; Д.В. Волобуев, 2014; З. К. Гаджиев, О. Р. Османова, 2014).

Рассматривая связь между антигенами групп крови и продуктивными признаками (рост, развитие овец, количественно-качественные показатели шерсти,

резистентность, воспроизводительная функция), авторы пришли к заключению о том, что стойкой взаимосвязи между группами крови и изучаемыми параметрами не обнаружено (Л.Н. Скорых, 2013). Возможно, поэтому существуют разнополярные аспекты о взаимосвязи некоторых антигенных факторов с продуктивными качествами животных, у другие такие взаимосвязи не выявлены (М.И.Селионова, 2004).

Наиболее перспективным представляется применение в качестве маркерных систем полиморфных нуклеотидных последовательностей ДНК. С их помощью решается проблема насыщения маркёрами всего генома в любом его участке ДНК, даже в некодирующем (Н.А. Зиновьева и др., 2008; О.А. Яцык, 2018). Молекулярный маркер (ДНК-маркер) как раз отличается от классического и белкового маркеров тем, что соответствует гену или некодирующему участку генома, разные варианты (аллели) которого отличаются на уровне ДНК (Е.К. Хлесткина, 2013; Яцык, 2018).

Спустя время, во второй половине XX века стало возможным использование ДНК-маркеров благодаря открытию метода полимеразной цепной реакции (PCR, Polymerase Chain Reaction) (Ю.П. Алтухов, 2002; Н. Dobson, 2007). Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) предполагает использование специфических праймеров и получение дискретных ДНК-продуктов амплификации отдельных участков геномной ДНК. Большое количество родственных технологий построено на этом принципе (Р.Н. Календарь, 2002).

Молекулярные маркеры используются в настоящее время для генотипирования при оценке генетического родства и разнообразия (для создания генетических карт), картирования генов, в популяционной генетике, филогенетических исследованиях, биотехнологии и др. (Е.М. Ibeagha-Awemu, 2008).

Эволюция молекулярных маркеров дальше развивалась в направлении повышения разрешающей способности и доступности. В настоящее время для анализа полиморфизма ДНК все чаще используют метод прямого секвенирования генома или его отдельных участков (Е.К.Хлесткина, 2015).

Особо перспективный вид генетических маркеров - однонуклеотидный полиморфизм (SNP). В преобладающей части явление локального изменения нуклеотида в ДНК может поменять функцию белка. Это обусловлено заменой одного нуклеотида на другого, что и приводит к изменению аминокислотной структуры (А. Blasco, М. А. Toro, 2014; Яцык, О.А., 2018). Даже при локализации в некодирующей области, SNP все же может воздействовать на экспрессию генов, посредством изменения структуры белка.

Так, при миссенс-мутации мутированный белок может иметь отличную функцию от исходного белка, а может стать вовсе нефункциональным в случае нонсенс-мутации (О.В. Борисов, 2020). Также возможна активация изначально неактивных белков, что способствует усилению их функции или наоборот инактивация изначально активных белков с потерей их функции.

Довольно широко SNP используется отраслью животноводства в качестве молекулярно-генетических маркеров наследственных аномалий, продуктивности, устойчивости к болезням, при установлении родства между индивидуумами, определении степени инбридинга и гибридизации, генетическом картировании высокого разрешения и более полной характеристики генетических ресурсов (B.S. Coates, 2009; Е.К. Хлесткина, 2013; М.П. Люханов, 2014; А. Blasco, М.А. Toro, 2014).

Помимо классических данных о породе и родословной животного, молекулярно-генетические маркеры способствуют повышению точности прогнозирования продуктивных качеств животного в раннем онтогенезе, что дает возможность исключить из селекционного процесса особей, у которых желательные аллельные варианты отсутствуют (Т.Т. Глазко и др., 2008; А.В. Дейкин и др., 2015; О.А. Яцык, 2018).

Поскольку пути наследования SNP еще до конца не изучены, то можно говорить об актуальности обнаруженной связи ДНК-маркёров с продуктивными показателями животных, лишь во время проведения селекции на конкретной популяции и при учете конкретных условий окружающей среды (М.П. Люханов, 2014).

Подводя итог, можно отметить, что большое количество работ посвящено развитию и использованию молекулярно-генетических методов анализа ДНК, но вместе с тем в дальнейшем стоит продолжать накапливать знания, для селекции на повышение продуктивности животных.

1.3 Значение маркерной селекции в животноводстве

Расширение знаний о геноме животных открыло новые возможности для повышения продуктивного потенциала животных, что в свою очередь позволило увеличить перспективы отбора селекционируемого материала.

Большинство экономически важных признаков в животноводстве сложны и зависят от множества генов или локусов количественных признаков (QTL), разбросанных по геному, а также от различных факторов окружающей среды. В настоящее время определены генетические локусы количественного признака (Quantitative Trait Loci, QTL), которые связаны с одним признаком, но нередко располагаются на разных хромосомах. Генетическое предопределение продуктивности сельскохозяйственных животных можно рассмотреть иным вариантом при использовании «генов-кандидатов», которые должны содержать SNP, а также оказывать влияние на биохимические и физиологические процессы в организме (Yu. A. Kolosov, 2015). При этом, картированный ген сразу может рассматриваться как позиционный ген-кандидат (И.В. Рукин, 2013; М.А. Леонова, 2015).

Следовательно, получения более глубоких знаний о молекулярной архитектуре сложных QTL-локусов, вероятно, это может привести к новому пониманию эволюционных сил, которым подвергаются популяции. Это создаст новые возможности для более эффективной селекции с помощью маркеров (MAS, marker assisted selection), селекции/отбора с помощью генов (GAS, gene assisted selection), геномной селекции GS (genomic selection) (Т.Н.Е. Meuwissen, 2001; В. Grisart et al., 2002).

Маркерная селекция (MAS) – это метод, позволяющий проводить отбор животных по выявленным генотипам в генах, которые непосредственно влияют на проявление хозяйственно-полезного признака, либо связаны с QTL. Так, MAS основана на использовании маркеров с заменой последовательности нуклеотидов (SNP), что дает возможность отбирать животных по подходящим генотипам (генетическим маркерам).

По сравнению с фенотипическим отбором, технологии MAS имеют большую скорость генетического прироста или реакции. Это связано с тем, что информация о последовательности генов не зависит от окружающей среды и может быть доступна в раннем возрасте, что позволяет проводить ранний отбор (A.N. Naqvi, 2007; Н.А. Зиновьева и др., 2008; A. Grover, P. C. Sharma, 2016 ; A. K. Yadav и др., 2017). За рубежом определение экономического значения и востребованности рынком того или иного продукта животноводства является стратегической оценкой для маркерных генов. Поэтому важной частью национальных селекционных программ является повышение продуктивности у иностранных пород (M. Zhu, S. Zhao, 2007 ; A. Kominakis et al., 2017 ; H. Wilkie et al., 2017).

Инструменты маркерной селекции актуальны для признаков с низкой наследуемостью, и которые измеряются на поздних этапах жизни особи, а может даже в следующем поколении, особенно если они ограничены полом (например, данные о туше) (A.L. Van Eenennaam, 2006; О.В. Костюнина, 2011; А.В. Дейкин, 2015).

Как известно, из множества работ по изучению SNP в геноме, почти все известные гены имеют полиморфные участки, которые наиболее точно можно рассмотреть при анализе мутации, независимо от возможного появления новой неожиданной мутации (B.J. Hayes, H.A. Lewin, M.E. Goddard, 2013; Jeffrey O'Connell et al., 2016).

Некоторые SNP могут влиять на экспрессию генов как на трансляционном, так и на транскрипционном уровнях, в то время как другие могут усиливать, нарушать или отменять функцию белка (E.M. Ibeagha-Awemu, 2008). Кроме того, эффект одного полиморфизма может быть замаскирован взаимодействием с факторами

окружающей среды и другими генетическими факторами. Более того, эпигенетическое подавление генов, также называемое немутационной инактивацией генов, может передаваться от родительских клеток к дочерним клеткам, а гены, несущие эпимутацию, могут вызывать передачу морфологических фенотипов от поколения к поколению (A.R. Karpf, 2007 ; W.G. Nelson et al., 2007). В любом случае полиморфизм необходимо вначале идентифицировать, а его взаимосвязь с признаком или признаками должна быть обнаружена, прежде чем его можно будет применять в программах разведения.

Среди комплекса мероприятий, с помощью которого стало возможным изучение генома на уровне отдельных нуклеотидов, важная роль отводится методу секвенирования по Сэнгеру (А.А. Durmaz, 2015). Метод секвенирования позволяет установить последовательность нуклеотидов в ДНК и РНК, а также получить информацию о последовательности ДНК в качественном и количественном виде. Благодаря этому можно анализировать гены, объединенные участки ДНК, гематопоетический химеризм и смешанные генотипы в гетерогенных образцах (Н.А. Зиновьева и др., 2008; Яцык, О.А, 2018). Так, геном крупного рогатого скота - секвенирован в 2009 году, геном овцы - в 2012 году (А. В. Дейкин и др., 2015; М. И. Селионова и др., 2015; Яцык, О.А, 2018). Поэтому стало возможным исследовать огромное число генов у различных пород крупного и мелкого рогатого скота, птиц, других видов животных.

Наиболее значимым направлением практической генетики является маркер-ассоциированная селекция (Marker Assisted Selection, MAS), которая находит все большее применение в национальных селекционных программах большинства стран с развитым животноводством. Наибольшие успехи в этом направлении достигнуты в молочном скотоводстве. Выявлено значительное число генов, ассоциированных с молочной продуктивностью и качеством молока. (P.M. VanRaden, P.G. Sullivan, 2010). Например было выявлено, что гены каппа-казеина (*CSN3*), пролактина (*PRL*), соматотропина (*GH*), бета-лактоглобулина (*BLG*) ассоциируют с показателями молочной продуктивности (Z.L. Hu, 2019). Установлена связь между процентным содержанием молочного белка и

полиморфизмом гена *GH* у крупного рогатого скота (А. Lagziel et al., 1999) указывающая на роль гормона роста в регуляции роста молочной железы (К. Sejrsen et al., 2000; R.M. Akers, 2006). У симментальской и голштино-фризской пород была выявлена ассоциация между полиморфизмом *GH-Taql* и молочными признаками. Молоко коров голштинской породы с генотипом *BB* каппа-казеина показало более высокий сухой остаток и процентном содержании жира, высокий выход и короткое время свертывания, что важно при производстве сыра (V. Legarova, L. Kouřimská, 2010).

В результате генотипирования коров айрширской, ярославской, красной степной пород по генам *PRL*, *GH*, *Pit1* выявлены генотипы, контролирующие молочную продуктивность (М.И. Селионова, 2019). И.В. Лазебная и др. (2012) выявили зависимость молочной продуктивности ярославской породы крупного рогатого скота от полиморфизма генов гормона роста *bGH* и пролактина *bPRL*.

Изучение ассоциаций с мясной продуктивностью крупного рогатого скота, а также его тестирование по генам кальпаSTATIN-кальпаинового каскада (*CAPN1*, *CAST*), миостатина (*MSTN*), тиреоглобулина (*TG5*), ростового дифференцирующего фактора (*GDF5*), лептина (*LEP*), проводится в Америке, Европе, Австралии (В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов, 2018).

Многие исследования, проведенные на жвачных животных, подтверждают влияние *GH* на рост костной, мышечной и жировой ткани (G.H. Nua et al., 2009). Так, наличие в генотипе крупного рогатого скота аллелей *CAPN1-C* и *GH-V* сопровождалось более высоким значением всех послеубойных показателей, а также более высоким содержанием в мясе жира и белка, что, в свою очередь, определяет калорийность продукта (В. Плахтюкова, 2021).

Также была обнаружена связь вариаций в ДНК в экзоне 5 гена *GH1* (*Leu127Val*), связанных с признаками роста и отложением жира у крупного рогатого скота (А. Ardiyanti et al., 2009a; А. Ardiyanti et al., 2009b).

Установлена связь полиморфизма гена *LEP* с качеством туши и мяса у мясного скота (P.J. Kononoff, 2005). Также полиморфизмы в гене *LEP* крупного рогатого

скота были описаны R. Lagonigro et al. (2003) и J.D. Nkrumah et al. (2005), которые обнаружили связь с количеством потребляемого корма. E.R. Chung et al. (2008), H. Kulig and M. Kmiec (2009), de J.A. Oliveira et al. (2013) and J.Tian et al. (2013) выявили связь лептина с качеством мяса и характеристиками туши.

F.C. Buchanan et al. (2002) ассоциировал SNP гена *LEP* в экзоне 2 (*Arg* → *Cys*) с уровнями жира в туше крупного рогатого скота, где *T* аллель была связана с полнотой туши, *C* аллель с длиной туши.

В популяции свиней были изучены полиморфизмы большого числа генов на наличие SNP, в частности генов гамма-субъединицы протеинкиназы A (*PRKAG3*), гипофизарного транскрипционного фактора (*POU1F1*), рецептора меланокортина 4 (*MC4R*) и инсулиноподобного фактора роста 2 (*IGF2*), а также для выявления эффектов на показатели мясной продуктивности; исследован полиморфизм генов *RYR1* и *KPL2* на взаимосвязь с некоторыми наследственными заболеваниями (M.T. Ryan, 2012; Y. Song, 2016; Z. Wang, 2017). Известно, что у свиней ген лептин влияет как на мясные качества, так и на многоплодие, а также репродуктивное долголетие (L. Getmantseva, 2017; E.P. Berg, 2003).

Таким образом, анализ литературных данных свидетельствует, что развитие современных молекулярно-генетических методов будет способствовать существенному прогрессу в животноводстве, поскольку они откроют новые возможности, обеспечивающие повышение продуктивных показателей животных, а также позволят проводить селекцию животных на основе генетических особенностей.

1.4 Генетические маркеры в селекции овец

В отечественном овцеводстве подобные исследования получили развитие в последнее время. Хотя крупнейшие производители мяса-баранины, такие как Австралия и Новая Зеландия, эффективно реализуют программы по маркер-ориентированной и геномной селекции (S. Dominik, 2007).

В связи с повышенным интересом к производству ягнятины и молодой баранины предпочтение уделяется изучению генов, контролирующих мясную продуктивность. Многие гены-кандидаты были идентифицированы и отобраны для анализа на основе известной связи с признаками продуктивности.

Поэтому селекция на основе генетических маркеров продуктивности направлена на выявление животных с высоким генетическим потенциалом по приросту живой массы и качеству мяса (А.В. Дейкин и др., 2016). Следовательно, необходимо сконцентрировать внимание на исследовании генов, маркирующих мясную продуктивность.

В качестве потенциальных маркеров мясной продуктивности овец могут рассматриваться аллели генов соматотропина (*GH*) лептина (*LEP*) и миостаина (*MSTN*).

Соматотропная ось, как система контроля секреции гормона роста (*GH*) и его эндогенных факторов, которые регулируют метаболизм и распределение энергии, успешно принимают участие в получении экономически ценных качеств для животноводческой отрасли. Вместе с другими гормонами соматотропной оси *GH* может ускорять метаболизм и способствовать росту многих органов и тканей (А.А. Butler and D. Le Roith, 2001), которые непосредственно участвуют в стимулировании роста, роста белка и мышц, а также катаболизме жира (D. Chen et al., 2015).

Гормон роста (соматотропин, *GH*) – это пептид, кодируемый одним геном длиной около 2,5 КБ и состоящий из пяти экзонов и четырех промежуточных интронов (полипептидная цепь, состоящая из 191 аминокислотного остатка) (S.H.G. Wickramaratne et al., 2010). Он вырабатывается соматотропными клетками передней доли гипофиза циркадным и пульсирующим образом (J. Ayuk and M.C. Sheppard, 2006; А.В. Дейкин, 2016).

Соматотропин стимулирует поступление аминокислот в клетку, а также существенно повышает скорость синтеза белка вне зависимости от транспорта аминокислот (ускоренный синтез РНК на рибосомах). В то же время происходит мобилизации жиров из депо, распад высших жирных кислот и глюкозы в тканях.

Помимо активации анаболических процессов, гормон роста координирует и регулирует скорость протекания обменных процессов во всем организме, оказывая влияние на действие других гормонов (A.D. Malewa, 2014; Ю.А. Колосов, 2017). Поэтому у сельскохозяйственных животных перспективные гены-кандидаты для многих признаков находятся в оси гормона роста (Ishag et al., 2010).

Соматотропин стимулирует выработку гормонов, обеспечивающих нормальное функционирование клеток гранулезы, что в дальнейшем обеспечивает созревание биологически полноценной яйцеклетки (J.P. Folch et al., 2001).

При исследовании популяции иранских овец определили три полиморфных варианта (А, В и С) экзона V в гене *GH* (S. Yousefi et al., 2013). Частота аллеля В (0,39) была выше, чем аллелей А (0,32) или С (0,29). Однако результаты не показали значимой связи между скоростью ягнения и полиморфными вариантами гена *GH*. Гормон роста млекопитающих играет важную роль в постнатальном онтогенезе, росте тканей, лактации, а также в белковом, липидном и углеводном обмене.

J.L. Jia et al. (2014) выявили три новых SNP в гене *GH* овец, которые могут влиять на особенности роста (массу тела, длину тела, рост и массу сердца). E. Gootwine et al. (1993) считают, что дублированная копия гена гормона роста овец содержит полиморфизм PvuII во втором интроне. Замена *G1507C* приводит к изменению аминокислот (Gln>Tyr), оказывающему влияние на структуру белка *GH* и его биологическую функцию (Y. Takahashi, 1999).

В экспериментах на трансгенных животных показано, что суперэкспрессия гена *GH* приводит к ускоренному росту и развитию организма животного (L.R. Piper et al., 2001).

Кроме того, у овец обнаружен полиморфный для дублирования ген *GH* в форме двух аллелей, сегрегирующих в популяции: *GH1* с одной копией *GH-N* и *GH2*, содержащий как *GH2-N*, так и генные копии *GH2-Z*. Зрелые продукты этих двух копий гена отличаются по двум аминокислотам: одна замена в положении 9, в зоне второго рецептор-связывающего сайта молекулы *GH* (Gly заменен на Arg), другая – в положении 63, в составе первого сайта связывания (Gly заменен на Ser по аналогии с белком человека *GH*) (A.A. Kossiakoff, 2004).

У овец породы Макуэй (Макооёи) была выявлена ассоциация полиморфизма гена *GH* с признаками роста (живой массой при отъеме, в шести- и девятимесячном возрасте) (С. Moradian et al., 2013). У индонезийских овец, разводимых на территории Восточной Явы было выявлено, что генотип GH^{AB} имеет значительно более высокие темпы роста по сравнению с генотипом GH^{BB} , но более низкие – с генотипом GH^{AA} (A.D. Malewa, 2014). Были проведены исследования, направленные на выявление генетического полиморфизма в экзонах 2 и 3 гена *GH* египетских овец и коз, в результате чего выявили наличие SNP (G→A) в положении 55 в амплифицированном фрагменте, который отвечает за разрушение сайта рестрикции $GG^{\wedge}CC$ (E. Othman, 2015).

Одним из гормонов, ответственных за регуляцию жирового обмена, является лептин (*LEP*) – это белковый гормон, образуемый преимущественно адипоцитами. Ген *LEP* состоит из трех экзонов и двух интронов. Лептин секретируется белой жировой тканью и регулирует потребление пищи и энергетический метаболизм всего тела (A. Javanmard et al., 2008).

Лептин (*LEP*) можно рассматривать как один из лучших биологических маркеров, отражающих упитанность тела, как у животных так и у человека (M.R. Nassiry et al., 2007). Он играет важную роль в таких биологических процессах как регулирование воспроизводства и иммунной реакции; секретируется в кровоток, влияет на синтез посредников в гипоталамусе, регулирующих пищевое поведение. При повышенной концентрации лептина в молоке, получаемом новорожденными, обеспечивается лучший механизм терморегуляции, насыщение и гомеостатический эндокринногенный контроль (M. Bonnet et al, 2002; E.L. McFadin et al, 2002).

Лептин считается гормоном, регулирующим массу тела путем поддержания баланса между потреблением пищи и расходом энергии посредством передачи сигналов в мозг об изменениях уровня накопленной энергии (H. Zhou et al., 2009). Действительно, быстрое снижение концентрации лептина в плазме у животных, которые недоедают, может быть острым сигналом для стимуляции поведения возобновления кормления и секреции глюкокортикоидов, снижения

активности щитовидной железы, расхода энергии, синтеза белка, а также блокирования репродукции (R.S. Ahima et al., 1996). Сообщается также, что лептин подавляет секрецию *GH* (S.G. Roh et al., 2001).

В исследованиях D. Boucher (2006) был проведен поиск полиморфизмов и их ассоциаций с метаболическими процессами, ростом животных, мясными качествами овец пород суффолк, дорсет. В ходе работы автор выявил отрицательное влияние полиморфизма гена лептин (*A103G*) на рост мышечной ткани у ягнят породы суффолк. При изучении полиморфизмов в популяции овец трех аборигенных пород Ирана была определена значительная корреляция варианта гена *LEP* с характеристиками туши. Так, наличие SNP *A→G* у овец исследуемых популяций было ассоциировано с увеличением курдючного жира, но – снижением убойной массы. Однако исследование иранских овец не выявило какой-либо очевидной связи между SNP интрона 2 и признаками роста у этих животных (R. Varzehkar, 2009).

Аллельные варианты экзона III в гене лептин были упомянуты при изучении овец Новой Зеландии (H. Zhou et al. 2009). M. Tahmoogrespur et al. (2010) сообщают о выявленной связи лептина с признаками роста, живой массой овец породы балучи, разводимых на территории Западного Пакистана, Афганистана и Ирана. Ассоциативные связи аллельных вариантов *LEP* с признаками роста были обнаружены и у керманских овец (M. Shojaei et al. 2010).

R. Reicher et al. (2011) исследуя полиморфизм в экзоне 3 гена лептина у овец породы ассаф и улучшенной линии авасси выявили мутации нуклеотидных последовательностей *c.367G>T*, обозначенных как *c.387G>T*. Было обнаружено, что полиморфизмы, идентифицированные в экзоне 3 *LEP* у иранских овец связаны с массой тела (A. Najihosseino et al., 2012). Также исследования в кодирующих областях гена *LEP* подтвердили связь SNP с ростом мышц у саффолкских ягнят (D. Boucher et al., 2006).

Другое исследование нескольких пород овец (ромни, меринос, купворт, корридейл, полл дорсет, суффолк) идентифицировали три

несинонимичные замены (изменение аминокислоты) в экзоне 3 *LEP*, что может быть связано с концентрацией и функцией лептина (H. Zhou et al., 2009).

В популяции иранских овец были выявлены два полиморфизма в интроне 2 гена *LEP* и их связь с живой массой, массой туши (R. Barzehkar et al., 2009). Полиморфизм в гене *LEP* у овец также обсуждался H. Zhou et al. (2009), и его связь с признаками роста была описана R. Barzehkar et al. (2009), M. Tahmoorespur et al. (2010), M. Shojaei et al. (2010), and A. Hajhosseinlo et al. (2012).

Очевидно, что маркерная селекция позволит повысить экономическую рентабельность производства баранины (S. Dominik и др., 2007 ; A. Y. Masri и др., 2010; Ю.А. Юлдашбаев, 2016).

Одним из наиболее перспективных генов, влияющих на показатели мясной продуктивности, является ген миостатина (*MSTN*) (T. Sjakste, 2011). Белок, кодируемый этим геном, синтезируется в качестве белка-предшественника и тормозит развитие мышечных тканей. Миостатин – отрицательный регулятор роста и развития мышц (Т. Т. Глазко, А. Б. Комаров, Е. В. Борзаковская, 2008). Ген миостатин состоит из 376 аминокислот, расположен на хромосоме 2 генома овец. Ген миостатин состоит из трех экзонов и двух интронов у всех изученных видов животных (R. Bellige et al., 2005).

При блокировании действия миостатина (*MSTN*) наблюдается не только увеличение мускулатуры, но и увеличение силовых характеристик скелетных мышц (M. Thomas et al., 2000; S. Bogdanovich et al., 2002; S. M. Roth et al. 2003; M. Ahani Azari, 2012). Овцы, имеющие два полиморфных варианта гена миостатина имеют до 10 % больше мышечной массы и на 10% меньше жира в туше. Однонуклеотидные полиморфизмы в этом гене, в некоторых случаях, влияют на скорость роста, репродуктивные показатели. У норвежской породы овец были обнаружены мутации в кодирующей области гена миостатина, связанные с типом конституции и упитанностью (W. Hu, 2013). Исследования овец исчезающей породы Южной Индии нилагири, направленные на выявление полиморфизма в экзоне 3 гена *MSTN* показали, что генотипы распределялись следующим образом: MM (0,689) и Mm (0,311) при полном отсутствии генотипа mm (A.R. Sahu, 2019).

Также мутации в пределах фрагмента гена миостатина приводили к мышечной гипертрофии у нескольких пород крупного рогатого скота (R. Kambadur et al., 1997).

В связи с вышесказанным в анализе данных источников литературы и сравнив с решением поставленных в диссертационной работе задач, можем сделать заключение о правильности подхода к выбору направления исследований. А поскольку их постановка направлена на изучение полиморфизма генов *GH*, *LEP*, *MSTN*, анализа ассоциаций с показателями мясной продуктивности у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная, то данная тема актуальна.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Изучаемое поголовье овец, природно-климатические условия его локализации

Экспериментальная часть исследований проводилась в условиях племенных хозяйств Ставропольского края: СПК колхоза-племзавода им. Ленина Арзгирского района и СПК ПЗ «Восток» Степновского района. В настоящей работе представлены результаты научных исследований в период с 2016 по 2019 годы.

Сферы деятельности СПК колхоза – племзавода им. Ленина охватывают отрасли племенного животноводства и производства, переработки растениеводческой продукции.

СПК колхоз-племзавод им. Ленина Арзгирского района имеет статус племзавода по разведению овец тонкорунной породы советский меринос и является ведущим в крае и на юге России по разведению овец этой породы. Благодаря работе специалистов и ученых за последние годы произошло увеличение количества и качества шерсти, улучшено качество баранины после завоза австралийских мериносов.

Со всех сторон животноводческие фермы окружены территориями пастбищных угодий, которые подвержены повышенной нагрузке из-за выпаса животных. Общая земельная площадь СПК ПЗ «Восток» составляет 36787 га, в том числе сельскохозяйственных угодий – 35071 га, из них пашня – 24054 га, пастбища – 11017 га.

Растительность естественных пастбищ представлена злаково-типчаково-бурьянистыми группировками, но также имеется и полевое кормопроизводство на территории предприятия. В совокупности, наличие обширной территории естественных пастбищ при условии, что в полеводстве соблюдается севооборот, хозяйство может в полном объеме обеспечивать поголовье кормами. Хозяйство и в дальнейшем планирует проведение работ по коренному улучшению естественных пастбищ, которые ведутся в настоящее время.

В период от четырех - до шестимесячного возраста для овец помимо выпаса на естественных пастбищах рацион дополняли концентрированные корма (дёрть ячменная – 300 г/сутки). Кормление молодняка с шести - до девятимесячного возраста осуществлялось следующим набором кормов: сено разнотравное - 1,0 кг, дёрть пшеничная - 0,3 кг.

СПК племзавод «Восток» Степновского района находится в юго-восточной засушливой зоне Ставропольского края, что, вероятно, предопределило преимущественное развитие овцеводства и полеводства.

СПК племзавод «Восток» является селекционно-генетическим центром и занимается разведением овец полутонкорунной породы северокавказская мясо-шерстная. Помимо товарной продукции овцеводства в хозяйстве производят (доля зерновых и технических культур в общих посевах составляет 48%) и реализуют (продажа пшеницы) растениеводческую продукцию.

В настоящее время земельная площадь племзавода составляет 22748 га, в том числе пашни – 20027 га. Небольшие территории растительного покрова выгонно - пастбищных угодий и сенокосов представлены следующим: значительные площади заняты кострами, небольшие массивы – пыреем, меньшие территории – злакосмесями и полынью. Естественных водоемов и рек нет, а грунтовые воды залегают на глубине 50-60 м и имеют горько-солёный вкус. Поэтому источниками водоснабжения питьевой водой являются артезианские скважины глубиной 200 – 250 м. Несмотря на некоторые сложности предприятие обеспечивает поголовье кормовой базой.

После отъема и до шестимесячного возраста животные находились на естественных пастбищах. Рацион кормления с шести- до девятимесячного возраста состоял из сена суданки (1,5 кг), зерносмеси (ячмень+овес+пшеница – 0,5 кг).

Исследования проводились согласно общей схеме исследований на рисунке 5.



Рисунок 5 – Общая схема исследований

Объектом исследования являлись молодняк овец (ярки) породы советский меринос, разводимые на территории СПК колхоза-племзавода им. Ленина Арзгирского района Ставропольского края; северокавказской мясо-шерстной породы, разводимые в условиях СПК «Восток» Степновского района Ставропольского края.

Всего в исследовании участвовало 60 животных (ярки по 30 голов каждой породы) в возрасте от рождения до девяти месяцев. Исследуемые животные были клинически здоровы, находились в оптимальных условиях, отвечающих зоотехническим нормам и зоогигиеническим требованиям.

2.2 Методики генотипирования и биохимических исследований

Отбор генетического материала осуществляли у овец в возрасте четырех месяцев. В качестве биоматериала для проведения ДНК-генотипирования у овец использовали кровь. Всего было отобрано 60 проб (у овец породы северокавказская мясо-шерстная – 30 проб и советский меринос – 30 проб) (Скорых Л.Н., 2020). Лабораторные исследования проводили на базе ФКУЗ Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт.

Выделение ДНК. В качестве биоматериала для проведения ДНК-генотипирования у овец использовалась кровь, забор которой был выполнен в асептических условиях из яремной вены. Пробы крови отбирали в закрытые системы забора крови S-Monovette® производства SARSTEDT (Германия) с антикоагулянтом ЭДТА. Выделение ДНК проводили методом нуклеосорбции с использованием сертифицированного набора «ДНК сорб – В» (ИнтерЛабСервис, Россия).

Постановка ПЦР. Для постановки ПЦР использовали реагенты производства «ИнтерЛабСервис» (Россия): смесь дНТФ, воск для ПЦР 15% (температура плавления 37 °С), ПЦР-смесь-2 red (2,5-кратный ПЦР-буфер, крезоловый красный, 5,5 мМ MgCl₂). Олигонуклеотидные праймеры для

амплификации участков генов *GH* (Ibrahim M. Farag, 2016), *LEP* (A.S. Meena, 2016) и *MSTN* (M. Ahani Azari, 2012) представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Последовательность олигонуклеотидных праймеров для амплификации участков генов *GH*, *LEP* и *MSTN*

Ген	Праймер	Рестриктаза	Длина фрагмента, п.н.
<i>GH</i>	F: 5'-GAAACCTCCTTCCTCGCCC-3' R: 5'- CCAGGGTCTAGGAAGCCACA-3'	HaeIII	365 п.н.
<i>LEP</i>	F: 5'- AGGAAGCACCTCTACGCTC -3 ', R: 5'- CTTCAAGGCTTCAGCACC -3 '	OliI	471 п.н.
<i>MSTN</i>	F: 5'-CCGGAGAGACTTTGGGCTTGA-3' R: 5'- TCATGAGCACCCACAGCGGT-3'	HaeIII	337 п.н.

Для всех исследованных SNP были выбраны комбинации пар праймеров, приводящие только к одному специфическому сигналу амплификации. Амплификацию проводили на термоциклере планшетного типа («Bio-Rad», США) используя условия, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Условия проведения амплификации для генов *GH*, *LEP* и *MSTN*

Ген	<i>GH</i>			<i>LEP</i>			<i>MSTN</i>		
	t, °C	Время	Кол-во циклов	t, °C	Время	Кол-во циклов	t, °C	Время	Кол-во циклов
Удержание температуры	94	5 мин	1	94	5 мин	1	94		1
Циклирование	95	30 сек	35	94	30 сек	35	94	60 сек	35
	65	30 сек		59	30 сек		59	60 сек	
	72	45 сек		72	30 сек		72	2 мин	
Завершающая элонгация	72	5 мин	1	72	5 мин	1	72	4 мин	1

При оценке размера получаемых ампликонов руководствовались результатами предыдущих исследований. Размер полученных ампликонов определяли с помощью набора «Комплект реагентов для электрофоретической детекции в агарозном геле» и ДНК маркера молекулярного веса 50 п.н. («ИнтерЛабСервис», Россия).

Очистку ПЦР-продуктов осуществляли с помощью набора реагентов Agencourt AMPure XP («Beckman Coulter Inc», США).

Секвенирование ДНК. Секвенирование осуществляли с использованием генетического анализатора ABI PRISM 3500 Genetic Analyzer.

Реакцию секвенирования проводили с использованием набора реагентов BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit в соответствии с инструкцией производителя на прямых и обратных праймерах. Продукты реакции очищали преципитацией 75 % изопропиловым спиртом. Пробы исследовали с помощью генетического анализатора ABI PRISM 3500 Genetic Analyzer (США).

После секвенирования фрагменты сопоставляли с нуклеотидными последовательностями, представленными в международной базе данных – с референсным геном *Ovis aries* сборка Oar_v4.0 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>, дата обращения 12.05.2021). Для описания обнаруженных SNP использовалась номенклатура HGVS (Human Genome Variation Society), которая применялась относительно локализаций на хромосоме NC_019468.2 гена *GH* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>, дата обращения 12.05.2021), NC_019461.2 гена *LEP* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>, дата обращения 12.05.2021), NC_019459.2 гена *MSTN* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>, дата обращения 12.05.2021).

Биохимические исследования. Проведение биохимических исследований проводилось в лаборатории ветеринарной медицины ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Образцы крови у исследуемых животных отбирали из яремной вены в утренние часы до кормления в возрасте 4 и 9 месяцев в закрытые системы забора крови S-Monovette® производства SARSTEDT (Германия) с антикоагулянтом ЭДТА.

Биохимические исследования проведены согласно установленным методикам: - уровень общего белка в сыворотке крови оценивали на рефрактометре RL (POLAND);

- концентрацию белковых фракций посредством использования фотонейфелометрического метода;

- содержание мочевины учитывалось с помощью набора реактивов «ДИАХИМ - МОЧЕВИНА»;

содержание креатинина, уровень общих липидов, активность трансаминаз (аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы) измеряли набором реактивов «Lachema». Определение уровня глюкозы проводилось с использованием набора реактивов «ГЛЮКОЗА – ФКД».

Показатели естественной резистентности (БАСК, ЛАСК) изучали на основании методических рекомендаций СНИИЖК (2013).

2.3 Оценка продуктивных качеств и методы их исследования

Большое количество показателей выявлено при проведении исследований в соответствии с методиками исследований, рекомендованными СНИИЖК: особенности роста и развития характеризовались по результатам динамики живой массы, приростов, статей экстерьера, индексов телосложения; формирование мясной продуктивности оценивалось на основании проведения контрольного убоя, товарной оценки туш, качества мяса.

Динамику живой массы устанавливали по результатам индивидуального взвешивания молодняка овец в следующие возрастные периоды: при рождении, в четырех - и девятимесячном возрасте (при рождении - с точностью до 0,1 кг, в дальнейшем - с точностью до 0,5 кг).

Оценку экстерьерных особенностей определяли путем измерения следующих промеров, характеризующих общее развитие животных в возрасте девяти месяцев: высоту в холке, глубину груди, косую длину туловища, высоту в крестце определяли, используя мерную палку; обхват груди, обхват пясти измеряли мерной

лентой; ширину груди фиксировали с применением циркуля. Чтобы провести более полный анализ о степени развития животных на основании изученных промеров вычислялись индексы телосложения, в частности грудной, сбитости, массивности, перерослости, костистости, длинноногости, растянутости.

В возрасте 9 месяцев рассмотрены показатели мясной продуктивности изучали вследствие выполнения контрольного убоя исследуемых животных. В период выполнения исследований использовалась методика «Методика оценки мясной продуктивности овец», разработанная СНИИЖК (2009). Убой трех животных девятимесячного возраста по каждому генотипу проводили после 24-часового периода голодания. При проведении контрольного убоя производили отбор проб мяса с длиннейшей мышцы спины, чтобы в последующем установить химический анализ мышечной ткани (влага, белок, жир, зола) и выполнить гистологические исследования.

В рамках исследования мясной продуктивности учитывались следующие показатели: предубойная живая масса, убойная масса, масса парной туши, масса внутреннего жира, определялись интерьерные параметры - масса внутренних органов (печень, селезёнка, лёгкие, сердце, почки).

Оценка морфологического состава осуществлялась с учетом использования действующего ГОСТ Р - 52843-2007 «Овцы и козы для убоя. Баранина, ягнятина и козлятина в тушах». Определение сортовой принадлежности мяса выполнялось после проведения обвалки туш, анализа соотношения мякоти к костям и расчетом коэффициента мясности.

Согласно методическим указаниям «Способ гистологической оценки качественных показателей мясной продуктивности овец с учетом морфоструктуры тканей» СНИИЖК (2010) проводили гистологические исследования длиннейшей мышцы спины. После отбора образцов длиннейшей мышцы спины (на уровне 10–12 ребра охлажденной правой полутуши) каждую пробу этикетировали и фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина. Впоследствии выполнялось уплотнение с помощью заливки в желатин. Срезы (толщина 7–8 мкм) получали на замораживающем микротоме. Структурные компоненты мышечной ткани

обнаруживали посредством применения методов окраски гематоксилином-эозином, соединительной ткани - по Ван-Гизону, жировой ткани - Суданом III. Гистологические результаты описывали и регистрировали при увеличении окуляра на $\times 10$, и объектива на $\times 4$, $\times 10$ и $\times 40$. Микрофотосъемку гистологических препаратов проводили с использованием фотокамеры Canon Power Shot A 460 IS. Фотосъемку микропрепаратов проводили с помощью цифровой камеры (видеоокуляр) Scopetek DCM510 для микроскопа. При исследовании установлены значения следующих показателей: количество мышечных волокон, диаметр мышечного волокна, соотношение мышечной и соединительной ткани.

Экономическое обоснование выращивания молодняка овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная с разными генотипами определялось следующими критериями: живая масса, затраты на содержание животных, прибыль. Важным показателем прибыльности производства продукции является уровень рентабельности. Реализационная стоимость складывалась из фактических реализационных рыночных цен племенного молодняка, которые установились на момент проведения исследований. При расчете затрат на содержание одной головы животного руководствовались данными бухгалтерского учета и, поскольку, животные находились в одинаковых условиях содержания, то эта сумма не отличалась для всех групп по изучаемым генотипам.

2.4 Оценка генетической структуры популяций овец

Дальнейшая оценка показателей животных проводилась на основе генетико-статистического анализа по биохимическому полиморфизму (Л.В. Ольховской и др, 2007).

Частоту встречаемости генотипов рассчитывали по формуле, представленной ниже:

$$P = \frac{n}{N},$$

где P – частота генотипа; n – количество животных, определенного генотипа; N – общее число животных.

Частота аллеля (отношение аллеля к общему аллелю в локусе в популяции).

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле, представленной ниже:

$$q_A = \frac{2n_{AA} + n_{AB}}{2N},$$

$$q_B = \frac{2n_{BB} + n_{AB}}{2N},$$

где q_A – частота аллеля А; q_B – частота аллеля В; N – общее число аллелей.

Применение закона Харди-Вайнберга применен для установления сохранности генного равновесия в исследуемой группе животных по полиморфным участкам.

Теоретически ожидаемое число животных (N) рассчитывали по формуле:

$$N_j^i = P_i^2 N \text{ – для гомозигот,} \quad N_j^i = P_i P_j 2N \text{ – для гетерозигот,}$$

где P_i и P_j – частота аллелей; N – общее количество животных.

Уровень полиморфности и степень гомозиготности (гетерозиготности) вычисляют по каждому локусу для оценки степени генетического разнообразия популяций и пород.

Число эффективных аллелей (уровень полиморфности) рассчитывали по формуле:

$$Na = \frac{1}{c_a} ,$$

где c_a - коэффициент гомозиготности, рассчитанный по формуле, предложенной А. Robertson (1975):

$$c_a = \sum_{i=1}^n p_i^2 ,$$

где p_i^2 – квадраты частот аллелей локуса.

Наблюдаемую гетерозиготность (H_o) рассчитывали как отношение числа гетерозигот к общему числу исследованных животных по формуле:

$$H_o = 1/n \sum h_i$$

где n – количество животных; h_i – количество гетерозигот.

Ожидаемую гетерозиготность (H_e) рассчитывали по формуле:

$$H_e = 1 - \sum_i^n p_i^2,$$

где p_i^2 – квадраты частот аллелей локуса; n_i – общее число аллелей во всех локусах.

Индекс фиксации (F_{is}) рассчитывали по формуле:

$$F_{is} = \frac{H_e - H_o}{H_e},$$

где H_o – наблюдаемая гетерозиготность,

H_e – ожидаемая гетерозиготность.

Генное разнообразие (h) или степень гетерозиготности рассчитывали по формуле Nei и Kumar (2000):

$$h = \frac{2n(1 - \sum x_i^2)}{2n - 1} * 100\%,$$

где x_i – частота аллелей

n – общее число животных

В простой форме для биаллельного маркера величина PIC может быть рассчитана подобно гетерозиготности.

Меру информационного полиморфизма (PIC) рассчитывали по формуле:

$$PIC = 1 - \sum P_i^2,$$

где i — i -й аллель определенного маркера,

P — частота аллелей.

Чтобы оценить значимость определенных различий между генотипами, обусловленных действием естественного отбора или селекции вычисляли критерий χ^2 (критерий соответствия К. Пирсона, 1990) по формуле, представленной ниже:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\Phi - T)^2}{T},$$

где Φ – фактически наблюдаемое число животных ,

T – теоретически ожидаемое число животных каждого генотипа.

2.5 Математические методы анализа при обработке экспериментальных данных

Для выяснения влияния того или иного генотипа на значения исследуемых признаков был применен дисперсионный анализ с использованием табличного процессора MS Excel и интегрированного математического пакета Matlab.

В результате выполнения процедуры дисперсионного анализа получили следующие интересующие нас величины:

SS_A – факториальная (межгрупповая) дисперсия – сумма взвешенных квадратов центральных отклонений частных средних по градациям от общей средней по всему комплексу;

SS_E – случайная (внутригрупповая) дисперсия – сумма квадратов центральных отклонений значений результирующего признака от своей частной средней;

SS_T – общая дисперсия – сумма квадратов центральных отклонений значений результирующего признака от общей средней по всему комплексу;

F – тестовая F-статистика, имеющая распределение Фишера;

p – вероятность ошибки первого рода (p-значение);

F_{st} – стандартное значение критерия Фишера.

Если выполняется условие:

$$\begin{cases} F \geq F_{st} \\ p < \alpha \end{cases}, \quad (1)$$

то есть все основания для отклонения нулевой гипотезы и принятия альтернативной. Если условие (1) не выполняется, то принимается нулевая гипотеза.

На основании дисперсионного анализа рассчитывается сила влияния фактора на результирующий признак. Показатель силы влияния рассчитывается с помощью выражения:

$$\eta_x^2 = \frac{SS_A}{SS_T}. \quad (2)$$

Ошибка показателя силы влияния в однофакторном дисперсионном комплексе определяется выражением:

$$m_{\eta_x^2} = (1 - \eta_x^2) \frac{r-1}{N-r}, \quad (3)$$

где N – общий объем дисперсионного комплекса (в нашем случае $N=30$); r – количество градаций фактора.

Заключительным показателем дисперсионного анализа является показатель достоверности силы влияния, определяемый выражением:

$$F_\eta = \frac{SS_A}{SS_E} \cdot \frac{N-r}{r-1} \geq F_{st}, \quad (4)$$

Влияние фактора (принадлежность к разным генотипам) на значение результирующего признака (живая масса, среднесуточный прирост живой массы) считается достоверным, если для соответствующего заданному уровню значимости (α) значению F_{st} выполняется неравенство (4).

Материалы исследований обрабатывались биометрическим способом сумм по общепринятой методике Е.К. Меркурьевой (1964), Н.А. Плохинскому (1969), а также методом вариационной статистики по Стьюденту с помощью программы BIOSTAT, в пределах следующих уровней значимости: $p < 0,001$; $p < 0,05$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Результаты секвенирования и частота аллельных вариантов в генах *GH*, *LEP* и *MSTN*

По результатам секвенирования образцов ДНК идентифицировали миссенс-мутацию расположенную в экзоне V гена *GH*, которая привела к замене Arg → Gln (с.321C>T); миссенс-мутацию экзона III гена *LEP*, ответственная за замену Val → Leu (с.387G>T); синонимичную замену в экзоне III гена *MSTN* (с.212C>A) (Сафонова Н.С., 2021; Скорых Л.Н., 2021).

На основании данных секвенирования определена частота аллельных вариантов генов *GH*, *LEP* и *MSTN* у овец пород северокавказская мясо-шерстная и советский меринос (аллели GH^G и GH^T ; LEP^C и LEP^T ; $MSTN^C$ и $MSTN^A$) (Сафонова Н.С., 2019; Сафонова Н.С., 2021; Скорых Л.Н., 2022).

В процессе молекулярно-генетического анализа фрагмента экзона V гена *GH* выявлено, что у овец породы советский меринос частота встречаемости референсного аллеля GH^C в 2,3 раза превысила частоту встречаемости мутантного аллеля GH^T (таблица 3) (Сафонова Н.С., 2019; Селионова М.И., 2019).

Таблица 3 – Частота аллелей и генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* овец породы советский меринос

Показатель	Ген								
	<i>GH</i>			<i>LEP</i>			<i>MSTN</i>		
			<i>n</i>			<i>n</i>			<i>n</i>
Частота генотипов, %	<i>CC</i>	53,3	16	<i>GG</i>	73,3	22	<i>CC</i>	70,0	22
	<i>CT</i>	33,3	10	<i>GT</i>	26,7	8	<i>CA</i>	20,0	5
	<i>TT</i>	13,4	4	<i>TT</i>	0	0	<i>AA</i>	10,0	3
Частота аллелей	<i>C</i>	0,70		<i>G</i>	0,86		<i>C</i>	0,82	
	<i>T</i>	0,30		<i>T</i>	0,14		<i>A</i>	0,18	
Число эффективных аллелей, %	1,72			1,32			1,42		

При рассмотрении структуры гена *LEP* установлено, что наиболее распространенным является референсный аллель *LEP^G*, его частота встречаемости у овец пород советский меринос в 6,1 раза выше частоты встречаемости мутантного аллеля *LEP^T*.

Исследование фрагмента экзона III гена *MSTN* у овец породы советский меринос позволило выявить частоту встречаемости референсного аллеля *MSTN^C* в 4,6 раза выше, чем частота встречаемости мутантного аллеля *MSTN^A* (таблица 4). Аналогичный результат был отражен в исследовании полиморфизма санджабских овец (B. Soufy, 2009).

Анализ данных по числу эффективных аллелей у овец породы советский меринос свидетельствует о большем их количестве, выявленном в гене *GH* – 1,72%, относительно генов *LEP* – 1,32 % и *MSTN* – 1,42 %, превышающем на 0,41 и 0,30 %.

Далее исследовали фрагмент экзона V гена *GH* у овец породы северокавказская мясо-шерстная, где частота встречаемости референсного аллеля *GH^C* в 2,2 раза превысила частоту встречаемости мутантного аллеля *GH^T* (таблица 4) (Скорых Л.Н., 2020).

Таблица 4 – Частота аллелей и генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* овец породы северокавказская мясо-шерстная

Показатель	Ген							
	<i>GH</i>		<i>n</i>	<i>LEP</i>		<i>n</i>	<i>MSTN</i>	
Частота генотипов, %	<i>CC</i>	53,3	16	<i>GG</i>	60,0	18	<i>CC</i>	100,0
	<i>CT</i>	30,0	9	<i>GT</i>	26,7	8	<i>CA</i>	0
	<i>TT</i>	16,7	5	<i>TT</i>	13,3	4	<i>AA</i>	0
Частота аллелей	<i>C</i>	0,68		<i>G</i>	0,73		<i>C</i>	1,0
	<i>T</i>	0,32		<i>T</i>	0,27		<i>A</i>	0
Число эффективных аллелей, %	1,77			1,65			-	

У овец породы северокавказская мясо-шерстная референсный аллель *LEP^G* гена *LEP* встречается в 2,7 раза чаще, чем мутантный аллель *LEP^T* (Скорых Л.Н., 2020). Похожий результат по обнаружению замены *G387T* был установлен в

исследованиях популяции овец эдильбаевской породы, где отсутствовал генотип LEP^{TT} (Р.Ю. Сенина, 2020). Кроме того, зарубежными исследователями ранее сообщалось об обнаружении замены $G387T$ у новозеландских мериносов, овец пород ромни марш, купворт, корридейл, полл дорсет, суффолк (Н. Zhou, J.G.H. Hickford, H. Gong, 2009).

Исследования фрагмента экзона III гена миостатина у овец породы северокавказская мясо-шерстная показали, что на данном участке гена $MSTN$ не обнаружены SNP. Подобный результат мономорфного состояния части гена $MSTN$ наблюдался у иранских каракульских овец Эфтехари Шахруди (F. Eftekhari Shahrudi, 2006), Далагских овец (M. Ahani Azari, 2012) и овец болгарской молочной породы (S. Georgieva, 2015).

Число эффективных аллелей у овец породы северокавказская мясо-шерстная было наибольшим в гене GH – 1,77 %, что на 0,12 % выше, чем в гене LEP .

Поскольку большинство экономически важных признаков в животноводстве сложны и зависят от множества генов или локусов количественных признаков, то нами установлена частота встречаемости комплексных желательных генотипов в изучаемой популяции овец (таблица 5).

Таблица 5 – Частота встречаемости комплексных генотипов овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная, %

Советский меринос			
$GH^{CC} LEP^{GG} MSTN^{CC}$	23,33	$GH^{CT} LEP^{GG} MSTN^{CC}$	10,0
$GH^{CC} LEP^{GT} MSTN^{CC}$	10,0	$GH^{CT} LEP^{GG} MSTN^{CA}$	3,33
$GH^{CC} LEP^{GT} MSTN^{CA}$	10,0	$GH^{CT} LEP^{GT} MSTN^{CC}$	10,0
$GH^{CC} LEP^{GT} MSTN^{AA}$	3,33	$GH^{TT} LEP^{GG} MSTN^{CC}$	10,0
Северокавказская мясо-шерстная			
$GH^{CC} LEP^{GG}$	26,66	$GH^{CT} LEP^{GG}$	23,33
$GH^{CC} LEP^{GT}$	20,0	$GH^{CT} LEP^{GT}$	6,67

Наиболее часто встречались ярки породы советский меринос с комплексным генотипом $GH^{CC}LEP^{GG}MSTN^{CC}$ – 23,33 %, при этом число носителей желательных генотипов $GH^{CT}LEP^{GT}MSTN^{CC}$ составило – 10,0 %. Больше число животных породы северокавказская мясо-шерстная вывлено по комплексу генотипов $GH^{CC}LEP^{GG}$ (26,66 %), тогда как ярки с желательными генотипами $GH^{CT}LEP^{GT}$ – 6,67 %.

Поскольку обнаруженные мутации были выявлены в двух исследуемых породах, что имеет высокую практическую значимость, то при проведении маркер-ориентированной селекции это позволит выявлять данные генетические маркеры для увеличения мясной продуктивности у овец пород северокавказская мясо-шерстная и советский меринос.

3.2 Генетическая структура популяций овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная по молекулярно-генетическим маркерам

Молекулярные маркеры стали эффективным инструментом и средством, с помощью которого можно оценить, описать внутривидовое генетическое разнообразие. Для более глубокого анализа нами проведён генетико-статистический анализ данных по генам GH , LEP , $MSTN$ у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная (таблица 6).

Таблица 6 – Уровень гетерозиготности по генам GH , LEP и $MSTN$ у овец породы советский меринос

Ген	Фактическое количество гетерозигот, гол.	Теоретически ожидаемое количество гетерозигот, гол.	Ho*	He**	Тест гетерозиготности
<i>GH</i>	10	12,6	0,33	0,42	– 0,09 Ho<He
<i>LEP</i>	8	7,2	0,27	0,24	0,03 Ho>He
<i>MSTN</i>	5	8,9	0,167	0,296	– 0,13 Ho<He

* – наблюдаемая гетерозиготность; ** – теоретически ожидаемая гетерозиготность

Отрицательные значения теста гетерозиготности по генам *GH* (-0,09) и *MSTN* (-0,13) указывают на недостаток количества гетерозигот по локусам изучаемых генов относительно фактически полученных данных.

Важно отметить, что положительное значение теста гетерозиготности было по гену *LEP* (0,03) у овец породы советский меринос.

Подобный результат наблюдался у овец породы северокавказская мясо-шерстная (таблица 7).

Таблица 7 – Уровень гетерозиготности по генам *GH*, *LEP* у овец породы северокавказская мясо-шерстная

Ген	Фактическое количество гетерозигот, гол.	Теоретически ожидаемое количество гетерозигот, гол.	Ho*	He**	Тест гетерозиготности
<i>GH</i>	9	13,06	0,30	0,44	- 0,14 Ho<He
<i>LEP</i>	8	11,83	0,27	0,40	- 0,13 Ho>He

* – наблюдаемая гетерозиготность; ** – теоретически ожидаемая гетерозиготность

Значение уровня гомозиготности (Ca) во многих случаях используется для проведения генетико-статистического анализа поскольку этот показатель не привязан к размеру выборки (таблица 8).

Таблица 8 – Уровень гомозиготности по генам *GH*, *LEP* и *MSTN* у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная

Ген	<i>GH</i>		<i>LEP</i>		<i>MSTN</i>	
	<i>CC</i>	<i>TT</i>	<i>GG</i>	<i>TT</i>	<i>CC</i>	<i>AA</i>
Советский меринос						
Кол-во животных	16	4	22	0	22	3
Ca,%	58,0		76,0		70,4	
Северокавказская мясо-шерстная						
Кол-во животных	16	5	18	4	30	-
Ca,%	56,4		60,6		-	

Степень гомозиготности по генам *GH*, *LEP* и *MSTN* распределилась в диапазоне 56,4 – 76,0%, что является хорошей предпосылкой генетической

изменчивости. Выявленная закономерность свидетельствует, о том, что повышение ожидаемого значения S_a по исследуемым породам соответствует большему числу эффективных аллелей в генотипах. Отсюда следует, что генетическое разнообразие в популяции будет возрастать.

Далее было проанализировано полученное значение критерия соответствия Пирсона (χ^2). Приняв число степеней – 1 и уровень значимости $\alpha = 0,05$, по гену LEP у изучаемых пород распределение аллелей в генотипе овец достоверно и сдвига генетического равновесия в анализируемой популяции не установлено (таблица 9).

Таблица 9 – Показатели генетической структуры исследуемых пород овец

Показатель	Порода				
	Советский меринос			Северокавказская мясо-шерстная	
	Ген				
	<i>GH</i>	<i>LEP</i>	<i>MSTN</i>	<i>GH</i>	<i>LEP</i>
χ^2	0,116	0,087	2,71	0,29	0,51
Индекс фиксации (Fis)	0,214	0,125	0,436	0,312	0,315
Степень гетерозиготности (h) %	42,7	24,4	30,1	44,3	40,0
Мера информационного полиморфизма (PIC)	0,42	0,24	0,296	0,40	0,44

Аналогичная ситуация наблюдается по генам GH и $MSTN$, где χ^2 также не превышает критического табличного значения. Выявленная закономерность свидетельствует, что исследуемые популяции овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная находились в генетическом равновесии по изучаемым генам.

Анализируя полученные данные при вычислении индекса фиксации у изучаемых пород овец делаем заключение о генетической идентичности животных, относящихся к одному виду.

При рассмотрении коэффициента степени гетерозиготности (генного разнообразия, h) выявлены более высокие значения по локусу гена *GH* (44,3 и 42,7 %), в тоже время меньшее числовое значение изучаемого показателя обнаружено по локусу гена *MSTN* – 30,1 % и по локусу гена *LEP* – 44,3 и 24,4 %.

В связи со значением PIS , можем предположить, что изучаемые мутации по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная могут устанавливать полиморфизм в популяции, если использовать их как маркер мясной продуктивности.

Считается, что вид без достаточного генетического разнообразия не способен справиться с изменяющейся средой или эволюционирующими конкурентами (N. Askari, 2011; R. Khodabakhshzadeh, 2016). Поэтому так важно, чтобы в популяции было достаточно генетических вариаций, которые могут дать индивидууму лучшую продуктивную способность и повысить его частоту в популяции.

Обобщая вышесказанное, относительно генетико-статистического анализа по генам *GH*, *LEP* и *MSTN*, подтверждается наша гипотеза о наличии генетического потенциала для улучшения производства баранины у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная.

3.3 Ассоциация полиморфизма в генах *GH*, *LEP*, *MSTN* с показателями продуктивности и биологическими особенностями овец породы советский меринос

3.3.1 Ассоциация полиморфизма в генах *GH*, *LEP*, *MSTN* с показателями роста и телосложения овец породы советский меринос

Дальнейшие исследования направлены на выявление связи полиморфных вариантов гена соматотропина с интенсивностью роста. Установленное наличие гетерозиготного генотипа GH^{CT} у ярок породы советский меринос оказывает положительное влияние на темпы роста молодняка (таблица 10).

Таблица 10 – Динамика роста овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *GH*

Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса при отъеме, кг	Живая масса в 9 месяцев, кг
<i>GH^{CC}</i>	4,03±0,09	24,4±0,25	34,8±0,28
<i>GH^{CT}</i>	4,48±0,15	25,6±0,31	36,23±0,33
<i>GH^{TT}</i>	3,90±0,13	23,8±0,24	34,1±0,36

Анализируя живую массу можно отметить, что ярки породы советский меринос генотипа *GH^{CT}* достоверно превосходили по изучаемому параметру сверстниц с генотипами *GH^{CC}* и *GH^{TT}* во все возрастные периоды: при рождении на 11,2 и 14,8 % ($p < 0,001$), отъеме на 5,0 и 7,6 % ($p < 0,001$); в 9 месячном возрасте на 4,1 и 6,2 % ($p < 0,001$).

Выявленная закономерность по живой массе отразилась и на величине среднесуточного прироста. Так, среднесуточный прирост живой массы у ярок с гетерозиготным генотипом *GH^{CT}*, в период от рождения до отъема был выше, чем у молодняка с гомозиготным генотипом *GH^{CC}* и *GH^{TT}* на 3,7 и 6,2 % ($p < 0,05$), что также подтверждается величиной абсолютного прироста на 0,75 и 1,2 кг соответственно (таблица 11).

Таблица 11 – Абсолютный и среднесуточный прирост овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *GH*

Генотип	Показатель	Возраст, мес.		
		от 0 до 4 мес.	от 4 до 9 мес.	от 0 до 9 мес.
<i>GH^{CC}</i>	Абсолютный прирост, кг	20,37±0,35	10,40±1,49	30,77±0,3
<i>GH^{CT}</i>		21,12±0,35	10,63±0,46	31,75±0,44
<i>GH^{TT}</i>		19,90±0,25	10,30±0,52	30,2±0,35
<i>GH^{CC}</i>	Среднесуточный прирост, г	169,7±2,95	69,3±3,19	114,0±1,13
<i>GH^{CT}</i>		176,0±2,91	70,87±3,86	117,59±1,63
<i>GH^{TT}</i>		165,8±2,08	68,67±4,36	111,8±1,3

При соотнесении значений промеров телосложения овец рассматриваемы генотипов в разные возрастные периоды стало возможным выявление онтогенетических изменений, которые происходят по общепринятыми закономерностями (В.П. Лушников, 2006).

Как стало известно, увеличение скорости развития широтных промеров и, соответственно, уменьшение скорости роста в высоту происходит по мере роста животного (таблица 12).

Таблица 12 – Промеры телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *GH* в возрасте 9 месяцев, см

Генотип	Высота		Глубина груди	Ширина груди	Косая длина туловища	Обхват	
	в холке	в крестце				пясти	груди
<i>GH^{CC}</i>	59,8 ±0,39	62,3 ±0,36	26,9 ±0,22	21,7 ±0,17	63,3 ±0,41	8,5 ±0,04	86,5 ±0,95
<i>GH^{CT}</i>	60,0 ±0,46	63,0 ±0,35	27,2 ±0,19	22,8 ±0,18	64,9 ±0,38	8,9 ±0,05	87,6 ±0,97
<i>GH^{TT}</i>	54,1 ±0,21	55,38 ±0,13	25,23 ±0,15	21,18 ±0,31	54,83 ±0,28	7,53 ±0,08	84,0 ±0,12

Так, сопоставляя величины промеров телосложения животных с различными аллельными вариантами гена *GH* удалось выявить наиболее значимые различия по всем изучаемым параметрам, свидетельствующие о преимуществе ярок носителей *GH^{CC}* и *GH^{CT}* по сравнению с овцами *GH^{TT}* генотипа: по высоте в холке на 10,5 и 10,9 % ($p < 0,05$), высоте в крестце - на 12,5 и 13,7 % ($p < 0,05$), глубине груди - на 6,6 и 7,8 % ($p < 0,05$), ее ширине - на 2,4 и 7,6 % ($p < 0,05$), обхвату - на 2,9 и 4,3 % ($p < 0,05$)).

Чтобы сформировать интегративное понятие характеризующее телосложение животного вычислялись индексы телосложения - соотношение анатомически взаимосвязанных между собой статей тела (таблица 13).

Таблица 13 – Индексы телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *GH* в возрасте 9 месяцев, %

Генотип	Индексы телосложения						
	массивности	сбитости	грудной	костиности	растянутости	длинноногости	перерослости
<i>GH^{CC}</i>	155,01	154,15	80,7	14,2	105,8	55,0	104,2
<i>GH^{CT}</i>	155,4	154,47	83,8	14,8	108,2	54,6	105,0
<i>GH^{TT}</i>	155,28	153,22	83,95	13,91	101,35	53,37	102,36

При сравнительном анализе индексов телосложения овец разных генотипов в возрасте 9 месяцев выявлено, что у носителей генотипа *GH^{CT}* больше грудной индекс на 3,84 % по сравнению с животными генотипа *GH^{CC}*. Кроме того, ярки *GH^{CT}* генотипа превосходили животных *GH^{CC}* и *GH^{TT}* генотипов по индексу растянутости на 2,27 и 6,77 %.

Выявленная закономерность по изученным параметрам свидетельствует о лучшей выраженности признаков мясной продуктивности у животных носителей *GH^{CT}* генотипа.

Далее были изучены связи аллельных вариантов гена лептина с интенсивностью роста и выявлено, что наличие гетерозиготного генотипа *LEP^{GT}* в исследуемой популяции овец оказывает положительное влияние на темпы роста молодняка.

Отсутствие гомозиготного генотипа *LEP^{TT}* у овец породы советский меринос не позволило выявить, что именно вызывает эффект увеличения прироста живой массы: наличие T – или G – аллелей (таблица 14).

Таблица 14 - Динамика роста овец породы советский меринос различных генотипов по гену *LEP*

Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса при отъеме, кг	Живая масса в 9 месяцев, кг
<i>LEP^{GG}</i>	4,1±0,11	24,5±0,27	34,9±0,31
<i>LEP^{GT}</i>	4,51±0,18	25,78±0,35	36,35±0,37

Анализируя полученные результаты динамики массы тела выявлено, что наибольшей живой массой во все изученные периоды онтогенеза характеризовались ярки с генотипом *LEP^{GT}*, достоверное превосходство которых над аналогами *LEP^{GG}* составило: при рождении – 10 %, отъеме – 5,2 %, в 9 месяцев – 4,2 % ($p < 0,05$).

При анализе данных сохраняется тенденция к увеличению показателей прироста живой массы животных гетерозиготного варианта гена *LEP* (таблица 15).

Таблица 15 – Абсолютный и среднесуточный прирост овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *LEP*

Генотип	Показатель	Возраст, мес.		
		от 0 до 4 мес.	от 4 до 9 мес.	от 0 до 9 мес.
<i>LEP^{GG}</i>	Абсолютный прирост, кг	20,40±0,27	10,23±0,27	30,80±0,29
<i>LEP^{GT}</i>		21,27±0,5	10,57±0,54	31,84±0,3
<i>LEP^{GG}</i>	Среднесуточный прирост, г	170,0±2,24	68,20±2,13	114,10±1,07
<i>LEP^{GT}</i>		177,25±4,15	70,47±4,47	117,90±1,11

Так, интенсивность роста ярок с генотипом *LEP^{GT}* в период от рождения до 4-х месяцев была выше на 4,3 % по сравнению с носителями гомозиготы по дикому типу.

При анализе промеров у молодняка с различными генотипами гена *LEP* установлены определенные различия по изучаемым параметрам и выявлено превосходство животных носителей *LEP^{GT}* генотипа над сверстницами *LEP^{GG}* генотипа по отдельным параметрам: ширина груди на 4,6 %, косой длине туловища – 2,5 % (таблица 16).

Таблица 16 – Промеры телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *LEP* в возрасте 9 месяцев, см

Генотип	Высота		Глубина груди	Ширина груди	Косая длина туловища	Обхват	
	в холке	в крестце				пясти	груди
<i>LEP^{GG}</i>	59,9 ±0,43	62,5 ±0,37	27,0 ±0,24	21,9 ±0,18	63,5 ±0,42	8,6 ±0,05	86,7 ±0,96
<i>LEP^{GT}</i>	60,2 ±0,28	63,1 ±0,49	27,4 ±0,17	22,9 ±0,19	65,1 ±0,48	8,9 ±0,05	87,8 ±0,94

Анализ данных по индексам телосложения овец разных генотипов позволил сделать вывод, что у особей с генотипом *LEP^{GT}* были больше индексы телосложения: грудной на 3,1 %, растянутости – 2,0 %. По остальным параметрам достоверных различий не обнаружено (таблица 17).

Таблица 17 – Индексы телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *LEP* в возрасте 9 месяцев, %

Генотип	Индексы телосложения						
	массивности	сбитости	грудной	костистости	растянутости	длинноности	перерослости
<i>LEP^{GG}</i>	144,7	136,5	81,1	14,4	106,0	54,9	104,3
<i>LEP^{GT}</i>	145,8	134,8	83,6	14,8	108,1	54,7	104,8

Исследование нуклеотидной последовательности гена *MSTN* позволило выявить, что обнаруженный SNP не привел к изменению структуры кодируемых белков, но они все же могут быть связаны с некоторыми признаками роста. Это

можно объяснить двумя основными причинами: 1) такие ассоциации могут быть результатом нарушения равновесия связей между этим SNP и другими генами на той же хромосоме, которые оказывают значительное влияние на изученные признаки роста (M. Li et al., 2013); 2) Мутации также могут повлиять на сращивание донорского участка или близлежащих регионов и регуляторных повторов (A.S. Van Laere et al., 2003; F. Capon et al., 2004; A.G. Nackley et al., 2006; M. Krawczak et al., 2007). Для понимания лежащих в основе этих механизмов необходимы дальнейшие исследования.

Далее были изучены связи аллельных вариантов в гене миостатин с интенсивностью роста исследуемых животных (таблица 18).

Таблица 18 - Динамика роста овец породы советский меринос различных генотипов по гену *MSTN*

Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса при отъеме, кг	Живая масса в 9 месяцев, кг
<i>MSTN^{CC}</i>	4,49±0,17	25,67±0,33	35,92 ±0,35
<i>MSTN^{CA}</i>	3,82±0,11	23,74±0,22	34,02±0,31
<i>MSTN^{AA}</i>	4,0±0,08	24,38±0,23	34,57±0,27

Анализ результатов динамики массы тела у исследуемых животных в зависимости от генотипов гена *MSTN* свидетельствует, что наибольшую живую массу имели ярки с генотипом *MSTN^{CC}* превосходство которых над обладательницами *MSTN^{AA}* и *MSTN^{CA}* составило: при рождении 12,3 и 17,5 % ($p < 0,001$), отъеме – 5,3 и 8,2 % ($p < 0,05$), в 9 месяцев – 4,0 и 5,6 % ($p < 0,05$).

Дальнейший анализ полученных данных подтверждает, что в период от рождения до отъема наблюдается увеличение интенсивности роста животных (таблица 19).

Таблица 19 – Абсолютный и среднесуточный прирост овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *MSTN*

Генотип	Показатель	Возраст, мес.		
		от 0 до 4 мес.	от 4 до 9 мес.	от 0 до 9 мес.
<i>MSTN^{CC}</i>	Абсолютный прирост, кг	21,18±0,52	10,25±0,39	31,43±0,6
<i>MSTN^{CA}</i>		19,92±1,31	10,28±1,55	30,20±0,41
<i>MSTN^{AA}</i>		20,38±0,26	10,19±0,3	30,57±0,29
<i>MSTN^{CC}</i>	Среднесуточный прирост, г	176,50±4,35	68,33±3,25	116,41±2,22
<i>MSTN^{CA}</i>		166,0±10,93	68,53±12,92	111,85±1,52
<i>MSTN^{AA}</i>		169,83±2,13	67,93±2,46	113,22±1,07

Так, интенсивность роста ярок с генотипом *MSTN^{CC}* была выше, чем у сверстниц с генотипами *MSTN^{AA}* и *MSTN^{CA}* по величине среднесуточного прироста от рождения до 4 месяцев на 3,9 и 6,3 % ($p < 0,05$), в период от 4 до 9 месяцев - на 2,8 и 4,1 % соответственно.

При сопоставлении промеров у молодняка с различными аллелями гена *MSTN* позволил выявить определенные различия по всем изучаемым параметрам (таблица 20).

Таблица 20 – Промеры телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену *MSTN* в возрасте 9 месяцев, см

Генотип	Высота		Глубина груди	Ширина груди	Косая длина туловища	Обхват	
	в холке	в крестце				пясти	груди
<i>MSTN^{CC}</i>	59,8 ±0,25	62,9 ±0,46	27,1 ±0,18	22,6 ±0,22	64,8 ±0,39	8,8 ±0,06	87,3 ±0,96
<i>MSTN^{CA}</i>	54,23 ±0,32	55,27 ±0,03	25,07 ±0,07	21,27 ±0,43	54,7 ±0,4	7,67 ±0,07	83,03 ±0,97
<i>MSTN^{AA}</i>	59,7 ±0,39	62,1 ±0,35	26,8 ±0,26	21,6 ±0,19	63,1 ±0,43	8,5 ±0,05	86,2 ±0,95

Полученные данные свидетельствуют о превосходстве животных носителей $MSTN^{CC}$ и $MSTN^{AA}$ по сравнению с ярками $MSTN^{CA}$ генотипа: по высоте в холке на 10,0 и 10,3 % ($p < 0,05$), высоте в крестце - на 12,4 и 13,8 % ($p < 0,05$), косой длине туловища - на 15,3 и 18,5 % ($p < 0,05$), глубине груди - на 6,9 и 8,1 %, ее обхвату - на 3,8 и 5,1 %).

Сравнительный анализ индексов телосложения овец с разными генотипами гена $MSTN$ в 9 -месячном возрасте показал различия в большей величине грудного индекса на 3,4 и 5,2 %, индекса растянутости на 4,8 и 7,5 % у носителей $MSTN^{CC}$ и $MSTN^{AA}$ генотипов по сравнению с животными генотипа $MSTN^{CA}$ (таблица 21).

Таблица 21 – Индексы телосложения овец породы советский меринос с различными генотипами по гену $MSTN$ в возрасте 9 месяцев, %

Генотип	Индексы телосложения						
	массивности	сбитости	грудной	костистости	растянутости	длинноногости	перерослости
$MSTN^{CC}$	155,59	134,7	83,4	14,7	108,4	54,7	105,2
$MSTN^{CA}$	155,36	151,8	84,83	14,14	100,88	53,78	101,91
$MSTN^{AA}$	155,36	136,4	80,6	14,21	105,7	55,1	104,0

Полученные результаты позволили выявить достоверные ассоциации между генотипами по генам соматотропина, лептина, миостатина и признаками роста овец породы советский меринос. Полученные данные могут быть использованы в целях дальнейшей селекции при формировании высокопродуктивных животных.

3.3.2 Иммунологическая реактивность овец породы советский меринос с различными генотипами по генам GH , LEP

Иммунная система обеспечивает защиту организма от воздействия неблагоприятных факторов, при этом являясь мощнейшим механизмом

стабилизации гомеостаза и уровня метаболизма в органах (С.С. Бобрышов, Л.Н. Скорых, Е.Н. Барнаш, 2015).

Отбирая животных по критерию жизнеспособности ключевым фактором служит иммунологическая реактивность, содержащая в себе комплекс защитных механизмов, широко используемых в селекционной работе.

При определении устойчивости и адаптивных способностей организма необходимо принимать во внимание показатели гуморального фактора (бактерицидная, лизоцимная активности сывороток крови) (Скорых Л.Н., 2005).

Рассмотрение параметров естественной резистентности у овец исследуемой популяции установлены особенности, обусловленные различными генотипами по генам *GH* и *LEP* (таблица 22).

Таблица 22 – Показатели естественной резистентности ярок породы советский меринос различных генотипов, %

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Показатель	
		БАСК	ЛАСК
<i>GH</i>			
<i>GH^{CC}</i>	4 мес.	42,06±1,23	30,24±0,51
	9 мес.	45,22±1,26	33,51±0,43
<i>GH^{CT}</i>	4 мес.	43,38±1,77	32,24±0,36
	9 мес.	46,43±1,35	35,39±0,29
<i>GH^{TT}</i>	4 мес.	41,58±1,97	29,58±2,08
	9 мес.	44,91±0,48	32,91±0,53
<i>LEP</i>			
<i>LEP^{GG}</i>	4 мес.	42,0±1,08	30,91±0,52
	9 мес.	45,73±0,82	34,03±0,40
<i>LEP^{GT}</i>	4 мес.	43,65±1,64	32,30±0,34
	9 мес.	45,18±2,07	34,16±0,39

Так, уровень показателей иммунной реактивности в зависимости от генотипов гена *GH* показал превосходство животных носителей генотипа *GH^{CT}* по

бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови в возрасте 4-х месяцев на 1,32; 1,8 и 2,0; 2,66 абс.%, 9 месяцев - на 1,21; 1,52 и 1,88; 2,48 абс.%, по сравнению с аналогами GH^{CC} и GH^{TT} .

Анализ гуморальных факторов защиты исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена LEP выявил, что особи с генотипом LEP^{GT} отличались более высокими показателями по уровню БАСК и ЛАСК в возрасте 4 месяца на 1,65 и 1,39 абс.%, чем животные с LEP^{GG} генотипом.

Сопоставление и анализ результатов иммунологической реактивности ярок породы советский меринос в зависимости от генотипов генов GH и LEP определил, что лучшей выраженностью гуморального иммунитета характеризовались животные гетерозиготных генотипов GH^{CT} и LEP^{GT} .

3.3.3 Биохимические параметры крови у молодняка овец породы советский меринос в зависимости от генотипов по генам GH , LEP

При использовании методов исследования крови можно судить не только о состоянии здоровья организма, но и оценить возможные изменения интерьерных особенностей. При этом для оценки хозяйственно полезных признаков животных все шире используются биохимические показатели крови (Л.Н. Скорых, И.А. Копылов, Н.И. Ефимова и др., 2014).

Белок - незаменимый пластический материал всего живого, обеспечивающий нормальный рост и развитие животных. Характеристика белкового обмена позволяет судить об особенностях роста, развития и скороспелости. Также существенное значение оказывает на формирование продуктивных качеств в онтогенезе (А.И. Афанасьева, 2009).

В общем белке крови прослеживается взаимосвязь количественного содержания альбуминов и глобулинов, которое может быть выражено в коэффициенте А/Г. Причем более высокий уровень альбуминов активизирует интенсификацию обменных процессов в организме. Несомненный интерес для рассмотрения представляет γ - глобулиновая фракция, которая способствует

повышению защитной реакции организма, за счет образования иммуноглобулинов (О.В. Пономаренко, 2014).

Рассматривая белковую составляющую крови нами учитывались следующие параметры: уровень сывороточного белка, белковые фракции сыворотки крови у овец в зависимости от генотипов генов *GH* и *LEP*.

При оценке уровня метаболизма ярок установлено, что большинство параметров находились в пределах физиологической нормы. По уровню сывороточного белка и его фракционного состава лидировали животные генотипов *GH^{CT}*, *LEP^{GT}* по сравнению с гомозиготными вариантами, что указывает на более интенсивное протекание обменных процессов.

Анализ изучения биохимических параметров у овец показал, что в крови животных носителей генотипа *GH^{CT}* степень увеличения концентрации сывороточного белка составила в возрасте 4 месяцев – 3,4 и 5,2 % ($p < 0,001$), 9 месяцев – 2,7 и 5,6 % ($p < 0,001$), что больше, чем у ярок носителей генотипов *GH^{CC}*, *GH^{TT}*.

Рассмотрении качественного состава белковой картины крови выразилось в увеличении концентрации альбуминов и глобулинов у ярок генотипа *GH^{CT}* в 4 месяца на 3,5; 5,8 % ($p < 0,05$) и 3,4; 4,5 % относительно животных генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}*.

Тенденция сохранилась в возрасте 9 месяцев по содержанию альбуминов на 4,5 и 8,5 %. По соотношению между уровнями содержания альбуминов и глобулинов можно судить о протекающих у животных процессах метаболизма. Отношение соответственно одной фракции к другой проявляется в величине коэффициента А/Г, которое колеблется в пределах от 0,95 до 0,97 в возрасте 4 месяцев и от 0,71 до 0,75 в возрасте 9 месяцев, что подтверждает предположение о формировании лучших продуктивных качествах у ярок генотипа *GH^{CT}*. Достоверные изменения были характерны для гамма-глобулиновой фракции в сыворотке крови овец генотипа *GH^{CT}* по сравнению с животными носителями генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* в возрасте 4 месяца на 5,9 и 20,9 % ($p < 0,001$), а также в возрасте 9 месяцев на 8,3 и 16,6 % ($p < 0,001$) (таблица 23).

Таблица 23 – Содержание общего белка и его фракционного состава в сыворотке крови породы советский меринос с различными генотипами по генам *GH*, *LEP*

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Фракции глобулина, г/л			Коэффициент А/Г
					α	β	γ	
<i>GH</i>								
<i>GH^{CC}</i>	4 мес.	64,12±1,1	31,51±0,44	32,61±1,04	7,98±0,16	6,27±0,16	18,36±1,07	0,96
	9 мес.	67,85±0,83	28,47±0,64	39,38±0,66	10,63±0,59	9,43±0,65	19,32±0,81	0,72
<i>GH^{CT}</i>	4 мес.	66,33±0,35	32,6±2,01	33,73±1,8	8,0±0,27	6,28±0,22	19,45±1,98	0,97
	9 мес.	69,71±0,92	29,74±0,99	39,97±0,77	10,46±0,45	8,58±0,38	20,93±0,86	0,75
<i>GH^{TT}</i>	4 мес.	63,07±0,49	30,8±0,36	32,27±0,3	9,23±0,04	6,96±0,37	16,08±0,48	0,95
	9 мес.	66,03±0,21	27,4±2,11	38,63±1,88	10,83±0,8	9,85±0,54	17,95±1,47	0,71
<i>LEP</i>								
<i>LEP^{GG}</i>	4 мес.	63,51±0,65	30,48±0,29	33,03±1,4	7,90±0,32	6,30±0,27	18,83±0,59	0,92
	9 мес.	67,93±0,51	29,48±0,64	38,45±0,46	9,77±0,39	8,21±0,3	20,47±1,55	0,76
<i>LEP^{GT}</i>	4 мес.	67,19±1,49	32,98±0,29	34,21±1,4	7,95±0,32	6,37±0,27	19,89±1,63	0,96
	9 мес.	69,01±1,68	29,99±1,54	39,02±1,29	9,85±0,85	7,99±1,04	21,17±1,55	0,77

Выявленная закономерность может свидетельствовать о более высоком уровне защитного потенциала у носителей гетерозиготного варианта по гену *GH*.

Дальнейшие исследования характеристик белкового спектра крови указывают на зависимость показателей от генотипов гена *LEP*. В возрасте 4-х месяцев показатель уровня сывороточного белка у носителей генотипа *LEP^{GT}* оказался большим на 5,8 % ($p < 0,001$), альбуминов – 8,2 % ($p < 0,001$), глобулинов – 3,6 % ($p < 0,05$) по сравнению с обладательницами генотипа *LEP^{GG}*.

Вышеизложенное наглядно отражается в величине коэффициента соотношения фракций альбумина к глобулину (А/Г) с диапазоном от 0,92 до 0,96, что также свидетельствует о физиологической направленности белкового обмена у животных, рассматриваемых генотипов.

Об интенсивности белкового обмена можно судить по конечным продуктам распада белков (мочевина и креатинин), которые рассматривались в зависимости от полиморфности генов *GH* и *LEP* (таблица 24).

Таблица 24 – Уровень метаболитов белкового обмена в сыворотке крови овец породы советский меринос с различными генотипами по генам *GH*, *LEP*

Показатель	Генотип				
	<i>GH</i>			<i>LEP</i>	
	<i>GH^{CC}</i>	<i>GH^{CT}</i>	<i>GH^{TT}</i>	<i>LEP^{GG}</i>	<i>LEP^{GT}</i>
4 месяца					
Мочевина, ммоль/л	5,41±0,58	5,23±0,37	5,76±0,30	5,60±0,27	5,36±0,33
Креатинин, мкмоль/л	92,14±4,76	90,73±5,67	97,54±4,77	95,61±3,86	83,52±4,18
9 месяцев					
Мочевина, ммоль/л	6,29±0,23	5,87±0,24	6,66±0,57	6,33±0,19	5,84±0,29
Креатинин, мкмоль/л	102,74±3,08	100,68±4,21	106,78±9,07	103,55±2,82	99,94±4,62

Уровень рассмотренных метаболитов в периферической крови овец в зависимости от полиморфизма гена *GH* показал, что у животных носителей генотипов *GH^{CC}* и *GH^{CT}* оказалась низкая концентрация мочевины и креатинина в возрасте 4 месяца на 6,1 и 9,2 %, 5,5 и 7,0%; в возрасте 9 месяцев - на 5,6 и 11,1 %, 3,8 и 5,7 % ($p < 0,001$), чем у ярок носителей генотипа *GH^{TT}*.

При рассмотрении уровня этих метаболитов в периферической крови овец в зависимости от генотипов гена *LEP* выявлено, что для овец носителей генотипа *LEP^{GT}* характерна низкая концентрация мочевины и креатинина в возрасте 4 месяца на 4,3 и 12,6 % ($p < 0,05$), в возрасте 9 месяцев - на 7,7 и 3,5 % ($p < 0,05$) по сравнению с обладательницами генотипа *LEP^{GG}*.

Установленная закономерность, очевидно, связана с наиболее активным включением азота белков крови в обменные процессы растущего организма животных изученных генотипов в зависимости от полиморфности генов *GH* и *LEP*.

Процессы переаминирования имеют большое значения в формировании аминокислот для построения белков тканей из продуктов переваривания в пищеварительном тракте.

Поэтому дальнейшие исследования могут отразить активность ферментов переаминирования сыворотки крови - аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ), по концентрации которых судят об уровне белкового обмена в организме.

При рассмотрении концентрации ферментов переаминирования установлена закономерность более высокого уровня активности трансаминаз во все изученные возрастные периоды у особей с генотипом *GH^{CT}* и *LEP^{GT}* по сравнению с животными гомозиготных вариантов (таблица 25).

Таблица 25 – Активность ферментов переаминирования в сыворотке крови овец породы советский меринос с различными генотипами по генам *GH* и *LEP*

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Аспартатамино-трансфераза (АСТ), мккат/л	Аланинамино-трансфераза (АЛТ), мккат/л
<i>GH</i>			
<i>GH^{CC}</i>	4 мес.	0,667±2,49	0,208±0,89
	9 мес.	0,693±2,03	0,228±0,84
<i>GH^{CT}</i>	4 мес.	0,692±3,83	0,217±1,40
	9 мес.	0,734±3,09	0,236±0,94
<i>GH^{TT}</i>	4 мес.	0,632±7,02	0,204±2,63
	9 мес.	0,639±2,79	0,224±0,28
<i>LEP</i>			
<i>LEP^{GG}</i>	4 мес.	0,664±2,04	0,206±0,90
	9 мес.	0,680±1,87	0,227±0,62
<i>LEP^{GT}</i>	4 мес.	0,690±5,27	0,223±1,09
	9 мес.	0,730±3,03	0,239±1,48

Так, анализ полученных данных у исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *GH* показал, что активность изучаемых ферментов (АСТ и АЛТ) в крови животных носителей генотипа *GH^{CT}* превышала показатели сверстниц генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* в возрасте 4 месяца на 3,7; 9,5 и 4,3; 6,4 %; 9 месяцев - на 5,9; 14,8 и 3,5; 5,4 %.

При изучении активности трансаминаз у исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *LEP* выявлена аналогичная закономерность, свидетельствующая о превосходстве животных носителей генотипа *LEP^{GT}* над обладательницами генотипа *LEP^{GG}* по АСТ в возрасте 4 месяца на 3,9 %, 9 месяцев – 7,4 %, по АЛТ – 8,3 и 5,3 % соответственно.

Обобщая сравнительное изучение метаболитов белкового обмена у овец пород советский меринос в зависимости от полиморфности генов *GH* и *LEP*

наблюдается определенная закономерность в ходе обменных процессов. При этом следует отметить, что все биохимические параметры крови у исследуемого поголовья находились в пределах физиологической нормы. Обнаруженная закономерность дает возможность прийти к заключению о наиболее активном включении и интенсивном использовании метаболитов крови в обменных процессах животных, имеющих гетерозиготные варианты генотипов, что очевидно способствует их лучшему росту и развитию.

3.3.4 Ассоциация полиморфизма в генах *GH*, *LEP*, *MSTN* с количественно-качественными показателями мясной продуктивности овец породы советский меринос

Изменившееся направление селекционного процесса тонкорунного овцеводства, в связи с приоритетностью мясной продуктивности овец и разграничением цен на шерсть, ставит перед необходимостью изыскания возможностей наращивания объемов производства молодой баранины (М.И. Селионова, 2015, И.А. Копылов, 2019). Для сохранения генофонда фокус внимания нужно направить на животных с высокими генетическим потенциалом мясной и шерстной продуктивности, при этом увеличивая численность овец в соответствии с потребностями рынка (В.В. Абонеев, 2009; В.В. Абонеев, 2012; И.И. Дмитрик, 2016).

Несмотря на то, что в тонкорунном овцеводстве ярки выполняют задачи воспроизводства стада и получение шерсти, при получении мясной продукции довольно важное значение отводится этой половозрастной группе. Так сложилось, что экономическая эффективность разведения тонкорунных пород овец направлено на получение баранины, поэтому актуальна задача выявления мясных качеств у ярок в зависимости от генотипов генов *GH*, *LEP* и *MSTN*.

Рассматривая мясную продуктивность ярок с учетом сочетаний генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN*, можно отметить, что группа особей с генотипом GH^{CT} , LEP^{GT} и $MSTN^{CC}$ отличалась лучшими показателями мясной

продуктивности по сравнению с животными других генотипов исследуемых генов. Помимо уровня продуктивности была проведена оценка интерьерных показателей, предполагающая дать более полный и глубокий анализ хозяйственно-биологических особенностей с учетом сочетаний генотипов исследуемых генов.

Анализ результатов контрольного убоя исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *GH* выявил преимущество особей *GH^{CT}* генотипа над животными носителями генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* по живой массе перед убоем на 4,5 и 6,5% ($p < 0,001$), массе парной туши – 6,1 и 9,6 % ($p < 0,001$), убойной массе – 6,1 и 9,5 % ($p < 0,001$).

При рассмотрении степени развития внутренних органов животных установлено, что особи генотипа *GH^{CT}* характеризовались лучшим развитием легких, чем носители генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* на 3,4 и 9,1 % ($p < 0,05$). На основании полученных данных, можем предположить, что животным данного генотипа при интенсификации обменных процессов в организме требовалось большее поступление кислорода.

В пределах значений 474,3 – 477,67 г по массе печени у ярок делаем вывод о нормальном развитии этого жизненно важного органа. При этом у молодняка генотипа *GH^{CT}* по сравнению с носителями генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* установлена большая масса печени на 2,4 и 1,68 % ($p < 0,001$). Достоверных различий по степени развития других внутренних органов, а именно сердца, почек, селезенки не установлено.

По уровню мясной продуктивности животных в зависимости от генотипов гена *LEP* также установлены определенные различия. Так, носительницы генотипа *LEP^{GT}* выгодно отличались от своих сверстниц генотипа *LEP^{GG}* по живой массе перед убоем на 4,4 % ($p < 0,001$), по массе парной туши – 6,3 % ($p < 0,001$), количеству внутреннего жира – 9,8 % ($p < 0,001$).

Поскольку лептин обеспечивает поддержание энергетического баланса в организме, регулирует аппетит и процессы жирового обмена, то определенный

интерес представляет способность к синтезу внутреннего жира. Установлено, что у животных генотипа LEP^{GT} масса внутреннего жира, очевидно, оказала влияние и на размер туш животных, что способствовало более высокой убойной массе, по отношению к аналогам генотипа LEP^{GG} на 6,3 % ($p < 0,001$).

Рассматривая степень развития внутренних органов овец с учетом генотипов гена LEP выявлено преимущество животных носительниц генотипа LEP^{GT} над животными генотипа LEP^{GG} по размеру сердца на 3,6 % ($p < 0,001$), массе селезенки на 5,9 % ($p < 0,001$), легких – 8,2 % ($p < 0,001$), почек – 5,6 % ($p < 0,001$).

Результаты контрольного убоя исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена $MSTN$ свидетельствуют о превосходстве ярков генотипа $MSTN^{CC}$ по живой массе перед убоем на 2,8 и 4,8 %, массе парной туши – 3,1 и 6,0 %, убойной массе – 3,1 и 5,8 % над ярками обладательницами генотипов $MSTN^{AA}$ и $MSTN^{CA}$.

Полученные данные при рассмотрении степени развития внутренних органов у животных в зависимости от генотипов гена $MSTN$ свидетельствует об отсутствии изменений по массе сердца и печени. Однако овцы генотипа $MSTN^{CC}$ отличались лучшим развитием селезенки (6,0 и 6,1 %) и большим размером почек на 4,9 и 5,9 % ($p < 0,05$) в сравнении с животными генотипов $MSTN^{AA}$ и $MSTN^{CA}$ (таблица 26).

Таблица 26 – Убойные показатели овец породы советский меринос с различными генотипами по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* в возрасте 9 месяцев

Генотип	Показатель									
	Предубойная живая масса, кг	Масса парной туши, кг	Масса внутреннего жира, кг	Убойная масса, кг	Убойный выход, %	Масса селезенки, г	Масса легких с трахеей, г	Масса сердца, г	Масса печени, г	Масса почек, г
<i>GH</i>										
<i>GH^{CC}</i>	33,63 ±1,19	13,38 ±0,41	0,259 ±0,006	13,64 ±0,41	40,60	57,0 ±2,0	379,0 ±13,0	161,0 ±3,05	474,3 ±3,84	110,3 ±3,28
<i>GH^{CT}</i>	35,13 ±0,18	14,20 ±0,21	0,266 ±0,007	14,47 ±0,21	41,18	58,0 ±2,08	392,0 ±8,14	163,0 ±1,15	485,7 ±2,4	110,7 ±1,76
<i>GH^{TT}</i>	32,97 ±0,52	12,96 ±0,12	0,261 ±0,004	13,22 ±0,12	40,10	56,33 ±2,03	359,3 ±8,09	160,0 ±3,06	477,67 ±2,6	105,67 ±0,33
<i>LEP</i>										
<i>LEP^{GG}</i>	33,70 ±0,60	13,40 ±0,26	0,245 ±0,004	13,65 ±0,26	40,50	56,33 ±1,33	360,7 ±10,4	158,0 ±1,53	483,33 ±2,96	107,67 ±1,2
<i>LEP^{GT}</i>	35,17 ±0,15	14,24 ±0,18	0,269 ±0,003	14,51 ±0,18	41,3	59,67 ±0,67	390,3 ±6,06	163,67 ±0,67	482,33 ±1,76	113,67 ±0,88
<i>MSTN</i>										
<i>MSTN^{CC}</i>	34,77 ±1,03	13,86 ±0,48	0,263 ±0,01	14,12 ±0,49	40,6	58,67 ±3,18	392,33 ±18,98	164,67 ±4,91	484,33 ±3,53	113,33 ±3,84
<i>MSTN^{CA}</i>	33,17 ±0,72	13,08 ±0,22	0,258 ±0,0009	13,34 ±0,22	40,2	55,30 ±1,2	357,67 ±6,49	158,0 ±1,15	473,0 ±2,89	107,0 ±1,53
<i>MSTN^{AA}</i>	33,8 ±1,25	13,44 ±0,48	0,260 ±0,01	13,7 ±0,49	40,5	55,33 ±1,86	381,0 ±14,73	161,02 ±3,06	477,70 ±5,81	108,0 ±2,31

О качестве мясной продуктивности можно судить по комплексной оценке продукции. Наиболее объективными параметрами считаются показатели пищевой ценности мяса, полученные после убоя, к которым относятся сортовой и морфологический состав туши. Существует мнение, что при схожей убойной массе могут различаться значения сортового и морфологического состава туш. При проведении сортовой разрубки оценивается соотношение массы сортов в туше, обвалка туш учитывает соотношение массы мякоти и костей (Д.Н. Вольный, 2009).

Рассматривая сортовой и морфологический состав туш ярок с учетом сочетаний генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN*, можно отметить, что группа особей с генотипами *GH^{CT}*, *LEP^{GT}*, *MSTN^{CC}* отличалась лучшим сортовым и морфологическим составом мышечной ткани по сравнению с животными других генотипов исследуемых генов (таблица 27).

Таблица 27 – Сортовой и морфологический состав мышечной ткани ярок породы советский меринос в зависимости от генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN* в возрасте 9 месяцев

Генотип	Показатель				Коэффициент мясности	Выход отрубов по сортам, %	
	Масса мякоти, кг	Выход мякоти, %	Масса костей, кг	Выход костей, %		I	II
<i>GH</i>							
<i>GH^{CC}</i>	4,96±0,15	74,14	1,73±0,06	25,86	2,87	86,89	13,11
<i>GH^{CT}</i>	5,33±0,07	75,07	1,77±0,04	24,93	3,01	88,19	11,81
<i>GH^{TT}</i>	4,76±0,06	73,45	1,72±0,04	26,55	2,77	86,57	13,43
<i>LEP</i>							
<i>LEP^{GG}</i>	4,98±0,13	73,65	1,72±0,08	26,35	2,89	86,09	13,91
<i>LEP^{GT}</i>	5,37±0,13	74,36	1,75±0,05	25,64	3,07	86,61	13,39
<i>MSTN</i>							
<i>MSTN^{CC}</i>	5,20±0,23	75,04	1,73±0,06	24,96	3,0	88,38	11,62
<i>MSTN^{CA}</i>	4,83±0,12	73,85	1,71±0,03	26,15	2,82	86,70	13,30
<i>MSTN^{AA}</i>	5,02±0,20	74,71	1,70±0,3	25,29	2,95	86,8	13,20

Рассматривая результаты проведенного разруб туш исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *GH* показал, что особи *GH^{CT}* генотипа по выходу отрубов I сорта на 1,3 и 1,62 абс. % превышали показатели животных носительниц *GH^{CC}* и *GH^{TT}* генотипов.

Полученные данные морфологического состава туш свидетельствуют, что достоверно большее значение содержания мышечной ткани выявлено в тушах ярков генотипа *GH^{CT}*, чем у животных *GH^{CC}* и *GH^{TT}* генотипов на 7,5 и 11,9 % ($p < 0,001$). Установленная закономерность выразилась в коэффициенте мясности, который составил у носителей генотипа *GH^{CT}* – 3,01 усл. единицы, что превысило числовое значение по этому показателю у ярков генотипов *GH^{CC}*, *GH^{TT}* на 4,8 и 8,7 %.

Проведенный разруб туш от животных в зависимости от генотипов гена *LEP* позволил установить, что от ярков носительниц генотипа *LEP^{GT}* хотя и незначительно (на 0,52 абс. %), но получено больше мяса относящегося к первому сорту, чем от аналогов *LEP^{GG}*.

Анализ данных морфологического состава туш от животных в зависимости от генотипов гена *LEP*, выявил что в тушах ярков носительниц генотипа *LEP^{GT}* содержалось больше мякоти, чем у овец носительниц генотипа *LEP^{GG}* на 7,8 % ($p < 0,001$). В итоге это отразилось и на коэффициенте мясности, который указывает на превосходство животных генотипа *LEP^{GT}*, составившее 6,2 % по сравнению с обладательницами генотипа *LEP^{GG}*.

Анализ результатов сортового состава туш исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *MSTN* свидетельствует, что ярки генотипа *MSTN^{CC}* по выходу отрубов первого сорта на 1,58 и 1,68 абсолютных процента превышали показатели животных носительниц *MSTN^{AA}* и *MSTN^{CA}* генотипов.

Обвалка полутуш животных позволила установить, что в тушах овец генотипа *MSTN^{CC}* содержалось больше мякоти, чем у овец генотипов *MSTN^{AA}* и *MSTN^{CA}* на 3,6 и 7,6 %. Что соответственно отражено в коэффициенте мясности со значением – 3,0 усл. единицы, *MSTN^{CC}* генотипа, что на 1,7 и 6,4 % превысило числовое значение у животных *MSTN^{AA}* и *MSTN^{CA}*.

В современных условиях международного рынка покупатели стали обращать внимание не только на количественную часть мясной продукции, но и на качественный потенциал (Г.В. Завгородняя, 2016). Баранина является ценным продуктом питания с высокой питательной ценностью, которая определяется по содержанию белков, жиров и углеводов (Н.И. Ефимова, 2011; Н.И. Ефимова, 2014; А.А. Омаров, 2016).

Белок мяса, как основной компонент её питательной составляющей, относится к группе полноценных, относительно белков большинства пищевых продуктов (В.И. Косилов, 2019).

Полученные данные анализа химического состава мышечной ткани овец породы советский меринос, указывают на то, что различия по количественному содержанию его химических компонентов ассоциировано с генотипами генов *GH*, *LEP*, *MSTN* (таблица 28).

Таблица 28 – Химический состав мышечной ткани овец породы советский меринос в зависимости от генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN*, %

Генотип	Показатель				
	Общая влага	Сухое вещество	Сырой жир	Сырая зола	Сырой протеин
<i>GH</i>					
<i>GH^{CC}</i>	67,54±1,20	32,46±1,2	8,54±0,73	1,05±0,08	22,87±1,35
<i>GH^{CT}</i>	64,20±3,34	35,80±3,34	8,68±1,19	1,04±0,02	26,07±2,22
<i>GH^{TT}</i>	67,02±1,52	32,98±1,52	8,51±0,76	1,03±0,07	23,44±1,06
<i>LEP</i>					
<i>LEP^{GG}</i>	67,46±0,91	32,54±0,91	8,68±1,09	1,12±0,03	22,74±0,28
<i>LEP^{GT}</i>	65,11±3,63	34,89±3,63	9,23±1,0	1,06±0,08	24,60±2,99
<i>MSTN</i>					
<i>MSTN^{CC}</i>	65,57±0,27	34,43±0,27	9,16±0,92	1,02±0,07	24,25±0,72
<i>MSTN^{CA}</i>	66,72±0,87	33,28±0,87	9,91±0,07	1,16±0,01	22,21±0,83
<i>MSTN^{AA}</i>	65,98±1,67	34,02±1,67	7,91±0,69	1,04±0,01	25,07±1,01

Рассматривая химический анализ мышечной ткани у исследуемого поголовья выявлено меньше содержание влаги на 3,34-2,82 абс.%, но на 3,2 и 2,63 абс.% больше протеина у ярок генотипа GH^{CT} , чем в мясе животных с генотипами GH^{CC} и GH^{TT} соответственно.

Аналогичная закономерность проявилась при рассмотрении химического анализа мышечной ткани у исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена LEP свидетельствующая, что в мышечной ткани носительниц генотипа LEP^{GT} влаги содержалось меньше на 2,38 абс. %, но на 1,86 абс. % больше протеина, чем в мясе ярок генотипа LEP^{GG} .

Рассматривая химический анализа мышечной ткани относительно вариабельности в гене $MSTN$ выявлено, что у животных генотипов $MSTN^{CC}$ и $MSTN^{CA}$ превалировало большее содержание жира на 1,25 - 2,0 абс. %, чем в мясе обладательниц генотипа $MSTN^{AA}$. В то же время, в мышечной ткани овец генотипов $MSTN^{CC}$ и $MSTN^{AA}$ наблюдалось более высокое содержание протеина на 2,86 и 2,04 абс. %, чем в мясе аналогов $MSTN^{CA}$.

Полученные данные свидетельствуют о выявленных ассоциациях между генотипами генов GH , LEP и $MSTN$ с показателями качества мясной продукции у овец породы советский меринос.

Мышечная ткань является основной тканью организма, определяющая пищевую ценность мяса. Она состоит из отдельных волокон, образуя первичные пучки, которые в свою очередь объединяются в группы пучков, образуя отдельную мышцу, покрытую более плотной оболочкой. Наиболее ценной частью тела животного является поперечно-полосатая мышечная ткань. Жировая ткань, состоит из жировых клеток, отделённых друг от друга прослойками рыхлой соединительной ткани. Причем специализированные мясные породы имеют отличительную черту «мраморности», откладывая жир между мышцами, что характеризуется на разрезе мышечной ткани.

На показатели продуктивности животных и качество мяса влияют его морфологические особенности и микроструктура мышечных волокон, а именно их диаметр и длина. Поэтому для более полной характеристики

качества мяса овец породы советский меринос в зависимости от генотипов генов *GH*, *LEP*, *MSTN* проводили гистологические исследования длиннейшего мускула спины (таблица 29).

Таблица 29 – Микроструктурный анализ мышечной ткани у ярок породы советский меринос различных генотипов по генам *GH*, *LEP*, *MSTN*

Генотип	Количество мышечных волокон, шт.	Диаметр мышечного волокна, мкм	Общая оценка «мраморности», балл	Содержание соединительной ткани, %
<i>GH</i>				
<i>GH^{CC}</i>	386,58±8,49	31,93±0,4	28,97±0,42	9,0±0,15
<i>GH^{CT}</i>	404,78±13,86	29,26±0,82	31,28±0,9	8,53±0,03
<i>GH^{TT}</i>	383,92±8,33	32,6±0,55	27,98±0,27	9,15±0,12
<i>LEP</i>				
<i>LEP^{GG}</i>	383,24±5,87	31,43±0,74	29,39±0,43	8,69±0,12
<i>LEP^{GT}</i>	412,15±5,77	29,87±0,98	30,94±0,89	8,23±0,09
<i>MSTN</i>				
<i>MSTN^{CC}</i>	410,19±6,22	30,05±0,96	29,96±0,67	8,62±0,19
<i>MSTN^{CA}</i>	378,94±10,98	32,6±1,23	28,79±0,42	9,03±0,28
<i>MSTN^{AA}</i>	386,36±8,05	32,55±0,06	28,4±0,67	9,01±0,15

Результаты гистологического анализа установили, что мышечная ткань, у носителей генотипа *GH^{CT}*, обладало наибольшим количеством мышечных волокон на 4,7 и 5,4 % ($p < 0,05$), меньшим на 8,4 и 10,2 % их диаметром ($p > 0,05$), по сравнению носителями *GH^{CC}* и *GH^{TT}* генотипов.

К тому же, в мышечной ткани, полученной от овец *GH^{CT}* генотипа, содержалось меньше соединительной ткани на 0,47 и 0,62 абс. %, у животных *GH^{CC}*, *GH^{TT}* генотипов. Между тем у ярок генотипов *GH^{CC}*, *GH^{CT}* наблюдалось большее на 11,8 и 3,5 % количество жировых межволоконных, межпучковых включений, что определило наиболее высокую оценку «мраморности».

Микроструктурный анализ мышечной ткани свидетельствует, что мясо, полученное от овец генотипа *LEP^{GT}* обладало наибольшим количеством мышечных волокон на 7,5 % ($p < 0,001$), с меньшим диаметром волокон на 5,2 % ($p < 0,001$), что позволяет сделать вывод о лучшем качестве мяса по сравнению с животными генотипа *LEP^{GG}*.

Вместе с тем, в длиннейшей мышце спины, полученной от особей генотипа *LEP^{GT}* содержалось меньшее количество соединительной ткани на 0,46 абс. % в отличие от животных генотипа *LEP^{GG}*. Мышечное волокно ярок *LEP^{GT}* генотипа по величине коэффициента «мраморности» отличалось от мяса животных *LEP^{GG}* генотипа на 1,55 балла.

Сравнительный анализ мясных качеств исследуемых животных в зависимости от генотипов гена *MSTN* на гистологическом уровне показывает, что для мяса-баранины, полученном от носительниц генотипа *MSTN^{CC}*, было характерно большее количество мышечных волокон на 6,2 и 8,3 % ($p < 0,05$), меньшим на 7,7 и 7,8 % их диаметром ($p > 0,05$), чем носительницы генотипов *MSTN^{CA}* и *MSTN^{AA}*.

Помимо того, у особей *MSTN^{CC}* отмечалось меньшее содержание соединительной ткани на 0,39 и 0,41 абс. процента и большее на 4,1 и 2,1 % количество жировых включений, что выявлено в более высокую оценку «мраморности» по сравнению с животными генотипов *MSTN^{CA}*, *MSTN^{AA}*.

Обобщая вышеизложенное, проявляется целесообразность использования овец породы советский меринос, поскольку выявлено, что замены с.321C>T в гене *GH*, с.387G>T в гене *LEP*, а также генотип с.212CC гена *MSTN* ассоциированы с высокой мясной продуктивностью. Полученные сведения можно использовать в целях дальнейшей селекции при формировании высокопродуктивных животных.

3.5. Ассоциация полиморфизма в генах *GH*, *LEP* с продуктивными качествами и биологическими особенностями овец северокавказской мясо-шерстной породы

3.5.1. Ассоциация полиморфизма в генах *GH*, *LEP* с признаками роста и экстерьерными особенностями овец северокавказской мясо-шерстной породы

По величине живой массы ягнят, а также по абсолютному и среднесуточному приросту можно судить о скороспелости животных, что в свою очередь отражается на экономической эффективности (Н.И. Ефимова, 2015) Поэтому нами исследованы динамика роста и экстерьерные особенности у овец северокавказской мясо-шерстной породы в зависимости от генотипов генов *GH*, *LEP*.

Полученные результаты об изменении величины живой массы с учетом генотипов гена *GH* показывают, что большей живой массой во все рассматриваемые возрастные периоды характеризовались особи, несущие гетерозиготный вариант генотипа по сравнению с молодняком гомозиготных генотипов.

Так, преимущество ярок носителей генотипа GH^{CT} над животными носителями генотипов GH^{CC} и GH^{TT} составило при рождении 6,5 и 14,0 % ($p < 0,001$); в возрасте 4 месяца – 7,7 и 10,8 % ($p < 0,001$); 9 месяцев – 5,6 и 7,9 % ($p < 0,001$) (таблица 30).

Таблица 30 – Динамика роста овец породы северокавказская мясо-шерстная различных генотипов по гену *GH*

Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса при отъеме, кг	Живая масса в 9 месяцев, кг
GH^{CC}	4,60±0,11	28,40±0,69	41,28±0,5
GH^{CT}	4,90±0,17	30,60±0,69	43,60±0,48
GH^{TT}	4,30±0,32	27,60±1,1	40,40±0,45

Изучая данные интенсивности роста животных установлена большая величина абсолютного, среднесуточного прироста у ярок носителей генотипа GH^{CT} , составившая 25,7 кг и 214,16 г, что выше в сравнении с аналогами GH^{CC} и GH^{TT} на 7,9, 10,3 и 8,2, 10,5 % ($p < 0,001$) соответственно (таблица 31).

Таблица 31 – Абсолютный и среднесуточный прирост овец породы северокавказская мясо-шерстная с различными аллелями в гене GH

Генотип	Показатель	Возраст, мес.		
		от 0 до 4 мес.	от 4 до 9 мес.	от 0 до 9 мес.
GH^{CC}	Абсолютный прирост, кг	23,8±0,66	12,98±0,67	36,70±0,46
GH^{CT}		25,7±0,65	13,0±0,52	38,7±0,47
GH^{TT}		23,3±0,75	12,8±1,23	36,10±0,69
GH^{CC}	Среднесуточный прирост, г	198,3±5,51	86,0±4,48	135,93±1,70
GH^{CT}		214,16±5,42	86,70±3,89	143,33±1,75
GH^{TT}		194,16±6,24	85,3±8,17	133,70±2,55

Анализ сопоставления промеров телосложения у животных с различными аллелями гена GH выявил превосходство носителей генотипа GH^{CT} относительно животных генотипов GH^{CC} , GH^{TT} по всем изученным параметрам статей тела (таблица 32).

Таблица 32 – Промеры телосложения овец породы северокавказская мясо-шерстная с различными генотипами гена GH в возрасте 9 месяцев

Генотип	Высота		Глубина груди	Ширина груди	Косая длина туловища	Обхват	
	в холке	в крестце				пясти	груди
GH^{CC}	63,56 ±0,88	64,96 ±0,73	28,13 ±0,41	25,56 ±0,75	63,31 ±1,03	8,94 ±0,19	87,88 ±1,08
GH^{CT}	69,67 ±1,30	71,44 ±0,56	29,22 ±0,43	27,0 ±0,44	71,20 ±0,47	9,56 ±0,18	94,56 ±1,24
GH^{TT}	61,80 ±0,60	62,40 ±0,75	25,60 ±0,76	23,0 ±0,37	60,0 ±0,95	8,20 ±0,20	84,20 ±1,02

Так, овцы генотипа GH^{CT} лидировали по сравнению с ярками генотипов GH^{CC} , GH^{TT} по следующим промерам, а именно высоте в холке на 9,6 и 13,1 % ($p < 0,001$), в крестце – на 7,5 и 9,3 % ($p < 0,001$), косой длине туловища (определяющей развитие костей позвоночника) – на 10,5 и 16,6 % ($p < 0,001$), обхвату пясти – на 6,9 и 16,5 % ($p < 0,001$), глубине, ширине и обхвату груди (характеризующих развитие грудной клетки) – на 3,8 и 14,1 % ($p < 0,001$), 6,1 и 19,0 % ($p < 0,001$), 7,6 и 12,3 % ($p < 0,001$), соответственно (таблица 33).

Таблица 33 – Индексы телосложения овец породы северокавказская мясо-шерстная с различными генотипами по гену GH в возрасте 9 месяцев

Генотип	Индексы телосложения, %						
	массивности	сбитости	грудной	костистости	растянутости	длинноности	перерослости
GH^{CC}	138,26	138,81	90,86	14,06	99,60	55,74	102,2
GH^{CT}	135,72	132,80	92,40	13,72	102,2	58,05	102,54
GH^{TT}	136,24	140,33	89,80	13,30	97,08	58,58	100,97

Сравнением индексов телосложения молодняка выявлено, что для особей генотипа GH^{CT} была характерна большая растянутость туловища и лучшая степень развития грудной клетки по сравнению с ярками носительницами генотипов GH^{CC} , GH^{TT} .

Анализ результатов динамики живой массы исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена LEP показал превосходство животных носителей генотипов LEP^{GT} и LEP^{TT} по величине живой массы при рождении на 6,7 и 6,2 % ($p < 0,05$) над ярками обладательницами генотипа LEP^{GG} . Также среди животных рассматриваемых генотипов наибольшая живая масса как при отъеме, так и в возрасте 9 месяцев была характерна для животных носителей генотипа LEP^{GT} , превышающая показатели ярков генотипов LEP^{GG} , LEP^{TT} на 5,6; 7,5 и 4,7; 6,9 % ($p < 0,05$; $p < 0,001$) соответственно (таблица 34).

Таблица 34 – Динамика роста овец породы северокавказская мясо-шерстная с различными генотипами по гену *LEP*

Генотип	Живая масса при рождении, кг	Живая масса при отъеме, кг	Живая масса в 9 месяцев, кг
<i>LEP^{GG}</i>	4,5±0,13	28,5±0,64	41,3±0,38
<i>LEP^{GT}</i>	4,8±0,19	30,1±0,78	43,1±0,59
<i>LEP^{TT}</i>	4,78±0,27	28,0±1,7	40,5±1,2

Далее были изучены связи аллельных вариантов гена лептина с интенсивностью прироста исследуемых ярок породы северокавказская мясо-шерстная.

Анализируя данные значений среднесуточного прироста у овец определено, что ярки генотипа *LEP^{GT}* имеют преимущество над животными носителями генотипов *LEP^{GG}* и *LEP^{TT}* в период от рождения до отъема на 5,4 и 8,9 % ($p < 0,05$), от рождения до 9 месяцев – 4,1 и 7,2 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$) (таблица 35).

Таблица 35 – Абсолютный и среднесуточный прирост овец породы северокавказская мясо-шерстная с различными аллелями в гене *LEP*

Генотип	Показатель	Возраст, мес.		
		от 0 до 4 мес.	от 4 до 9 мес.	от 0 до 9 мес.
<i>LEP^{GG}</i>	Абсолютный прирост, кг	24,0±0,61	12,8±0,96	36,8±0,46
<i>LEP^{GT}</i>		25,3±0,74	13,0±1,04	38,3±0,53
<i>LEP^{TT}</i>		23,22±1,61	12,5±1,31	35,72±1,0
<i>LEP^{GG}</i>	Среднесуточный прирост, г	200,00±5,04	85,30±6,41	136,29±2,29
<i>LEP^{GT}</i>		210,83±6,19	86,66±6,91	141,85±2,42
<i>LEP^{TT}</i>		193,5±13,43	83,33±10,92	132,29±3,71

Далее проанализированы значения промеров телосложения относительно принадлежности к группе изучаемых генотипов по гену *LEP* (таблица 36).

Таблица 36 – Промеры телосложения овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по гену *LEP* в 9-месячном возрасте

Генотип	Высота		Глубина груди	Ширина груди	Косая длина туловища	Обхват	
	в холке	в крестце				пясти	груди
<i>LEP^{GG}</i>	64,5 ±1,02	66,0 ±0,87	28,0 ±0,44	25,17 ±0,58	64,28 ±1,28	8,95 ±0,19	88,5 ±1,12
<i>LEP^{GT}</i>	68,13 ±1,68	70,13 ±0,85	29,25 ±0,59	26,88 ±0,55	69,83 ±1,04	9,48 ±0,18	93,13 ±1,99
<i>LEP^{TT}</i>	62,0 ±0,91	62,7 ±1,03	26,25 ±0,85	21,25 ±0,85	60,7 ±0,96	7,75 ±0,48	84,75 ±1,44

Анализ сопоставления промеров у молодняка овец в зависимости от генотипов гена *LEP* выявил превосходство животных генотипа *LEP^{GT}* по показателями представленных промеров: высоте в холке 5,6 и 9,8 % ($p < 0,001$), в крестце 6,2 и 11,8 % ($p < 0,001$), глубине груди 4,5 и 11,4 % ($p < 0,001$), ее обхвату – 5,2 и 9,8 % ($p < 0,001$), ширине груди– 6,8 и 26,5 % ($p < 0,001$), косой длине туловища 8,6 и 15 % ($p < 0,001$), в сравнении со сверстницами генотипов *LEP^{GG}* и *LEP^{TT}*, что проявляется в лучшей характеристике признаков мясной продуктивности у носителей генотипа *LEP^{GT}*.

Рассмотрение индексов телосложения исследуемых животных выявлено, что у животных *LEP^{GT}* генотипа наблюдалась большая величина индексов растянутости (2,86 и 4,60 %), массивности (1,80 и 3,54 %), грудного (2,01 и 10,95 %), тем самым характеризуя лучшие признаки мясного типа, по сравнению с особями генотипов *LEP^{GG}* и *LEP^{TT}* (таблица 37).

Таблица 37 – Индексы телосложения овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по гену *LEP* в 9-месячном возрасте, %

Генотип	Индексы телосложения						
	массивности	сбитости	грудной	костиности	растянутости	длинноногости	перерослости
<i>LEP^{GG}</i>	138,42	143,13	89,89	13,88	99,64	56,5	102,3
<i>LEP^{GT}</i>	140,03	133,4	91,9	13,79	102,5	56,92	103,16
<i>LEP^{TT}</i>	136,68	139,6	80,95	14,09	97,9	57,69	101,1

Таким образом, выявлены достоверные ассоциации между генотипами генов *GH*, *LEP* с признаками роста овец северокавказской мясо-шерстной породы. Наблюдались генетические вариации в продуктивности, что подчеркивает важность изучения молекулярно-генетических маркеров для программ селекции в животноводстве.

3.5.2. Уровень резистентности овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам *GH*, *LEP*

Умение живого организма приспособливаться считается необходимым требованием селекционно-племенной работы. Понятие резистентности включает в себя группу биологических факторов, рассматриваемых как хозяйственно-полезный признак (З.К. Гаджиев, 2007). Характеристика адаптационных свойств, отражающая способность индивида отражать неблагоприятные воздействия внешней среды, возможна при помощи показателей естественной резистентности.

Сравнительным анализом параметров естественной резистентности у исследуемого поголовья с учетом сочетаний генотипов генов *GH*, *LEP* установлены определенные различия (таблица 38).

Таблица 38 – Показатели естественной резистентности ярок породы северокавказская мясо-шерстная различных генотипов, %

Генотип	Возрастные периоды, мес.	БАСК, %	ЛАСК, %
<i>GH</i>			
<i>GH^{CC}</i>	4 мес.	46,32±1,87	35,65±0,7
	9 мес.	49,16±1,44	37,21±0,47
<i>GH^{CT}</i>	4 мес.	47,90±1,78	36,27±1,31
	9 мес.	51,69±1,82	38,91±0,77
<i>GH^{TT}</i>	4 мес.	44,08±4,02	32,83±1,31
	9 мес.	48,02±3,09	35,40±1,22
<i>LEP</i>			
<i>LEP^{GG}</i>	4 мес.	46,25±1,66	34,56±0,76
	9 мес.	49,06±1,28	36,94±0,54
<i>LEP^{GT}</i>	4 мес.	47,94±2,70	35,45±1,28
	9 мес.	51,48±2,0	39,06±0,63
<i>LEP^{TT}</i>	4 мес.	44,16±3,51	34,58±1,48
	9 мес.	48,3±4,10	36,31±1,43

Рассматривая гуморальные факторы защиты исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена *GH* выявлено превосходство животных носителей генотипа *GH^{CT}* по уровню бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови в возрасте 4 месяца на 1,58; 3,82 и 0,62; 3,44 абс. %, 9 месяцев - на 2,53; 3,67 и 1,7; 3,51 абс. %, по сравнению с аналогами *GH^{CC}* и *GH^{TT}*.

Оценка защитного потенциала овец в зависимости от генотипов гена *GH* позволила установить преимущество молодняка гетерозиготного генотипа над животными гомозиготных генотипов по изученным параметрам естественной резистентности в различные возрастные периоды. Так, у особей с генотипом *LEP^{GT}* показатели БАСК и ЛАСК оказались выше по сравнению с животными

генотипов LEP^{GG} и LEP^{TT} в возрасте 4 месяца на 1,69; 3,78 и 0,89; 0,87 абс. %, 9 месяцев - на 2,42; 3,18 и 2,12; 2,75 абс. %.

Сравнительным анализом показателей естественной резистентности овец в зависимости от полиморфности генов GH и LEP , выявлена закономерность превосходства ярков гетерозиготных вариантов в сравнении с аналогами, что указывает на лучшую приспособленность и более высокий уровень защитных сил организма.

3.5.3 Особенности обмена веществ у овец северокавказской мясошерстной породы с различными генотипами по генам GH , LEP

Кровь является важнейшей составляющей живого организма, поскольку через эту среду осуществляется обмен веществ, доставляя в клетки органов питательные вещества и удалив при этом метаболиты (З.К. Гаджиев, 2014).

По данным биохимического анализа крови можно установить степень интенсивности обменных процессов таких как ферменты крови, их активность, уровень обмена веществ. Если биохимическая адаптация закодирована в генах, то можно предположить, что биохимический состав крови также связан с возникающими изменениями в нуклеотидной последовательности (Е.Н. Чернобай, 2019).

Исследуя белковую составляющую крови нами устанавливалось содержание общего белка и белковых фракций сыворотки крови у животных различных генотипов генов GH , LEP .

При оценке уровня метаболизма ярков в изученные возрастные периоды с учетом сочетаний генотипов по генам GH , LEP установлено, что группа особей с генотипами GH^{CT} , LEP^{GT} отличалась высоким уровнем сывороточного белка и его фракционного состава по сравнению с животными других генотипов рассматриваемых генов.

Рассматривая особенности белкового спектра крови у ярок с учетом генотипов гена *GH* выявили, что в крови животных носителей генотипа *GH^{CT}* степень увеличения концентрации сывороточного белка составила в возрасте 4 месяцев 4,8 и 6,3 % ($p < 0,001$), 9 месяцев 5,0 и 6,1 % ($p < 0,001$), что больше, чем у ярок носителей генотипов *GH^{CC}*, *GH^{TT}*.

Для оценки фракционного состава белка животных установлен достоверно более высокий уровень альбуминов в крови животных с генотипом *GH^{CT}* относительно носителей генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* в возрасте 4 месяца на 6,6 и 9,6 % ($p < 0,001$), 9 месяцев - на 7,5 и 8,8 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$). По количеству глобулинов в сыворотке крови сохранялась тенденция преимущества животных обладательниц *GH^{CT}* генотипа.

Полученные данные по количеству γ - глобулиновой фракции указывают на превосходство носителей генотипа *GH^{CT}* по сравнению с особями генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}* в возрасте 4 месяца на 6,5 и 7,2 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), 9 месяцев – 5,9 и 7,9 % ($p < 0,05$).

Вышеизложенное закономерно отразилось в величине коэффициента соотношения альбуминовой и глобулиновой фракций – А/Г, варьировавшего в зависимости от генотипов гена *GH* в возрасте 4 месяца в пределах от 0,92 до 0,98, 9 месяцев – 0,73 – 0,74, о чем свидетельствует физиологическая направленность белкового обмена (таблица 39).

Таблица 39 – Содержание общего белка и его фракционного состава в сыворотке крови овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам *GH*, *LEP*

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Фракции глобулина, г/л			Коэффициент А/Г
					α	β	γ	
<i>GH</i>								
<i>GH^{CC}</i>	4 мес.	67,51±1,06	32,84±0,69	34,67±0,73	8,76±0,30	7,15±0,27	18,76±0,71	0,95
	9 мес.	70,54±0,37	29,87±1,70	40,67±1,72	10,46±1,13	9,86±0,41	20,35±1,56	0,74
<i>GH^{CT}</i>	4 мес.	70,76±0,43	35,0±0,37	35,76±0,30	8,57±0,50	7,21±0,41	19,98±0,88	0,98
	9 мес.	74,04±1,13	32,10±0,90	41,95±1,52	10,65±0,94	9,75±0,40	21,55±1,09	0,76
<i>GH^{TT}</i>	4 мес.	66,54±1,17	31,94±1,08	34,70±0,87	8,96±0,58	7,11±0,56	18,63±1,15	0,92
	9 мес.	69,80±1,35	29,50±1,27	40,30±1,30	10,48±0,47	9,85±0,38	19,97±1,37	0,73
<i>LEP</i>								
<i>LEP^{GG}</i>	4 мес.	68,38±0,79	33,69±0,57	34,99±0,57	8,80±0,32	7,27±0,28	18,92±0,67	0,97
	9 мес.	70,25±1,35	29,84±1,26	40,41±1,30	10,68±0,70	9,75±0,28	19,98±0,84	0,74
<i>LEP^{GT}</i>	4 мес.	70,02±0,62	34,21±0,70	35,81±0,49	8,47±0,39	7,01±0,38	20,33±0,54	0,96
	9 мес.	73,28±0,63	31,54±0,83	41,74±1,26	10,66±0,44	9,82±0,45	21,26±1,19	0,76
<i>LEP^{TT}</i>	4 мес.	67,28±2,15	33,03±0,89	34,25±2,56	8,99±0,69	7,15±0,51	17,49±1,73	0,96
	9 мес.	70,11±1,61	29,80±1,27	40,31±1,62	10,71±0,41	9,68±0,63	19,92±1,43	0,74

Исследование уровня сывороточного белка у овец в зависимости от генотипов гена *LEP* показало, что максимальное его содержание наблюдалось в крови овец носителей *LEP^{GT}* генотипа, превышающее значение показателей ярков генотипов *LEP^{GG}*, *LEP^{TT}* в возрасте 4 месяца на 2,4 и 4,1 %, 9 месяцев – 4,3 и 4,5 % ($p < 0,05$).

У животных носителей *LEP^{GT}* генотипа уровень альбуминов и глобулинов в крови был выше, чем у ярков генотипов *LEP^{GG}*, *LEP^{TT}* в возрасте 4 месяца на 2,3 и 4,6 %, 9 месяцев – 3,3 и 3,5 % ($p < 0,05$). К тому же, уровень γ -глобулиновой фракции был выше в крови животных генотипа *LEP^{GT}*, превосходство которых над ярками генотипов *LEP^{GG}*, *LEP^{TT}* составило в возрасте 4 месяца – 7,4 и 16,2 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), 9 месяцев – 6,4 и 6,7 % ($p < 0,05$). Диапазон значений альбумин-глобулинового коэффициента находился в пределах от 0,96 до 0,97 в возрасте 4 месяцев и от 0,74 до 0,76 в возрасте 9 месяцев.

В пределах физиологической нормы находились биохимические параметры крови у исследуемых животных, поэтому увеличение уровня γ -глобулинов в сыворотке крови ярков с генотипами *GH^{CT}*, *LEP^{GT}* может указывать на большие защитные возможности к выработке антител.

Тем не менее, для суждения об интенсивности белкового обмена нужны данные о конечных продуктах белкового обмена.

В связи с этим, рассмотрен уровень изучаемых метаболитов в периферической крови овец исследуемой популяции. У животных носителей генотипа *GH^{CT}* оказалась низкая концентрация мочевины и креатинина в возрасте 4 месяца на 5,0; 8,0 % ($p < 0,05$) и 4,8; 5,3 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), в возрасте 9 месяцев – 5,8; 7,3 и 5,3; 5,1 % ($p < 0,05$), чем у ярков носителей генотипов *GH^{CC}* и *GH^{TT}*.

Исследование уровня этих же метаболитов в периферической крови овец выявило, что для овец носителей генотипа *LEP^{GT}* была характерна низкая концентрация мочевины и креатинина в возрасте 4 месяца на 2,8; 6,4 и 5,7; 6,81

% ($p < 0,001$; $p < 0,05$), в возрасте 9 месяцев – 3,0; 5,1 и 3,4; 4,1 % по сравнению с обладательницами генотипов LEP^{GG} и LEP^{TT} (таблица 40).

Таблица 40– Уровень метаболитов белкового обмена в сыворотке крови овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам GH , LEP

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Креатинин, мкмоль/л	Мочевина, ммоль/л
<i>GH</i>			
GH^{CC}	4 мес.	107,5±2,46	5,80±0,27
	9 мес.	111,56±3,7	6,04±0,21
GH^{CT}	4 мес.	101,22±5,27	5,51±0,29
	9 мес.	105,89±5,99	5,72±0,37
GH^{TT}	4 мес.	109,2±5,71	5,99±0,25
	9 мес.	111,82±8,43	6,01±0,23
<i>LEP</i>			
LEP^{GG}	4 мес.	108,17±3,76	5,75±0,4
	9 мес.	112,28±3,09	5,94±0,32
LEP^{GT}	4 мес.	102,0±2,34	5,59±0,30
	9 мес.	107,63±7,64	5,76±0,31
LEP^{TT}	4 мес.	109,5±3,93	5,97±0,23
	9 мес.	111,75±12,1	6,07±0,25

Определенный интерес представляет изучение трансаминазной активности крови у овец с учетом сочетаний генотипов по генам GH и LEP , концентрация которых отражает уровень белкового обмена в организме животных.

Анализ данных установил тенденцию наибольшего уровня активности изучаемых ферментов (АСТ и АЛТ) для носителей генотипа GH^{CT} , по сравнению с ярками генотипов GH^{CC} и GH^{TT} в возрасте 4 месяца на 3,2; 5,4 % и 5,5; 7,5 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), в 9 месяцев – 6,7; 8,4 % ($p < 0,05$) и 7,2; 8,4 % ($p < 0,001$).

Рассматривая уровень активности трансаминаз в зависимости от генотипов гена LEP выявлено, что наибольшая активность ферментов переаминирования отмечена в крови животных носителей генотипа LEP^{GT} по

сравнению с аналогами LEP^{GG} и LEP^{TT} , составившая: в возрасте 4 месяца по АСТ – 3,7 и 8,6 %, по АЛТ – 3,7 и 4,7 %; в 9 месяцев: по АСТ – 7,2 и 11,8 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), по АЛТ – 3,3 и 6,8 % ($p < 0,05$) (таблица 41).

Таблица 41 – Активность ферментов переаминирования в сыворотке крови овец северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам GH , LEP

Генотип	Возрастные периоды, мес.	Аспартатамино-трансфераза (АСТ), мккат/л	Аланинамино-трансфераза (АЛТ), мккат/л
<i>GH</i>			
GH^{CC}	4 мес.	0,678±0,03	0,327±0,01
	9 мес.	0,690±0,03	0,363±0,01
GH^{CT}	4 мес.	0,700±0,03	0,345±0,01
	9 мес.	0,736±0,03	0,389±0,01
GH^{TT}	4 мес.	0,664±0,05	0,321±0,02
	9 мес.	0,679±0,03	0,359±0,01
<i>LEP</i>			
LEP^{GG}	4 мес.	0,667±0,03	0,321±0,01
	9 мес.	0,694±0,02	0,365±0,01
LEP^{GT}	4 мес.	0,692±0,03	0,333±0,01
	9 мес.	0,744±0,03	0,377±0,02
LEP^{TT}	4 мес.	0,637±0,06	0,318±0,02
	9 мес.	0,665±0,03	0,353±0,01

Поскольку, биохимические параметры крови у животных находились в пределах физиологической нормы. Поэтому можем предположить, что обменные процессы у особей с генотипами GH^{CT} , LEP^{GT} протекали более интенсивно, создавая условия для лучшего роста и развития. Тем более, что более высокий уровень активности трансаминаз у животных генотипов GH^{CT} и LEP^{GT} вовлекает больше энергетических и пластических ресурсов организма.

3.5.4 Ассоциация полиморфизма в генах *GH* и *LEP* с количественно-качественными показателями мясной продуктивности овец северокавказской мясо-шерстной породы

На сегодняшний день приоритетами в селекции овец являются параметры мясной продуктивности, ведь в современных условиях международного рынка фокус внимания обращен на качественный потенциал баранины. При получении мясной продукции высокого качества важно учитывать факторы, влияющие на качественно-количественные характеристики (генетические, морфофизиологические, технологические, уровень кормления и условия содержания) (Л.Н. Скорых, 2011; В.И. Косилов, П.Н. Шкилев и др., 2016; И.А. Копылов, Л.Н. Скорых и др., 2017).

Оценивая мясную продуктивность овец северокавказской мясо-шерстной породы можно отметить, что группа особей с генотипом GH^{CT} и LEP^{GT} отличалась лучшими показателями мясной продуктивности по сравнению с животными других генотипов исследуемых генов (таблица 42).

Анализируя данные мясной продуктивности у овец северокавказской мясо-шерстной породы в зависимости от генотипов гена *GH* выявили, что животные носители генотипа GH^{CT} превосходили ярок обладательниц генотипов GH^{CC} , GH^{TT} по живой массе перед убоем на 6,8 и 9,1 % ($p < 0,001$), массе парной туши – 7,2 и 12,4 % ($p < 0,001$), убойной массе – 7,9 и 13,0 % ($p < 0,001$). Кроме того, обнаруженная мутация отразилась на большем убойном выходе, полученном от овец носительниц генотипа GH^{CT} и превышающего показатели животных генотипов GH^{CC} , GH^{TT} на 0,4 и 1,5 абс. %.

При рассмотрении степени развития внутренних органов животных в зависимости от генотипов гена *GH* установлено, что особи GH^{CT} генотипа характеризовались лучшим развитием легких, чем носители GH^{CC} и GH^{TT} генотипов на 3,8 и 3,3 % ($p < 0,001$).

Таблица 42 – Результаты контрольного убоя овец породы северокавказская мясо-шерстная с разными генотипами по генам *GH* и *LEP*

Генотип	Показатель									
	Предубойная живая масса, кг	Масса парной туши, кг	Масса внутреннего жира, кг	Убойная масса, кг	Убойный выход, %	Масса селезенки, г	Масса легких с трахеей, г	Масса сердца, г	Масса печени, г	Масса почек, г
<i>GH</i>										
<i>GH^{CC}</i>	38,0 ±0,31	16,56 ±0,07	0,38 ±0,006	16,94 ±0,10	44,6	72,0 ±0,58	571,33 ±2,4	182,0 ±0,58	583,0 ±2,0	110,67 ±1,86
<i>GH^{CT}</i>	40,6 ±0,95	17,76 ±0,62	0,52 ±0,04	18,28 ±0,66	45,0	77,7 ±3,71	593,33 ±5,36	190,0 ±2,85	600,33 ±10,17	117,0 ±6,49
<i>GH^{TT}</i>	37,20 ±0,10	15,8 ±0,32	0,37 ±0,04	16,17 ±0,33	43,5	70,33 ±1,2	574,0 ±3,21	184,0 ±1,73	581,0 ±11,01	109,0 ±2,08
<i>LEP</i>										
<i>LEP^{GG}</i>	38,73 ±0,52	17,0 ±0,43	0,39 ±0,006	17,39 ±0,43	45,0	75,33 ±1,86	573,67 ±4,7	183,33 ±1,86	588,33 ±3,33	114,33 ±2,18
<i>LEP^{GT}</i>	40,23 ±0,62	18,10 ±0,26	0,50 ±0,02	18,6 ±0,28	46,2	76,7 ±2,19	599,67 ±6,33	196,7 ±2,73	606,67 ±19,64	118,7 ±6,98
<i>LEP^{TT}</i>	37,5 ±0,50	16,10 ±0,31	0,35 ±0,03	16,45 ±0,32	43,8	71,7 ±0,67	567,67 ±5,24	180,0 ±1,76	575,33 ±18,17	111,0 ±3,05

Масса печени (581,0-600,33 г) свидетельствует о ее нормальном развитии у овец исследуемых генотипов. Кроме того, установлено преимущество животных носительниц генотипа GH^{CT} над животными GH^{CC} и GH^{TT} генотипов по величине центрального органа сосудистой системы – сердца - на 4,5 и 3,3 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), массе селезенки на 7,9 и 10,5 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), почек – 5,7 и 7,3 % ($p < 0,05$).

По уровню мясной продуктивности животных в зависимости от генотипов гена LEP также установлены определенные различия. Так, носительницы генотипа LEP^{GT} выгодно отличались от своих сверстниц LEP^{GG} , LEP^{TT} генотипов по живой массе перед убоем на 3,8 и 7,3 %, по массе парной туши – 6,5 и 12,4 % ($p < 0,001$), убойной массе – 6,9 и 13,1 % ($p < 0,001$).

Убойный выход, как величина соотношения, нашел отражение в лучшем показателе для туш животных LEP^{GT} генотипа по сравнению с носителями генотипов LEP^{GG} и LEP^{TT} на 1,2; 2,14 абс. %.

Анализируя данные о степени развития внутренних органов овец с учетом генотипов гена LEP выявлено преимущество животных носительниц генотипа LEP^{GT} над животными LEP^{GG} и LEP^{TT} генотипов по размеру сердца на 7,3 и 9,3 % ($p < 0,001$), массе легких – 4,5 и 5,6 % ($p < 0,001$), печени - 3,1 и 5,4 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), почек – 3,8 и 6,9 % ($p < 0,05$).

Важный параметр мясной продуктивности - сортовой состав туши, однако питательная ценность мяса разных частей туши неоднозначна. Сравнительный анализ показателей сортовой разрубки туш от исследуемого поголовья в зависимости от генотипов гена GH , выявил, что животные характеризовались достаточно высоким выходом отрубов I сорта (92,94 – 94,07 %). При этом ярки носители GH^{CT} генотипа превосходили овец GH^{CC} и GH^{TT} генотипов по массе первого сорта на 1,06 и 1,13 абсолютных процента.

В результате обвалки полутуш от исследуемого поголовья установлено, что лучшим морфологическим составом характеризовались особи GH^{CT} генотипа. Выявлено, что в тушах овец носителей GH^{CT} генотипа содержался больший процент мышечной ткани, чем у особей GH^{CC} и GH^{TT} генотипов на

8,3 и 13,8 % ($p < 0,001$). В итоге это закономерно отразилось на коэффициенте мясности, составившем у молодняка носителей GH^{CT} генотипа 3,50 усл. ед., что выше, чем у обладательниц GH^{CC} и GH^{TT} генотипов на 4,8 и 6,4 % (таблица 43).

Таблица 43 – Сортной и морфологический состав полутуш ярок северокавказской мясо-шерстной породы с различными генотипами по генам GH и LEP

Генотип	Показатель				Коэффициент мясности	Выход отрубов по сортам, %	
	Масса мякоти, кг	Выход мякоти, %	Масса костей, кг	Выход костей, %		I	II
<i>GH</i>							
GH^{CC}	6,37±0,07	76,94	1,91±0,09	23,06	3,34	93,01	6,99
GH^{CT}	6,90±0,32	77,70	1,98±0,11	22,30	3,50	94,07	5,93
GH^{TT}	6,06±0,11	76,67	1,84±0,05	23,33	3,29	92,94	7,06
<i>LEP</i>							
LEP^{GG}	6,58±0,11	76,7	1,92±0,10	23,30	3,43	93,15	6,85
LEP^{GT}	7,05±0,10	78,9	2,01±0,10	21,10	3,53	93,50	6,50
LEP^{TT}	6,2±0,10	76,0	1,85±0,06	24,0	3,35	93,0	7,0

Полученные данные морфологического состава туш указывают на то, что наличие генотипа LEP^{GT} связано с большим содержанием мышечной ткани, чем у животных генотипов LEP^{GG} и LEP^{TT} на 7,1 и 13,7 % ($p < 0,001$).

Подобная закономерность между изученными генотипами проявилась и в коэффициенте мясности, составившем у особей LEP^{GT} генотипа 3,53 усл. ед., что превысило числовое значение рассматриваемого параметра у аналогов LEP^{GG} и LEP^{TT} .

Анализ и сопоставление количественно-качественных показателей мясной продуктивности в зависимости от полиморфности генов GH и LEP

показал, что более высокий выход ценных сортов мяса, его мякотной составляющей обнаружен у овец GH^{CT} и LEP^{GT} генотипов.

Значимость мяса-баранины определяется не только качественной характеристикой туши, морфологическим и сортовым составом, в значительной степени зависит от химических компонентов мышечной ткани, с учетом которых можно говорить о биологической зрелости, энергетической ценности мяса-баранины как продукта питания (А.В. Молчанов, 2010; А.Ч. Гаглоев, 2019).

В связи с вышесказанным, анализом результатов исследований химического состава мышечной ткани выявлена тенденция к увеличению содержания химических компонентов относительно принадлежности к определенному генотипу по генам GH и LEP (таблица 44).

Таблица 44 – Химический состав мышечной ткани овец северокавказской мясо-шерстной породы разных генотипов по генам GH и LEP , %

Генотип	Показатель				
	Общая влага	Сухое вещество	Сырой жир	Сырая зола	Сырой протеин
<i>GH</i>					
GH^{CC}	67,09±1,22	32,91±1,22	9,36±0,73	0,9±0,02	22,65±0,5
GH^{CT}	65,08±1,86	34,92±1,86	10,07±1,35	1,04±0,01	23,81±0,51
GH^{TT}	67,03±0,97	32,97±0,97	9,13±0,4	1,03±0,04	23,26±1,09
<i>LEP</i>					
LEP^{GG}	68,08±0,74	31,92±0,74	8,69±0,59	0,96±0,07	22,27±0,34
LEP^{GT}	65,83±2,18	34,17±2,18	9,75±2,23	0,84±0,08	23,58±1,06
LEP^{TT}	67,18±2,06	32,82±2,06	8,79±0,85	1,08±0,04	22,95±1,43

По результатам химического исследования мышечной ткани у рассматриваемой популяции овец зафиксированы более значительные различия в процентном содержании следующих компонентов: влага, протеин,

жир. Мышечная ткань молодняка генотипа GH^{CT} содержала больше протеина и жира на 1,16, 0,55 и 0,71 и 0,94 абс. % соответственно, при этом меньше влаги на 2,01 и 1,95 абс. %, относительно значений при исследовании мяса животных с генотипами GH^{CC} и GH^{TT} .

В ходе анализа результатов химического состава мяса исследуемых животных выявлено, что животные с генотипом LEP^{GT} отличались большим содержанием протеина на 1,31; 0,63 абс. % и жира - на 1,06; 0,96 абс. %, но меньшим содержанием влаги на 2,25; 1,35 абс. %, по сравнению с аналогами LEP^{GG} и LEP^{TT} генотипов.

Обобщая вышесказанное, делаем вывод о высокой ценности получаемой продукции от животных с гетерозиготными вариантами генотипов.

В связи с тем, что более объективная оценка качества мяса может быть установлена в ходе проведения анализа микроструктурного строения мышечной ткани, то нами проведены гистологические исследования длиннейшего мускула спины исследуемых животных на основе принадлежности к изучаемому генотипу в генах GH и LEP .

При оценке мясных качеств установлено большее количество мышечных волокон на 1,9 и 2,4 % ($p < 0,001$), меньшим диаметром мышечных волокон на 2,0 и 6,3 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$) у животных генотипа GH^{CT} по сравнению с ярками генотипов GH^{CC} и GH^{TT} . Кроме того, в мясе, полученном от особей GH^{CT} генотипа, содержалось меньше соединительной ткани на 0,69-0,86 абс. процента по сравнению с овцами генотипов GH^{CC} и GH^{TT} .

Оценка полученных данных при рассмотрении гистоструктуры длиннейшей мышцы спины у изучаемых животных в зависимости от полиморфности генотипов гена LEP свидетельствует, что характеристика мышечной ткани овец генотипа LEP^{GT} состояла в большем количестве мышечных волокон на 2,1 и 2,2% ($p < 0,001$; $p < 0,05$), меньшим их диаметре на 1,7 и 6,2% ($p < 0,05$), чем у животных носителей генотипов LEP^{GG} и LEP^{TT} .

К тому же, в длиннейшей мышце спины, полученной от особей генотипа LEP^{GT} содержалось меньшее количество соединительной ткани на 0,66 и 0,73

абс. % в отличие от животных LEP^{GG} и LEP^{TT} генотипов. Ввиду того, что особая ценность заключается во внутримышечном жиротложении, которое формирует «мраморность» мяса-баранины, то изучение указанного показателя свидетельствует о лучшем коэффициенте «мраморности» характерном для мышечной ткани носителей генотипа LEP^{GT} , составившем 34,41 балла, при сопоставлении с мясом овец LEP^{GG} и LEP^{TT} генотипов (таблица 45).

Таблица 45 – Микроструктурный анализ мышечной ткани у ярок северокавказской мясо-шерстной породы различных генотипов по генам GH и LEP

Показатель	Количество мышечных волокон, шт.	Диаметр мышечного волокна, мкм	Общая оценка «мраморности», балл	Содержание соединительной ткани, %
<i>GH</i>				
GH^{CC}	377,26±3,05	26,91±0,51	33,72±0,44	8,03±0,2
GH^{CT}	384,52±1,35	26,36±0,72	34,62±1,18	7,34±0,38
GH^{TT}	375,34±2,8	28,14±0,48	32,11±1,17	8,2±0,31
<i>LEP</i>				
LEP^{GG}	377,33±3,11	26,79±0,6	33,03±0,69	7,93±0,41
LEP^{GT}	385,19±4,51	26,34±0,72	34,41±1,15	7,27±0,09
LEP^{TT}	376,78±6,91	28,09±0,53	32,59±1,5	8,0±0,23

Исследованиями ряда ученых (Н. И. Ефимова, 2012; Ю. А. Колосов, 2014; Г.В. Завгородняя, 2016; И.И. Дмитрик, 2020) подтверждается положение пропорциональной зависимости количества мышечных волокон и качества мяса, которое было отмечено у ярок с генотипами GH^{CT} , LEP^{GT} . Следовательно, мышечная ткань животных рассматриваемых генотипов характеризуется следующими особенностями: более хорошей нежностью, сочностью, имеет в совокупности выше качество и потребительские свойства.

Выявленная закономерность позволяет сделать вывод о том, что замена с.321С>Т в гене *GH* и с.387G>Т в гене *LEP* ассоциированы с высокой мясной продуктивностью овец северокавказской мясо-шерстной породы. Полученные сведения можно использовать в целях дальнейшей селекции при формировании высокопродуктивных животных.

3.6. Дисперсионный анализ результатов исследования

Исследование Cargo et al. (2000) показало, что различный уровень гена лептин в организме вызывает повышение или снижение уровня секреции гормона роста. Интересно, что структура гена *LEP* аналогична структуре гена *GH*, и существует вероятность связывания лептина с белками гена гормона роста. Так, гипофиз головного мозга является местом экспрессии рецепторов гена *LEP*, посредством чего происходит высвобождение *GH* (Shimon et al., 1998). Поэтому *LEP* может быть ключевым звеном в развитии и росте гипофизарной системы.

Вероятно, что мясные признаки у овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная могут быть связаны с комплексными генотипами изучаемых генов.

Для выяснения силы влияния того или иного комплекса генотипов генов *GH*, *LEP* и *MSTN* на значения исследуемых признаков роста был применен дисперсионный анализ с обозначением нулевой гипотезы. Для животных северокавказской мясо-шерстной породы дисперсионный анализ проводился по 7 градациям фактора, для животных породы советский меринос – по 11 градациям фактора, принадлежности к тому или иному генотипу. Градации обусловлены комбинацией генотипов генов *GH* и *LEP* для выборки животных северокавказской мясо-шерстной породы, и комбинацией генотипов генов *GH*, *LEP* и *MSTN* для выборки животных породы советский меринос (таблица 46).

Таблица 46 – Количество и виды градаций фактора для анализируемых выборок

Порода			
Советский меринос		Северокавказская мясо-шерстная	
№ п/п	Градация фактора	№ п/п	Градация фактора
1	$GH^{CC} + LEP^{GG} + MSTN^{CC}$	1	$GH^{CC} + LEP^{GG}$
2	$GH^{CC} + LEP^{GG} + MSTN^{CA}$	2	$GH^{CC} + LEP^{GT}$
3	$GH^{CC} + LEP^{GG} + MSTN^{AA}$	3	$GH^{CC} + LEP^{TT}$
4	$GH^{CC} + LEP^{GT} + MSTN^{CC}$	4	$GH^{CT} + LEP^{GG}$
5	$GH^{CC} + LEP^{GT} + MSTN^{CA}$	5	$GH^{CT} + LEP^{GT}$
6	$GH^{CC} + LEP^{GT} + MSTN^{AA}$	6	$GH^{TT} + LEP^{GG}$
7	$GH^{CT} + LEP^{GG} + MSTN^{CC}$	7	$GH^{TT} + LEP^{TT}$
8	$GH^{CT} + LEP^{GG} + MSTN^{CA}$	$N=30; r=7$	
9	$GH^{CT} + LEP^{GT} + MSTN^{CC}$		
10	$GH^{TT} + LEP^{GG} + MSTN^{CC}$		
11	$GH^{TT} + LEP^{GG} + MSTN^{AA}$		
$N=30; r=11$			

У овец северокавказской мясо-шерстной породы состав генотипов генов GH , LEP не оказывает заметного влияния на среднее значение массы при рождении. Однако анализируя массу при отъеме в возрасте 4 месяца показатель достоверности силы влияния генотипа на среднее значение результирующих признаков превосходит стандартное значение критерия Фишера. Поэтому, можно утверждать, что для овец северокавказской мясо-шерстной породы состав генотипа существенно влияет на значение их живой массы в возрасте 4 месяца, а также на скорость роста от рождения до отъема (таблица 47).

Таблица 47 – Результаты дисперсионного анализа для выборки животных пород северокавказская мясо-шерстная и советский меринос ($\alpha = 0,05$)

Параметр дисперсионного анализа		Живая масса при рождении	Живая масса в 4 месяца	Среднесуточный прирост живой массы
Северокавказская мясо-шерстная	SS_A	2,458	147,652	8230,532
	SS_E	5,977	168,214	10405,16
	SS_T	8,435	315,867	18635,74
	F	1,579	3,365	3,032
	p	0,199	0,016	0,025
	F_{st}	2,528	2,528	2,528
	η_x^2	$0,291 \pm 0,185$	$0,467 \pm 0,139$	$0,442 \pm 0,146$
	F_η	1,576	3,365	3,032
Советский меринос	SS_A	4,224	24,864	1327,323
	SS_E	1,757	23,165	1955,037
	SS_T	5,982	48,030	3282,360
	F	4,568	2,039	1,290
	p	0,002	0,087	0,303
	F_{st}	2,378	2,378	2,378
	η_x^2	$0,706 \pm 0,155$	$0,518 \pm 0,234$	$0,404 \pm 0,313$
	F_η	4,568	2,039	1,290

У овец породы советский меринос комбинации генотипов генов *GH*, *LEP* и *MSTN* оказывают существенное влияние на живую массу при рождении. В этом случае наблюдается наиболее высокий показатель силы влияния фактора с достоверностью этого показателя. Относительно данных по массе при отъеме в возрасте 4 месяца и скорости роста состав генотипов не оказывает заметного влияния на среднее значение.

Более наглядно средние значения признаков роста в зависимости от градаций фактора для животных пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная показаны на диаграмме (рисунок 6, 7).

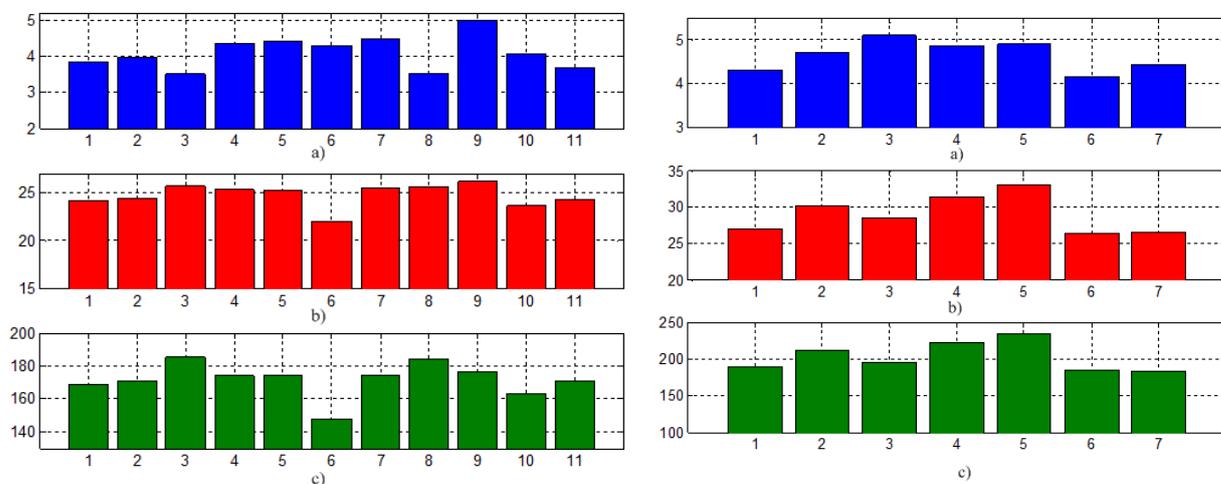


Рисунок 6 – Средние значения признаков роста для различных комплексов генотипов животных породы советский меринос

Рисунок 7 – Средние значения признаков роста для различных комплексов генотипов животных северокавказской мясо-шерстной

а) масса при рождении; б) масса при отъеме;
в) среднесуточный прирост от рождения до отъема

На рисунке 6а видно, что градации фактора существенно влияют на средние значения живой массы при рождении у овец породы советский меринос. Особенно это выражено у группы животных с комплексным генотипом $GH^{CT}LEP^{GT}MSTN^{CC}$. На рисунках 7б и 7с видно, что градации фактора существенно влияют на средние значения результирующего признака – масса при отъеме. Особенно это заметно у группы животных с гетерозиготным комплексом генотипов $GH^{CT}LEP^{GT}$.

Результаты дисперсионного анализа подтверждают предположения наших исследований, что полиморфизм генов GH , LEP , $MSTN$ оказывает достоверное влияние на живую массу при рождении и отъеме как у овец породы северокавказская мясо-шерстная, так и у породы советский меринос.

3.7. Экономическое обоснование результатов исследований

Экономическое обоснование выращивания молодняка овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная выразилось в следующих показателях: живая масса, затраты на содержание животных, прибыль. Важным показателем прибыльности производства продукции является уровень рентабельности. Реализационная стоимости складывалось из фактических реализационных рыночных цен племенного молодняка, которые установились на момент проведения исследований.

При расчете затрат на содержание одной головы животного руководствовались данными бухгалтерского учета и, поскольку, животные находились в одинаковых условиях содержания, то эта сумма не отличалась для всех групп по изучаемым генотипам (таблица 48, 49).

Таблица 48 – Экономическая эффективность выращивания ярок различных генотипов породы советский меринос

Генотип	Живая масса, кг	Реализационная цена племенного молодняка в живом весе, руб.	Затраты, руб:			Стоимость продукции, руб.	Прибыль, руб.	Уровень рентабельности, %
			на выращивание одной ярки до 9-мес. возраста	на генотипирование 1 гол.	всего затрат			
<i>GH^{CC}</i>	34,8	160	3960	330	4290	5568	1278	29,8
<i>GH^{CT}</i>	36,23					5796,8	1506,8	35,1
<i>GH^{TT}</i>	34,1					5456	1166	27,12
<i>LEP^{GG}</i>	34,9					5584	1294	30,2
<i>LEP^{GT}</i>	36,35					5816	1526	35,6
<i>MSTN^{CC}</i>	35,92					5747,2	1457,2	33,97
<i>MSTN^{CA}</i>	34,02					5443,2	1153,2	26,9
<i>MSTN^{AA}</i>	34,57					5531,2	1241,2	28,93

Рассматривая расчёт экономической эффективности разведения молодняка овец породы советский меринос выявлено, что от группы особей с

генотипами GH^{CT} , LEP^{GT} и $MSTN^{CC}$ получено больше продукции, что сказалось на увеличении прибыли (на 17,4 – 29,2 %) и уровне рентабельности (5,0 – 8,0 %) по сравнению с животными других генотипов исследуемых генов.

Таблица 49 – Экономическая эффективность выращивания овец северокавказской мясо-шерстной породы различных генотипов

Генотип	Живая масса, кг	Реализационная цена племенного молодняка в живом весе, руб.	Затраты, руб:			Стоимость продукции, руб.	Прибыль, руб.	Уровень рентабельности, %
			на выращивание одной ярки до 9-мес. возраста	на генотипирование 1 гол.	всего затрат			
GH^{CC}	41,28	300	7455	330	7785	12384	4599	59,1
GH^{CT}	43,6					13080	5295	68,0
GH^{TT}	40,4					12120	4335	55,7
LEP^{GG}	41,3					12390	4605	59,2
LEP^{GT}	43,1					12930	5145	66,1
LEP^{TT}	40,5					12150	4365	56,1

Анализ расчёта экономической эффективности выращивания молодняка овец северокавказской мясо-шерстной породы свидетельствует, что от ярок носителей GH^{CT} и LEP^{GT} генотипов оказалось большее количество продукции, что предопределило увеличение прибыли (на 11,7 – 22,1 %), уровень рентабельности (6,9 – 12,4 %) по сравнению с животными других генотипов рассматриваемых генов.

Таким образом, применение маркер-ассоциированной селекции по изученным ДНК-маркерам является выгодным, поэтому может использоваться в дальнейшем для выявления высокопродуктивных животных.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были получены сведения о генетической структуре и взаимосвязи полиморфизма генов *GH*, *LEP*, *MSTN* с признаками мясной продуктивности в популяции овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная. На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. По результатам секвенирования образцов ДНК у овец исследуемых пород идентифицировали миссенс-мутацию, расположенную в экзоне V гена *GH* (с.321C>T), миссенс-мутацию в экзоне III гена *LEP* (с.387G>T). Исследованием фрагмента экзона III гена миостатина у овец породы советский меринос выявлена синонимичная замена в кодирующей части гена *MSTN* (с.212C>A). Ген *MSTN* у овец северокавказской мясо-шерстной породы оказался мономорфным.

2. На основании данных секвенирования выявлено наличие полиморфизма в локусах генов *GH*, *LEP* и *MSTN* в популяции овец породы советский меринос, представленного двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^C - 0,70$; $GH^T - 0,30$; $LEP^G - 0,86$; $LEP^T - 0,14$; $MSTN^C - 0,82$; $MSTN^A - 0,18$; тремя генотипами: $GH^{CC} - 53,3$; $GH^{CT} - 33,3$; $GH^{TT} - 13,4$; $MSTN^{CC} - 70,0$; $MSTN^{CA} - 20,0$; $MSTN^{AA} - 10,0$ % и двумя генотипами гена лептина $LEP^{GG} - 73,3$; $LEP^{GT} - 26,7$ %.

Полиморфизм генов *GH*, *LEP* в популяции овец северокавказской мясо-шерстной породы представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^C - 0,68$; $GH^T - 0,32$; $LEP^G - 0,73$; $LEP^T - 0,27$; тремя генотипами: $GH^{CC} - 53,3$; $GH^{CT} - 30,0$; $GH^{TT} - 16,7$; $LEP^{GG} - 60,0$; $LEP^{GT} - 26,7$; $LEP^{TT} - 13,3$ %.

3. Обнаружены статистически значимые различия в интенсивности роста, результатах контрольного убоя у овец породы советский меринос. Наибольшей живой массой характеризовались ярки с генотипом GH^{CT} ,

превосходящие сверстниц с генотипами GH^{CC} и GH^{TT} при рождении на 11,2 и 14,8 % ($p < 0,001$), в возрасте 4 месяца – на 5,0 и 7,6 % ($p < 0,001$); 9 месяцев – на 4,1 и 6,2 % ($p < 0,001$). Кроме того, у овец с генотипом GH^{CT} выявлена бóльшая масса парной туши – на 6,1 и 9,6% ($p < 0,001$), убойная масса – на 6,1 и 9,5% ($p < 0,001$), содержание мышечной ткани в туше – на 7,5 и 11,9% ($p < 0,001$).

Результаты динамики массы тела у исследуемых животных в зависимости от генотипов гена LEP выявили, что бóльшая живая масса отмечена у ярок с генотипом LEP^{GT} над аналогами LEP^{GG} , составившая: при рождении – 10 %, при отъеме – 5,2 %, в 9 месяцев – 4,2 % ($p < 0,05$). Животные с генотипом LEP^{GT} превосходили носителей генотипа LEP^{GG} по массе парной туши на 6,3 % ($p < 0,001$), количеству внутреннего жира – на 9,8 % ($p < 0,001$), убойной массе – на 6,3 % ($p < 0,001$), содержанию мышечной ткани в туше – на 7,8 % ($p < 0,001$).

Выявлены различия, связанные с аллельными вариантами гена $MSTN$, свидетельствующие, что овцы с генотипом $MSTN^{CC}$ превосходят носителей мутантных аллелей по показателям живой массы при рождении на 12,3 и 17,5 % ($p < 0,001$), в возрасте 4 месяца – 5,3 и 8,2 % ($p < 0,05$), 9 месяцев – 4,0 и 5,6 % ($p < 0,05$). Яркие с генотипом $MSTN^{CC}$ показали бóльшие значения относительно сверстниц с генотипами $MSTN^{CA}$ и $MSTN^{AA}$ по убойным показателям: массе парной туши – на 3,1 и 6,0 %, убойной массе – на 3,1 и 5,8 %, содержанию мышечной ткани в туше – на 3,6 и 7,6 %.

4. Установлено, что биохимический состав крови у овец породы советский меринос с генотипами GH^{CT} и LEP^{GT} в возрасте 4 месяца отличался высоким уровнем сывороточного белка – на 3,4–5,8 % ($p < 0,05$), активностью трансаминаз (АСТ, АЛТ) – на 3,7–9,5 и 4,3–8,3 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$), в 9 месяцев – на 5,9–14,8 и 3,5–5,4 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$) соответственно по сравнению с животными гомозиготных вариантов.

5. Наличие у овец северокавказской мясо-шерстной породы полиморфных вариантов гена GH выявило преимущество ярок – носителей

генотипа GH^{CT} над аналогами GH^{CC} и GH^{TT} по величине живой массы при рождении на 6,5 и 14 % ($p < 0,001$), в возрасте 4 месяца – на 7,7 и 10,8 % ($p < 0,001$); 9 месяцев – на 5,6 и 7,9 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$). Животные с генотипом GH^{CT} превосходили носителей генотипов GH^{CC} и GH^{TT} по массе парной туши на 7,2 и 12,4 % ($p < 0,001$), убойной массе – на 7,9 и 13,0 % ($p < 0,001$), содержанию мышечной ткани в туше – на 8,3 и 13,8 % ($p < 0,001$).

Среди животных исследуемых генотипов гена LEP наибольшая живая масса как при отъеме, так и в возрасте 9 месяцев была характерна для ярок – носителей LEP^{GT} генотипа по сравнению с аналогами LEP^{GG} и LEP^{TT} на 5,6 и 7,5; 4,7 и 6,9 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$). При рассмотрении количественно-качественных показателей мясной продуктивности установлено преимущество ярок с генотипом LEP^{GT} над сверстницами с генотипами LEP^{GG} и LEP^{TT} : по массе парной туши – на 6,5 и 12,4 % ($p < 0,001$), убойному выходу – на 1,2; 2,14 абс. %, содержанию мышечной ткани в туше – на 7,1 и 13,7 % ($p < 0,001$).

6. Выявлено, что овцы северокавказской мясо-шерстной породы с генотипами GH^{CT} и LEP^{GT} превосходили животных с гомозиготными вариантами в возрасте 4 месяца по концентрации сывороточного белка на 2,4–6,3 % ($p < 0,05$), активности трансаминаз (АСТ, АЛТ) – на 3,2–8,6 и 3,7–7,5 % ($p < 0,05$), в 9 месяцев – на 3,3–6,1 %; 6,7–11,8 и 3,3–8,4 % ($p < 0,001$; $p < 0,05$) соответственно.

7. Расчет экономической эффективности выращивания молодняка овец породы советский меринос определил, что от особей GH^{CT} , LEP^{GT} и $MSTN^{CC}$ генотипов произведено больше продукции, что оказало влияние на увеличение прибыли на 17,4–29,2 % и уровень рентабельности – 5,0–8,0 %. Рентабельность выращивания молодняка овец северокавказской мясо-шерстной породы с генотипами GH^{CT} и LEP^{GT} составила 6,9–12,4 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью совершенствования племенных стад овец пород советский меринос, северокавказская мясо-шерстная, ускорения селекционного процесса рекомендуется проводить отбор по результатам ДНК-диагностики согласно установленным научно обоснованным сведениям о полиморфизме генов *GH*, *LEP* и *MSTN* и их связи с признаками продуктивности.

Для повышения уровня мясной продуктивности овец пород советский меринос и северокавказская мясо-шерстная целесообразно закреплять в популяции животных с генотипами GH^{CT} и LEP^{GT} .

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Выполненные исследования свидетельствуют о перспективности генов гормона роста, миостатина, лептина в качестве маркеров мясной продуктивности овец. Дальнейшие изыскания в этом направлении будут способствовать разработке селекционных программ по совершенствованию овец пород северокавказская мясо-шерстная и советский меринос с учетом полиморфизма генов *GH*, *LEP*, *MSTN*.

Поскольку в овцеводстве возрастает интерес к маркер-ассоциированной селекции, то целесообразно продолжать поиск ДНК-маркеров с направлением на повышение мясной продуктивности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

GAS (Gene Assisted Selection) – селекция/отбор с помощью генов

GH – гормон роста, соматотропный гормон, соматотропин

GS (Genomic Selection) – геномной селекции

MAS (Marker Assisted Selection) – маркер-ассоциированная селекция

LEP – лептин

MSTN – миостатин

n – количество животных

PCR (ПЦР, Polymerase Chain Reaction) – полимеразная цепная реакция

SNP (Single Nucleotide Polymorphism) – однонуклеотидный полиморфизм

QTL (Quantitative Trait Loci) – локусы количественных признаков

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

п.н. – пар нуклеотидов

ПЦР – полимеразная цепная реакция

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абонеев, В.В. Мясные качества чистопородного и помесного молодняка овец кавказской породы / В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых, Д.Н. Вольный // В сборнике: Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сборник научных трудов юбилейной международной (2-ой) научно-практической конференции, посвященной 40-летию образования СКНИИЖ. – 2009. – С.118-120.
2. Абонеев, В.В. Рекомендации по созданию мериносов в восточной зоне Ставропольского края с использованием импортных баранов производителей / В. В. Абонеев [и др.]// Ставрополь : МСХ Ставропольского края – СНИИЖК – 2010. – С.30.
3. Абонеев В. В. и др. Развитие тонкорунного овцеводства в России //Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – №. 2. – С. 6-13.
4. Абонеев, В.В. Откормочные и мясные качества полутонкорунного молодняка в зависимости от возраста их отъема от маток / В.В. Абонеев, А.А. Омаров, Л.Н. Скорых, Е.В. Никитенко // Зоотехния –2014. – №1 – С. 29-31.
5. Алтухов, Ю.П. Полиморфизм ДНК в популяционной генетике / Ю.П. Алтухов, Е.А. Салменкова // Генетика. – 2002. – Т. 38. – С.1173-1195.
6. Афанасьева, А.И. Белковый состав сыворотки крови овец разного генотипа / А.И. Афанасьева, Н.В. Симонова, С.Г. Катаманов //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 5. – С. 43-46.
7. Бобрышов, С.С. Уровень естественной резистентности потомков от производителей австралийской селекции в онтогенезе / С.С. Бобрышов, Л.Н. Скорых, Е.Н. Барнаш // Перспективы и достижения в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию юбилею со дня основания факультета

технологического менеджмента (зооинженерного). Ставропольский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 22-26.

8. Борисов, О.В. Исследование вклада генетических факторов в вариабельность морфофункциональных характеристик мышечных волокон человека с помощью комбинации биоинформатических методов полногеномного ассоциативного анализа / Борисов Олег Витальевич // диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – 2020. – С. 18-20.

9. Волобуев, Д.В. Полиморфизм крови у овец / Д. В. Волобуев // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 2. – № 7. – С. 276–279.

10. Вольный, Д.Н. Продуктивные и биологические особенности овец кавказской породы и их помесей от промышленного скрещивания с баранами разных пород / Вольный Дмитрий Николаевич // диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – 2009. – 146 с.

11. Гаглоев, А.Ч. Особенности телосложения потомства овец от разных вариантов подбора родительских пар/А.Ч. Гаглоев, А.Н. Негреева, Т.Н. Гаглоева, В.Г.Завьялова// Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – No 2. – С. 62

12. Гаджиев, З.К. Продуктивность и особенности шерстного покрова овец северокавказской мясо-шерстной породы с разным цветом жиропота / Гаджиев Закир Камилович // диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ставрополь, 2000

13. Гаджиев З. К.. Естественная резистентность овец карачаевской поро-ды разных генотипов / З.К. Гаджиев, Х.Н. Гочияев //Сельскохозяйственный журнал. – 2007. – Т. 3. – №. 3-3. – С. 12-14.

14. Гаджиев З.К. Биохимические показатели крови овец карачаевской породы с разным уровнем отбора / З.К. Гаджиев, Е.А. Китц, Д.В. Волобуев // Сельскохозяйственный журнал. 2014. №7. – С. 7-13.

15. Гаджиев, З.К. Полиморфные системы групп крови овец карачаевской породы / З. К. Гаджиев, О. Р. Османова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 3. – № 7. – С. 44–47.

16. Глазко, Т.Т. ДНК-технологии для повышения мясной продуктивности / Т. Т. Глазко, А. Б. Комаров, Е. В. Борзаковская // Известия ТСХА. – 2008. – С. 75–80.

17. Глазко, В.И. Геномная селекция крупного рогатого скота: исследовательские и прикладные задачи // Известия Тимирязевской с.-х. Академии. – 2011. - №5. – С. 126-135.

18. Дейкин, А.В. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А. В. Дейкин, М. И. Селионова, А. Ю. Криворучко, Д. В. Коваленко, В. И. Трухачев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19. – № 6. – С. 576–573.

19. Дейкин, А.В. Генетические маркеры в мясном овцеводстве/ Дейкин А.В., Селионова М.И., Криворучко А.Ю., Коваленко Д.В., Трухачев В.И.// Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 576-583.

20. Денискова Т. Е. и др. Геномная оценка и фенотипическая характеристика F2 ресурсной популяции овец //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20. – №. 5. – С. 498-507.

21. Дмитрик, И.И. Микроструктурные показатели мяса при межпородном скрещивании и разном уровне кормления / И.И. Дмитрик, М.И. Селионова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. - 2016. - Т. 2. - №9. - С. 243-247.

22. Дмитрик, И.И. Корреляция между убойными и микроструктурными показателями мясной продуктивности овец / И.И. Дмитрик, М.И. Селионова, Г.В. Завгородняя // Главный зоотехник. –2019. – № 8. – С. 39-47.

23. Дмитрик, И.И. Качество мяса овец разных генотипов на гистологическом уровне / Дмитрик И.И., Завгородняя Г.В., Бобрышова Г.Т. // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 3 (13). – С. 46-51.

24. Ефимова, Н. И. Генетический потенциал овец породы советский меринос / Н.И.Ефимова, А.Н.Куприян, Г.В.Любина //Сельскохозяйственный журнал. – 2006. – Т. 1. – №. 1. – С. 47-50.

25. Ефимова, Н.И. Мясная продуктивность потомков от баранов пород советский меринос и австралийский мясной меринос/ Ефимова Н.И., Завгородняя Г.В.// Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2011. – Т. 1. – № 4-1. – С. 13-14.

26. Ефимова, Н.И. и др. Качественная оценка мясной продукции молодняка овец разного происхождения //Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – №. 2. – С. 45-45.

27. Ефимова, Н.И. Гематологический профиль, иммунная реактивность потомков от производителей импортной селекции // Н.И. Ефимова, В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых, И.А. Копылов, Е.А. Киц // Ветеринарная патология. – 2014. – №1(47). – С. 66-71.

28. Ефимова, Н.И. Мясная и шерстная продуктивность ярок породы советский меринос разных генотипов / Н.И. Ефимова, Т.И. Антоненко, А.Н. Куприян, И.А. Копылов // Сб. науч. статей по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию юбилею факультета технологического менеджмента Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. – 2014. – С. 35-40.

29. Ефимова, Н.И. Откормочные и убойные показатели молодняка породы советский меринос и помесей с австралийскими мясными мериносами / Н.И. Ефимова, Т.И. Антоненко, А.Н. Куприян // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – №1 (13). – с. 46-48.

30. Ефимова, Н.И. Рост, развитие и некоторые морфобиохимические показатели крови молодняка овец породы советский меринос разных генотипов / Н. И. Ефимова, Т. И. Антоненко, И. А. Копылов // Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции «Перспективы и достижения в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции». – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 35-40.

31. Завгородняя, Г.В. и др. Подходы к оценке качественных показателей мясной продукции овец // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2016. – №. 1. – С. 43-44.

32. Зиновьева, Н.А. Современные методы генетического контроля селекционных процессов и сертификация племенного материала в животноводстве / Н. А. Зиновьева, П. М. Кленовицкий, Е. А. Гладырь, А. А. Никишов // Москва: Учебное пособие. – 2008. – 329 с.

33. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова, В. И. Фисинина, Н. И. Клейманова. М. – 2003.

34. Календарь, Р. Н. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение / Календарь Р. Н., Глазко В. И. // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34. – №. 4. – С. 279-296.

35. Квитко, Ю.Д., Черкасова И.И. Мясная продуктивность северокавказской мясо-шерстной породы овец и ее помесей / Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2007. – Т. 1. – № 1-1. – С. 77-79.

36. Киреичева, М.П. Современное состояние продуктивности овцеводства в России // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 3. – № 1-1. – С. 84-87.

37. Колосов, Ю.А. Эффективность скрещивания маток породы советский меринос с баранами породы маньчский меринос / Ю.А.Колосов,

А.А.Огородник // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2007. – Т. 1. – № 1-1. – С. 81-82.

38. Колосов, Ю.А. Соотносительная изменчивость и наследуемость хозяйственнополезных признаков у молодняка овец сальской породы / Ю.А. Колосов, И.В. Засемчук // Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – № 4 (16). – С. 64-67.

39. Колосов, Ю.А. Использование генофонда ставропольской породы для совершенствования сальских овец / Ю.А.Колосов, И.В.Засемчук, В.А.Святогоров // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 48-53.

40. Колосов, Ю.А. Какие же люди «съели овец»? / Ю.А.Колосов, Д.Е. Белов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – № 2. – С. 57-60.

41. Колосов, Ю.А. Некоторые исторические и современные аспекты меринсового овцеводства России / Ю.А. Колосов, А.И. Клименко, В.В. Абонеев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. – № 2. – С. 2-13.

42. Колосов, Ю.А. Продуктивные качества и гистологическая оценка мышечной ткани помесных мясошерстных овец / Ю.А. Колосов, А.С. Дегтярь // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2014. – Т. 3. – №. 1. – С. 60-66.

43. Колосов, Ю.А./ Подход к оценке генетического разнообразия с.-х. животных / Ю.А.Колосов, Д.Д.Чертков, Н.В.Широкова, Н.Ф.Бакоев, Т.С.Романец, Е.А.Романец, Ш.Д.Михтоджова // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4-1 (22). – С. 14-22.

44. Колосов, Ю.А. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Ю. А. Колосов, Н. В. Кобыляцкий, П. С. Широкова, Л. В. Гетманцева, Н. Ф. Бакоев // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – Т. 2. – № 42. – С. 82–86.

45. Копылов, И.А. Совершенствование породы советский меринос на основе генофонда австралийской селекции и иммуногенетических маркеров : дис. – Ставрополь : диссертация кандидата биологических наук: 06.02. 07/ Копылов Иван Александрович, 2019.

46. Копылов, И.А. Мясность молодняка овец породы советский меринос и их помесей с австралийскими баранами / И.А. Копылов, Л.Н. Скорых, Н.И. Ефимова // Овцы, козы, шерстяное дело. - 2017. - № 2. С. 26-27.

47. Косилов, В.И. Формирование морфологического состава туш молодняка овец ставропольской и южноуральской породы на южном Урале / В.И. Косилов, П.Н. Шкилев, Д.А. Андриенко, Т.С. Кубатбеков // Овцы, козы, шерстяное дело. - 2016. - 4. - С. 28-31.

48. Косилов, В.И. Химический состав и биологическая ценность мышечной ткани молодняка овец цигайской породы / В. И. Косилов, Е. А. Никонова, Ю. А. Юлдашбаев и др. // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 28-29.

49. Костюнина, О.В. Влияние генотипа по ДНК-маркерам на показатели молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / О.В. Костюнина и др.// Достижения науки и техники АПК. – 2011. - №10. – С. 33-34.

50. Кравченко, Н.И. Условия, при которых овцеводство России станет рентабельным //Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2012. – Т. 1. – №. 1. – С. 17-23.

51. Лазебная, И.В. Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы / И. В.Лазебная и др. //Сельскохозяйственная биология. – 2012. – №. 2 – С. 25-26.

52. Леонова, М.А. Распределение частот аллелей и генотипов гена лейкоemia ингибирующего фактора у свиней различных пород / М.А.Леонова, Л.В.Гетманцева, А.Ю.Колосов //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 534.

53. Лушников, В.П. Типы телосложения сельскохозяйственных животных // Зоотехния. - 2006. - № 4. - С. 16.

54. Лушников, В.П. Качество баранины от взрослых овцематок / В.П.Лушников, М.Т.Гиро, Т.М.Хвыля // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – №4. – С.10-13.

55. Лушников, В.П. Влияние полиморфизма гена LEP 387 на мясную продуктивность овец эдильбаевской породы / В.П.Лушников, А.А.Стрильчук, Л.А.Калашникова, Р.Ю. Сенина // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 3. – С. 12-14.

56. Лушников, В.П. Полиморфизм генов соматотропина (GH), кальпастина (CAST), дифференциального фактора роста (GDF 9) у овец татарстанской породы / В.П.Лушников, Т.О.Фетисова, М.И.Селионова, Л.Н.Чижова, Е.С.Суржикова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 1. – С. 2-4.

57. Люханов, М.П. Однонуклеотидный полиморфизм в популяции крупного рогатого скота красной степной породы / М.П. Люханов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко, Н.С. Юдин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 326-326.

58. Методика изучения мясной продуктивности овец // Методические рекомендации ВИЖ. – М., 1978. – 45 с.

59. Методика изучения мясной продуктивности овец: Методические рекомендации /ВИЖ. – М., 1978. – 45 с.

60. Методика оценки мясной продуктивности овец : утв. отдел. зоотехн. РАСХН 15.04.09 / Метод. ГНУ СНИИЖК РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ. – Ставрополь, 2009. – 35 с., [16] л.- 100 экз.

61. Методика оценки мясной продуктивности овец. – Ставрополь.- 2009 -36 с.

62. Методические рекомендации по определению естественной резистентности организма овец //ВНИИОК. – Ставрополь, 1987. – 37 с.

63. Методические рекомендации по определению естественной

резистентности организма овец // ВНИИОК. – Ставрополь, 1987. – 37 с.

64. Молчанов, А.В. Эффективность использования эдильбаевских баранов в промышленном скрещивании с матками ставропольской и цыгайской пород / А. В. Молчанов, В. П. Лушников // Зоотехния. – 2010. – № 9. – С. 4-5.

65. Мороз, В.А. Овцеводство и козоводство: учебник/ В. А. Мороз. – Ставрополь: Агрус, 2005. – 493 с.

66. Насибов, М.Г. Сохранение биоразнообразия животных -основа жизнеобеспечения населения мира/ М.Г. Насибов, Н.С.Марзанов, Ю.В.Саморуков, М.Ю.Озеров, А.Н.Арилов, Б.Б.Лхасаранов, В.А.Гайков // Ветеринарная патология. – 2007а. – № 1 (20). – С. 36-39.

67. Насибов, М.Г. Генетические особенности у мериносовых пород овец/ М.Г.Насибов, Ю.С.Марзанов, Л.К.Марзанова, Ф.Р.Фейзуллаев, М.Ю.Озеров, Ю.Кантанен, Н.С.Марзанов // Ветеринарная патология. – 2007б. – № 1 (20). – С. 154-157.

68. Омаров, А.А. Мясная продуктивность, химический состав мышечной ткани молодняка создаваемого типа скороспелых овец в возрастном аспекте / А.А.Омаров, Л.Н.Скорых, Д.В. Коваленко // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2016. – Т. 2. – № 9. – С. 19-25.

69. Омаров, А.А. Продуктивные и воспроизводительные особенности баранов и маток создаваемого скороспелого типа мясо-шерстных овец/ А.А.Омаров, Л.С.Малахова, Л.Н.Скорых, Д.В. Коваленко //Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 140-144.

70. Омаров, А.А. Продуктивные показатели овец северокавказской мясо-шерстной породы и их взаимосвязь с основными селекционируемыми признаками / А.А.Омаров, С.И. Гайдашов.// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (196). – С. 66-72.

71. Плахтюкова, В. Влияние генотипов CAPN1 и GH на показатели мясной продуктивности казахской белоголовой крупного рогатого скота / В. Плахтюкова, М. Селионова //Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные научные исследования в развитии сельского хозяйства на Дальнем Востоке». – Спрингер, Чам, 2021. – С. 121

72. Плахтюкова, В. Р. Полиморфизм генов кальпаина и соматотропина у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы и его связь с показателями продуктивности / Плахтюкова Виктория Романовна //: диссертация кандидата биологических наук. – 2020. – С. 156.

73. Пономаренко О. В. Влияние стресс-фактора на физиолого-биохимические параметры суягных овец и продуктивные качества потомства / О.В. Пономаренко, Е.Н.Чернобай, В.И. Гузенко, В.И. Коноплев, А.П. Мариныч // Вестник АПК Ставрополя – 2014. – №4. – С.140-145.

74. Протасов, А.Ю. Интенсивность роста молодняка овец северокавказской мясо шерстной породы с разной живой массой при рождении / А.Ю.Протасов, И.И.Селькин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – № 1. – С. 18-20.

75. Рукин, И.В. Геномная селекция - будущее в разведении животных / И.В. Рукин, Е.С. Пантюх, Д.С. Груздев //Зоотехния. – 2013. – №7. – С.8-9.

76. Сафонова, Н.С. Исследование полиморфизма гена гормона роста у овец породы советский меринос / Н.С.Сафонова, Л.Н.Скорых, Н.И.Ефимова, И.В.Кузнецова // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 275-280.

77. Сафонова, Н.С. Полиморфизм гена соматотропина (GH) у овец породы советский меринос / Н.С.Сафонова, Д.А.Ковалев, Л.Н.Скорых, Н.И.Ефимова, А.М.Жиров // Главный зоотехник. – 2019. – № 6. – С. 25-31.

78. Сафонова, Н.С. Миссенс-мутации, ассоциированные с признаками роста у овец северокавказской мясо-шерстной породы / Н.С.Сафонова, Л.Н.Скорых, А.А. Омаров // Аграрная наука и инновационное развитие животноводства – основа экологической безопасности продовольствия:

национальная научно-практическая конференция с международным участием - Саратов: Саратовский ГАУ, 2021а. – С. 183-189.

79. Сафонова, Н.С. Полиморфизм генов соматотропина и лептина у овец северокавказской мясошерстной породы / Н.С. Сафонова // Вестник Ошского государственного университета, 2021b. - № 1-2. – С. 430-437.

80. Селионова, М.И. Иммуно- и молекулярно-генетические маркеры и их использование в селекции овец / М.И. Селионова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2007. – Т. 3. – № 3-3. – С. 3-8.

81. Селионова, М.И. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных / М.И.Селионова, А.-М.М.Айбазов // Сельскохозяйственный журнал. – 2014. – Т. 1. – №. 7. – С. 140-145.

82. Селионова, М.И. Иммуногенетические исследования в овцеводстве / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, В.Р. Плахтюкова // В сборнике: Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию юбилею факультета технологического менеджмента. – 2014. - С. 94-98.

83. Селионова, М.И. О некоторых итогах научного обеспечения овцеводства и козоводства Российской Федерации / М.И. Селионова, В.А. Багиров // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. №1. – С. 2-3.

84. Селионова, М.И. Современное состояние овцеводства России и его научное обеспечение / М.И. Селионова, В.А. Багиров // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 3. – № 7. – С. 11-20.

85. Селионова, М.И. Иммуногенетический анализ популяций овец тонкорунных пород / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, А.В. Скокова // Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве: материалы международной интернет-конференции. – 2015. – С. 33-37.

86. Селионова, М.И. Эффективное научное обеспечение производства продукции отечественного овцеводства и козоводства - достойный ответ на глобальные вызовы современности / М.И. Селионова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 1. – С. 2-5.

87. Селионова, М.И. Овцеводство Ставропольского края, настоящее и будущее / М.И. Селионова, Г.Т. Бобрышова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2016. – № 1. – С. 4-7.

88. Селионова, М.И. Геномная селекция в овцеводстве / Селионова М.И., Скорых Л.Н., Фомина И.О., Сафонова Н.С. // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2017. – Т. 1. – № 10. – С. 275-280.

89. Селионова, М.И. Исследование полиморфизма генов гормона роста, лептина у овец породы советский меринос / М.И.Селионова, Д.А.Ковалев, Л.Н.Скорых, Н.С.Сафонова, Н.И.Ефимова // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 3 (35). – С. 25-29.

90. Селионова, М.И. Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующей молочную продуктивность крупного рогатого скота / Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н., Чудновец А.И. // АгроЗооТехника. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 3.

91. Селькин, И.И. Мясные качества молодняка от скрещивания тонкорунных маток с баранами мясо - шерстных и мясных пород / И.И.Селькин, А.Н.Соколов, А.М. Дюбин // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2003. – Т. 1. – № 1-1. – С. 37-42.

92. Селькин, И.И., Абонеев В. В. Северокавказская мясо-шерстная порода овец. – Монография – 2007.

93. Сенина, Р.Ю. Полиморфизм LEP387 в популяции овец эдильбаевской породы / Р.Ю.Сенина, Л. А.Калашникова, В.П.Лушников // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК. – 2020. – С. 160-163.

94. Скорых, Л.Н. Гематологические, биохимические показатели и естественная резистентность овец разных генотипов / Л.Н.Скорых, С.С.Бобрышов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2005. – Т. 1. – № 1. – С. 94-95.

95. Скорых, Л.Н. Продуктивные качества овец кавказской породы и ее помесей / Л.Н. Скорых, С.С. Бобрышов // Зоотехния. – 2009. – № 4. – С. 26-28.

96. Скорых, Л.Н. Сохранность, естественная резистентность овец разных вариантов подбора / Л.Н. Скорых, Е.А. Карасев, Д.В. Абонеев// Ставрополь, 2010. – 28 с.

97. Скорых, Л.Н. Экстерьерные особенности молодняка овец различных генотипов // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2010. - Т. 3. - №1.- С. 14-17.

98. Скорых, Л.Н. Мясная продуктивность и интерьерные особенности молодняка овец разных генотипов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2011. – №5. – С. 34-35.

99. Скорых, Л.Н. Методы и приемы рационального использования генетического потенциала баранчиков-производителей отечественной и импортной селекции / Скорых Лариса Николаевна // диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – 2013. – С. 326.

100. Скорых, Л.Н. Уровень метаболитов в крови потомков баранов австралийской селекции / Л.Н. Скорых, И.А. Копылов, Н.И. Ефимова, Е.А. Киц // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2014. – Т. 2. – № 3. – С. 57-62.

101. Скорых, Л.Н. Биотехнологические методы изучения полиморфизма генов соматотропина и лептина / Л.Н.Скорых, Н.С.Сафонова, А.А.Омаров // В сборнике: Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. сборник

статей Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 249-252.

102. Скорых, Л.Н. Исследование полиморфизма генов соматотропина и лептина у овец северокавказской мясо-шерстной породы / Л.Н. Скорых, Д.А. Ковалев, Н.С. Сафонова, А.А. Омаров // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 1. – С. 37-39.

103. Скорых, Л.Н. Миссенс-мутации в кодирующей области генов *GH* и *LEP*, ассоциированные с признаками роста у овец породы советский меринос / Л.Н. Скорых, Н.С. Сафонова, Д.А. Ковалев, Н.И. Ефимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 4 (64). – С. 161-170.

104. Скорых, Л.Н. Ассоциация между полиморфизмом гена гормона роста и параметрами мясной продуктивности у овец породы советский меринос / Л.Н. Скорых, Н.С. Сафонова, Н.И. Ефимова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2022. – № 2. – С. 15-17.

105. Трухачев, В.И. Использование иммуногенетических маркеров в селекции и воспроизводстве овец / В.И. Трухачев, М.И. Селионова // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 2(10). – С. 88-91.

106. Трухачев, В.И. О генетическом потенциале мериносов Ставрополя / В.И. Трухачев, В.А. Мороз, М.И. Селионова // Овцы, козы, шерстяное дело. - 2015. - № 4. - С. 2-4.

107. Трухачев, В.И. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*ovisariesl.*). Сообщение I. Миостатин, кальпаин, кальпастантин / В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов// Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 6. – С. 1107-1119.

108. Ульянов, А.Н. Шерстная продуктивность овец породы советский меринос и ее помесей с баранами в типе породы тексель / Ульянов А.Н., Куликова А.Я., Жилин А.П. // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2005. – Т. 2. – № 2. – С. 96-99.

109. Ульянов, А.Н. Состояние и резервы породного генофонда овцеводства России / А.Н.Ульянов, А.Я.Куликова, А.И.Ерохин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – № 1. – С. 4-11.

110. Ульянов, А.Н. Повышение мясной и шерстной продуктивности- неотложные проблемы овцеводства России / А. Н.Ульянов, А.Я.Куликова //Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – №. 2. – С. 19-24.

111. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции //Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 17. – №. 4/2. – С. 1044-1054.

112. Чернобай, Е.Н. Теоретические основы и практические результаты совершенствования селекционно-генетических методов повышения продуктивности тонкорунных пород овец Северного Кавказа: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук: 06.02.07 / Чернобай Евгений Николаевич. - Ставрополь, 2019. – 308 с.

113. Чижова Л.Н. Биохимические тест-системы, генетические маркеры продуктивности, их использование в селекции овец: дис. – Ставропольский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, 2004.

114. Чижова, Л.Н. Прогнозирование племенной ценности овец по биохимическим и генетическим маркерам // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2004. – № 2. – С. 1-2.

115. Чижова, Л.Н. Методические рекомендации по применению методов ДНК-диагностики в селекции крупного рогатого скота / Л.Н.Чижова, М.И. Селионова, В.В. Абонеев, М.В. Егоров, Г.П. Ковалева, О.В. Семенюк, Д.Е. Белов// Ставрополь. – 2005. – 45 с.

116. Чижова, Л.Н. Способ оценки, прогноза продуктивности сельскохозяйственных животных в раннем возрасте на основе биохимических тест-систем / Л.Н. Чижова, М.И. Селионова, С.Ф. Силкина // Ставрополь. – 2010. – с.41.

117. Чижова, Л.Н. Генетические маркеры в селекции овец / Чижова Л.Н., Абонеев В.В., Суров А.И., Шумаенко С.Н., Ефимова Н.И. // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. – № 2. – С. 11-12.

118. Широкова, Н.В. Генетическое детерминирование плодовитости овец // Молодой ученый. - 2013. - №6. - С. 785-787.

119. Широкова, Н.В. Хозяйственно-биологические особенности и рациональное использование овец разного генетического потенциала при производстве и переработке баранины в условиях Юга России: автор. дисс. ... докт. биол. наук: 06.02.10 / Широкова Надежда Васильевна. – Волгоград, 2020. – 42 с.

120. Электронный ресурс: <https://www.fedstat.ru/indicator/31325>

121. Эрнст, Л.К. Биологические проблемы животноводства в XXI веке / Л.К. Эрнст, Н.А. Зиновьева // М.: РАСХН. – 2008. – 508 с.

122. Юлдашбаев, Ю.А. Хозяйственно-полезные признаки у овец тувинской короткожирнохвостой породы и перспективы изучения полиморфизма генов / Ю.А.Юлдашбаев, М.И.Донгак, К.А.Куликова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 42. – С. 141-148.

123. Яцык, О.А. Полиморфизм гена миостатина и его связь с показателями мясной продуктивности у мериносовых овец: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 06.02.07 / Яцык Олеся Андреевна. - Ставрополь, 2018. – 142с.

124. Ahani Azari, M. Polymorphism of calpastatin, calpain and myostatin genes in native Dalagh sheep in Iran/ M. Ahani Azari, E. Dehnavi, S. Yousefi, L. Shahmohamadi //Slovak J. Anim. Sci., 45. – 2012. – (1): 1-6

125. Ahima, R. S. et al. Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting //Nature. – 1996. – Т. 382. – №. 6588. – p.250-252.

126. Akers, R.M. Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows // J. Dairy Sci. – 2006. – 89. – p.1222-1234.

127. Ardiyanti, A. et al. Plasma hormone and metabolite concentrations involved in the somatotropic axis of Japanese Black heifers in association with growth hormone gene polymorphism // *Domest. Anim. Endocrinol.* – 2009a. – №37. – p.243–249.

128. Ardiyanti, A. et al. Effects of GH gene polymorphism and sex on carcass traits and fatty acid compositions in Japanese Black cattle // *Anim. Sci. J.* – 2009b. – №80 – p.62–69.

129. Askari, N., Mohammadabadi, M.R. and Baghizadeh, A. (2011) ISSR Markers for Assessing DNA Polymorphism and Genetic Characterization of Cattle, Goat and Sheep Populations/ N.Askari, M.R.Mohammadabadi, A.Baghizadeh // *Iranian Journal of Biotechnology.* – 2011. – №9. – p. 222-229.

130. Ayuk, J. Growth hormone and its disorders / J.Ayuk, M.C. Sheppard // *Postgrad. Med. J.* – 2006. – №82. – p.24-30.

131. Barzehkar, R. Polymorphisms of the ovine leptin gene and its association with growth and carcass traits in three Iranian sheep/ R. Barzehkar, A. Salehi, F. Mahjoubi // *Iranian journal of biotechnology.* – 2009. – Vol. 7. – No. 4. – p.241-246.

132. Bellige, R. Myostatin and its implications on animal breeding / Bellige, R., D. Liberles, S. Iaschi, P. O'Brien and G. Tay // *A Review. Anim. Genet.* – 2005. – №36. –p.1–6.

133. Berg, E.P. Serum concentrations of leptin in six genetic lines of swine and relationship with growth and carcass characteristics / E.P. Berg, E.L. McFadin, R.R. Maddock, N. Goodwin, T.J. Baas and D.H. Keisler // *J. Anim. Sci.* – 2003. – №81. – p.167–171.

134. Berghof T. V. L., Poppe M., Mulder H. A. Opportunities to improve resilience in animal breeding programs // *Frontiers in Genetics.* – 2019. – T. 9. – C. 692.

135. Blasco, A.A short critical history of the application of genomics to animal breeding / A. Blasco, M. A. Toro // *Livestock Science.* – Elsevier, 2014. – Vol. 166. – № 1. – P. 4–9.

136. Boman, I.A. A frameshift mutation in the coding region of the myostatin gene (MSTN) affects carcass conformation and fatness in Norwegian White Sheep (*Ovis aries*). / I. A. Boman, G. Klemetsdal, T. Blichfeldt, O. Nafstad, D. I. Våge // *Animal genetics*. – 2009. – Vol. 40. – № 4. – P. 418–422 .

137. Botstein, D. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism / D. Botstein, R.L.White, M.H.Skalnick, R.W.Davies // *Am. J. Hum. Genet.* – 1980. – 32: 314-331.

138. Boucher, D. Detection of polymorphisms in the ovine leptin (LEP) gene: association of single nucleotide polymorphism with muscle growth and meat quality traits / D. Boucher, M.F. Palin, F. Castonguay, C. Gariépy, F. Pothier // *Can. J. Anim. Sci.* -2006. – №86. – p.31–35.

139. Buchanan, F. C. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels / F.C.Buchanan, C.J.Fitzsimmons, A.G.Van Kessel, T.D.Thue, D.C.Winkelman-Sim and S.M.Schmutz // *Genet. Sel. Evol.* – 2002. – 34: 105–116.

140. Butler, A.A. Control of growth by the somatotropic axis: growth hormone and the insulin-like growth factors have related and independent roles / A.A. Butler and D. Le Roith // *Annu. Rev. Physiol.* – 2001. – №63. – p.141-164. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.63.1.141>

141. Capon, F. A synonymous SNP of the corneodesmosin gene leads to increased mRNA stability and demonstrates association with psoriasis across diverse ethnic groups / F. Capon, M.H. Allen, M. Ameen, A.D. Burden et al. // *Hum. Mol. Genet.* – 2004. – 13: 2361-2368. <http://dx.doi.org/10.1093/hmg/ddh273>

142. Chen, D. Expression and ontogeny of growth hormone (GH) in the protogynous hermaphroditic ricefield eel (*Monopterus albus*) / D. Chen, J. Liu, W. Chen, S. Shi, et al. // *Fish Physiol. Biochem.* – 2015. – 41– p. 1515-1525. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-015-0104-3>

143. Chung, E.R. SNP discovery in the leptin promoter gene and association with meat quality and carcass traits in Korean cattle / E.R.Chung, S.C.Shin,

K.H.Shin, K.Y.Chung // *Asianaustralas J. Anim. Sci.* – 2008. – 21(12) – p.1689-1695. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2008.80112>

144. Coates, B.S. Comparative performance of Single Nucleotide Polymorphism and Microsatellite Markers for population genetic analysis / B.S.Coates, D.V.Sumerford, N.J.Miller et al. // *J. Heredity.* – 2009. – V. 100. – № 5. – P. 556–564. DOI: 10.1093/jhered/esp028.

145. Dobson, H. The high-producing dairy cow and its reproductive performance / H. Dobson, R. Smith, M. Royal, C. Knight, I. Sheldon // *Reproduction in Domestic Animals.* – 2007. – Vol. 42(2). – P. 17-23.

146. Dominik, S. Factors influencing the efficiency of a marker-assisted introgression programme in Merino sheep. / S. Dominik, J. Henshall, J. O'grady, K. Marshall // *Genetics, selection, evolution : GSE.* – BioMed Central. – 2007. – Vol. 39. – № 5. – P. 495–511.

147. Donaldson, C. L. Effect of the Texel muscling QTL (TM-QTL) on spine characteristics in purebred Texel lambs / C. L. Donaldson, N. R. Lambe, C. A. Maltin, S. Knott, L. Bünger // *Small Ruminant Research.* – 2014. – Vol. 117. – № 1. – P. 34–40.

148. Durmaz, A. A. Evolution of genetic techniques: past, present, and beyond / Durmaz A. A. et al. // *BioMed Research International.* – 2015. – T. 2015.

149. Farag Ibrahim, M. Polymorphism of growth hormone gene and its association with wool traits in Egyptian sheep breeds/ Farag Ibrahim M., Darwish Ahmed M., Darwish Hassan R., Abdel Aziz K. B., Ramadan W. A., Mohamed M.I., Othman E. Othman // *African Journal of Biotechnology.* – 6 April 2016. – Vol. 15(14). – p.549-556.

150. Farhadian, M. Molecular Characterization and Phylogeny Based Analysis of Intron I Sequence of Myostatin (MSTN) Gene in Iranian Makuei Sheep Breed / M. Farhadian, A. Hashemi // *Annals of Animal Science.* – 2016. – Vol. 16. – № 4. – p. 25-27.

151. Folch, J.P. Exogenous growth hormone improves the number of transferable embryos in superovulated ewes / J.P. Folch, M.J. Cocero, J.L. Alabart, J.F. Beckers // *Theriogenology*. – 2001. - 55(9) – p.1777-1785.

152. Gan, S. Q. Association of SNP Haplotypes at the Myostatin Gene with Muscular Hypertrophy in Sheep / S. Q. Gan, Z. Du, S. R. Liu, Y. L. Yang, M. Shen, X. H. Wang, J. L. Yin, X. X. Hu, J. Fei, J. J. Fan, J. H. Wang, Q. H. He, Y. S. Zhang, N. Li // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2008. – Vol. 21. – № 7. – P. 928–935.

153. Getmantseva, L. Polymorphisms in obesity-related leptin gene and its association with reproductive traits of sows / L. Getmantseva; A. Kolosov; M. Leonova; S. Bakoev; A. Klimenko; A. Usatov; A. Radyuk; V.Vaselenko; M. Makarenko; N. Bakoev// *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2017. – 23 (No 5). – p.843–850

154. Gootwine, E. The duplicated gene copy of the ovine growth hormone gene contains a PvuII polymorphism in the second intron/ E.Gootwine, S J.A.ise, J.M.Penty, G.W.Montgomery // *Anim. Genet*. – 1993. – 24. – p.319–321.

155. Gordeeva, E.I. Marker-assisted development of bread wheat near-isogenic lines carrying various combinations of purple pericarp (Pp) alleles / E.I. Gordeeva, O.Y. Shoeva, E.K. Khlestkina // *Euphytica*. – 2015. – V. 203. – № 2. – P. 469–476.

156. Gorlov, I.F. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F.Gorlov, Y.A. Kolosov, N.V. Shirokova, L.V. Getmantseva, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Yu. Kolosov, E.Yu. Zlobina // *Small Ruminant Research*. – 2017. – Volume 150. – P. 11-14, 2017, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres>.

157. Grisart, B. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition/ B.Grisart et al.//*Genome research*. – 2002. – T. 12. – №. 2. – C. 222-231.

158. Grover, A. Development and use of molecular markers: past and present. / A. Grover, P. C. Sharma // *Critical reviews in biotechnology*. – 2016. – Vol. 36. – № 2. – P. 290–302.

159. Hajihosseini, A. Association between polymorphism in exon 3 of leptin gene and growth traits in the Makooei sheep of Iran/ A.Hajihosseini, A. Hashemi, S. Sadeghi // *Livest. Res. Rural. Dev.* – 2012. – 24(166). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd24/9/haji24166.htm>.

160. Han, J. Genetic variations in the myostatin gene (MSTN) in New Zealand sheep breeds / J. Han, R. H. Forrest, J. G. H. Hickford // *Molecular Biology Reports*. – 2013. – Vol. 40. – № 11. – P. 6379–6384.

161. Hayes, B. J. The future of livestock breeding: genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. / B. J. Hayes, H. A. Lewin, M. E. Goddard // *Trends in genetics : TIG*. Elsevier Ltd. – 2013. – Vol. 29. – № 4. –133 – P. 206–14.

162. Hu, W. Single nucleotide polymorphisms in the upstreams regulatory region alter the expression of myostatin / W. Hu, S. Chen R., Liu Y. Zhang // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* – 2013. – V. 49. – No. 6. – P. 417-423. DOI: 10.1007/s11626-013-9621-5.

163. Hu, Z.L. Building a livestock genetic and genomic information knowledgebase through integrative developments of Animal QTLdb and CorrDB / Z.L.Hu, C.A.Park, J.M.Reecy // *Nucl. Ac. Res.* – 2019. – V. 47. – № D1. – P. D701–710. <https://doi.org/10.1093/nar/gky1084>

164. Hua, S.L. Polymorphism of the growth hormone gene and its association with growth traits in Boer goat bucks/ S.L.Hua, J.N. Chen, K.L. Yu, Cai and C.J. Wu et al.// *Meat Sci.* – 2009. – 81. – P.391-395.

165. Ibeagha-Awemu, E.M. A critical analysis of production-associated DNA polymorphisms in the genes of cattle, goat, sheep, and pig / E.M. Ibeagha-Awemu, P. Kgwatalala, X.Zhao // *Mammalian Genome*. – 2008. – T. 19. – №. 9. – C. 591-617.

166. Ishag, I.A. Phenotypic and molecular characterization of six Sudanese camel breeds / I.A.Ishag, , M. Reissmann, K.J. Peters, L.A. Musa and M.K. Ahmed// S. Afr. J. Anim. Sci.- 2010. – 40. – P.319-326.

167. Javanmard, A. Polymorphism within the intron region of the bovine Leptin gene in Iranian Sarabi cattle (IRANIAN *Bos taurus*) / A. Javanmard, M.R. Mohammad Abadi, G.E. Zarrigabayi, A.A. Gharahedaghi, M.R. Nassiry, Javadmash A. and Asadzadeh N.// Russian Journal of Genetics. – 2008. – 44(4). – p.1–4.

168. Jeffrey, O'Connell Selection of sequence variants to improve genomic predictions / Jeffrey O'Connell, Melvin Tooker, Derek Bickhart, Paul VanRaden // Interbull Bulletin. – Interbull Centre. – 2016. – № 50. – P. 58– 66.

169. Jia, J.L. Study of the correlation between GH gene polymorphism and growth traits in sheep / J.L. Jia, L.P. Zhang, J.P. Wu, Z.J. Ha and W.W. Li Key// Genet. Mol. Res. – 2014. - 13 (3). – p.7190-7200, DOI <http://dx.doi.org/10.4238/2014.September.5.5>

170. Kambadur R. et al. Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscled Belgian Blue and Piedmontese cattle // Genome research. – 1997. – T. 7. – №. 9. – C. 910-915.

171. Karagodina, N. Influence of Various Bio-Stimulants on the Biochemical and Hematological Parameters in Porcine Blood Plasma / N. Karagodina, Y. Kolosov, A. Usatov, S. Bakoev, A. Kolosov, M. Leonova, N.Shirokova, A. Svyatogorova and L. Getmantseva // World Applied Sciences Journal, – 2014. – 30 (6). – p.723-726.

172. Karpf, A. R. Epigenomic reactivation screening to identify genes silenced by DNA hypermethylation in human cancer //Current opinion in molecular therapeutics. – 2007. – T. 9. – №. 3. – C. 231.

173. Khodabakhshzadeh. R. Mohamadabadi MR, Esmailzadeh AK, Moradi Shahrehabak H, Bordbar F, et al. (2016) Identification of point mutations in exon 2 of GDF9 gene in Kermani sheep / R.Khodabakhshzadeh, M.R.Mohamadabadi,

A.K.Esmailizadeh, H.Moradi Shahrebabak, F.Bordbar et al. // *Pol J Vet Sci.* – 2016. – №19. – p.281-289.

174. Kijas, J. W. Evidence for multiple alleles effecting muscling and fatness at the Ovine GDF8 locus / J. W. Kijas, R. McCulloch, J. Edwards, V. H. Oddy, S. Lee, J. van der Werf // *BMC Genetics.* – 2007. – Vol. 8. – № 80. – P. 1–11.

175. Kolosov, Yu.A. Polymorphism of the GDF9 Gene in Russian Sheep Breeds / Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.V. Shirockova et al. // *J Cytol. &Histol.* – 2015. – №6. – p.305. doi: 10.4172/21577099.1000305.

176. Kominakis, A. Combined GWAS and ‘guilt by association’-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep / A. Kominakis, A. L. Hager-Theodorides, E. Zoidis, A. Saridaki, G. Antonakos, G. Tsiamis // *Genetics Selection Evolution.* – BioMed Central, 2017. – Vol. 49. – № 1. – P. 41.

177. Kononoff, P. J. The effect of a leptin single nucleotide polymorphism on quality grade, yield grade, and carcass weight of beef cattle / Kononoff, P. J., Deobald, H. M., Stewart, E. L., Laycock, A. D., Marquess, F. L. // *J. Anim. Sci.* - 2005. – №83. – p.927–932.

178. Kossiakoff, A.A. The structural basis for biological signaling, regulation, and specificity in the growth hormone-prolactin system of hormones and receptors // *Adv. Protein Chem.* – 2004. – № 68. – p.147-169.

179. Krawczak, M. Single base-pair substitutions in exon-intron junctions of human genes: nature, distribution, and consequences for mRNA splicing / M.Krawczak, N.S.Thomas, B.Hundrieser, M.Mort et al. // *Hum. Mutat.* – 2007. – №28. – p.150-158. <http://dx.doi.org/10.1002/humu.20400>

180. Kulig, H. Effect of leptin gene polymorphisms on milk production traits of Jersey cows / H.Kulig, M.Kmieć, I.Kowalewska-Luczak, G.Andziak // *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* – 2009. – 33(2) – p.143-146

181. Lagonigro, R. A new mutation in the coding region of the bovine leptin gene associated with feed intake / R. Lagonigro, P. Wiener, F. Pilla, J.A. Woolliams,

J.L. Williams // Anim Genet. – 2003. – 34(5). – p.371-374.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2052.2003.01028.x> PMID:14510674

182. Lagziel, A. An M5pI polymorphism at the bovine growth hormone (bGH) gene is linked to a Locus affecting milk protein percentage / A. Lagziel, E. Lipkin, E. Ezra, M. Soller, J.I. Weller// Anim. Genet. – 1999. – №30(4). – p.296-299.

183. Li, M. SIRT1 gene polymorphisms are associated with growth traits in Nanyang cattle / M. Li, X.Sun, L.Hua, X.Lai et al.// Mol. Cell. Probes. – 2013. - №27. – p.215-220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcp.2013.07.002>

184. Malewa, A. D. Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits / A.D.Malewa, L.Hakim, S.Maylinda and M.H. Husain // Livestock Research for Rural Development. – 2014. - №26. – p.101-109.

185. Masri, A. Y. The effects of a loin muscling quantitative trait locus (LoinMAXTM) on carcass and VIA-based traits in crossbred lambs / A. Y. Masri, N. R. Lambe, J. M. Macfarlane, S. Brotherstone, W. Haresign, E. Rius-Vilarrasa, L. Bunger // Animal. – 2010. – Vol. 4. – № 03 – P. 407-416.

186. Meena A. S. et al. Polymorphism of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep //Indian Journal of Animal Research. – 2017. – T. 51. – №. 3. – C. 469-473.

187. Meuwissen T.H.E., Hayes B.J., Goddard M.E. Prediction of total genetic value using genome – wide dense marker maps // Genetics. – 2001. – V. 157. – P. 1819–1829.

188. Mihailov, N.V. Associations between PRLR/AluI gene polymorphism with reproductive, growth and meat traits in pigs / Mihailov N.V., Getmantseva L.V., Bakoev S.U., Usatov A.V.// Cytology and Genetics. – 2014. – T. 48. – №5. – C. 323-326.

189. Moradian, C. Effect of genetic polymorphism at the growth hormone gene on growth traits in Makoei sheep / C. Moradian, N. Mohamadi, S.A. Razavi-

Sheshdeh, A. Hajhosseinlo, F. Asharfi // *Eur. J. Exp. Biol.* – 2013. – №3 (3) – p.101-105.

190. Nackley, A.G. Human catechol-O-methyltransferase haplotypes modulate protein expression by altering mRNA secondary structure / A.G.Nackley, S.A.Shabalina, I.E.Tchivileva, K.Satterfield, et al. // *Science.* – 2006. – №314. – p.1930-1933. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1131262>

191. Naqvi, A. N. Application of molecular genetic technologies in livestock production: potentials for developing countries // *Advances in Biological Research.* – 2007. – T. 1. – №. 3-4. – C. 72-84.

192. Nassiry, M.R. Leptin gene polymorphism in Iranian native Golpayegani and Taleshi cows / M.R. Nassiry, A.H. Moussavi, A.R. Alashawkany and S. Ghovat // *Pak. J. Biol. Sci.* – 2007. – №10 – p.3738-3741.

193. Nei, M. Molecular evolution and phylogenetics / M.Nei, S.Kumar // Oxford university press. – 2000.

194. Nelson, W. G. et al. Abnormal DNA methylation, epigenetics, and prostate cancer // *Front Biosci.* – 2007. – T. 12. – №. 8-12. – C. 4254-4266.

195. Nkrumah, J.D. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behavior, and measures of carcass merit / J.D.Nkrumah, C.Li, J.Yu, C.Hansen, D.H.Keisler, S.S.Moore // *J. Anim. Sci.* – 2005. – № 83(1). – p.20-28. PMID:15583038

196. Oliveira, J.A. Association of the leptin gene with carcass characteristics in Nellore cattle / Oliveira J.A., Cunha C.M.D., Crispim B.D.A., Seno L.D.O., Fernandes A.R.M., Nogueira G.D.P., Grisolia A.B.// *Anim. Biotechnol.* – 2013. – 24(3). – p.229-242. <http://dx.doi.org/10.1080/10495398.2013.770008> PMID:23777351

197. Othman, E. Othman Genotyping of Growth Hormone Gene in Egyptian Small Ruminant Breeds / Othman E. Othman, Sally S. Alam, Heba A.M. Abd El-Kader and Omaima M. Abd-El-Moneim // *Biotechnology.* –2015. – №14. – p.136-141. DOI: 10.3923/biotech.2015.136.141

198. Piper, L. R. et al. Effect of ovine growth hormone transgenesis on performance of Merino sheep at pasture. 1. Growth and wool traits to 12 months of age // Proc. Assoc. Adv. Anim. Breed. – 2001. – T. 14. – C. 257-260.

199. Pothuraju, M. Polymorphism in the coding region sequence of GDF8 Gene in Indian Sheep / M. Pothuraju, S. K. Mishra, S. N. Kumar, N. F. Mohamed, R. S. Kataria, D. K. Yadav, R. Arora // Russian Journal of Genetics. – 2015. – Vol. 51. – № 11. – P. 1119–1122.

200. Reicher, R. Implementation of a Customer Relationship Management (CRM) Process / R. Reicher, Ág. Szeghegyi // Acta Polytechnica Hungarica. – 2015. – Vol. 12. – No. 4.

201. Roh, S. G. et al. Direct modification of somatotrope function by long-term leptin treatment of primary cultured ovine pituitary cells // Endocrinology. – 2001. – T. 142. – №. 12. – C. 5167-5171.

202. Ryan, M.T. SNP variation in the promoter of the PRKAG3 gene and association with meat quality traits in pig / M.T.Ryan, R.M. Hamill, A.M. O'Halloran et al. // BMC Genetics. – 2012. – V. 13. – № 66. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-13-66>

203. Sahu, A. R. et al. Polymorphism in exon 3 of myostatin (MSTN) gene and its association with growth traits in Indian sheep breeds // Small Ruminant Research. – 2017. – T. 149. – C. 81-84.

204. Sahu, A. R. et al. Novel report on mutation in exon 3 of myostatin (MSTN) gene in Nilagiri sheep: an endangered breed of South India //Tropical animal health and production. – 2019. – T. 51. – №. 7. – C. 1817-1822.

205. Sejrsen, K. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: Physiological basis and implications for milk yield potential / K.Sejrsen, S. Purup, M. Vestergaardm and J. Foldager// Domestic Anim. Endocrinol. – 2000. – №19. – p.93-104.

206. Shojaei, M. et al. Association of growth trait and Leptin gene polymorphism in Kermani sheep // Journal of Cell and Molecular Research. – 2010. – T. 2. – №. 2. – C. 67-73.

207. Sjakste, T. et al. Analysis of the single-nucleotide polymorphism in the 5' UTR and part of intron I of the sheep MSTN gene // DNA and cell biology. – 2011. – T. 30. – №. 7. – C. 433-444.
208. Song, Y. Genome-wide association study reveals the PLAG1 gene for knuckle, biceps and shank weight in simmental beef cattle / Y.Song, L.Xu, Y.Chen et al. // PLoS One. – 2016. – V. 11. – № 12. e016831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168316>
209. Soufy, B. Evaluation of myostatin gene polymorphism in Sanjabi sheep by PCR-RFLP method / B.Soufy, M. R.Mohammad Abadi, K.Shojaeian, A.Baghizadeh, S.Ferasaty, N. Askari, O. Dayani // Anim. Sci. Reserches.Tabriz Univ. – 2009. – vol. 19 (1). – p. 81-89.
210. Sutikno, S. Association of polymorphisms calpastatin gene with body weight of local sheep in Jonggol, Indonesia/ S. Sutikno, M.Yamin, C.Sumantri //Media Peternakan. – 2011. – T. 34. – №. 1. – C. 1-1.
211. Tahmoorespur, M. Assessment relationship between leptin and ghrelin genes polymorphisms and estimated breeding values (EBVs) of growth traits in Baluchi sheep / M. Tahmoorespur, A. Taheri, M. V. Valeh, D.A. Saghi and M. Ansary // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2010. – № 9. – p.2460-2465.
212. Takahashi, Y., Chihara, k, 1999. Short stature by mutant growth hormones. Growth Horm. IGF Res. – 1999. –№ 9. – p.37–40.
213. Tian, J. Association of the leptin gene E2-169T> C and E3-299T> A mutations with carcass and meat quality traits of the Chinese Simmental-cross steers / J.Tian, Z.Zhao, L.Zhang, Q.Zhang, Z.Yu, J.Li, R.Yang// Gene. – 2013. – 518(2) – p. 443-448. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gene.2012.11.071> PMID:23291417
214. Van Eenennaam, A.L. DNA-based biotechnologies. In: Beef Sire Selection Manual. The National Beef Cattle Evaluation Consortium. – 2006. – pp. 66-73.
215. Van Laere A.S. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig / Van Laere A.S., Nguyen M., Braunschweig M.,

Nezer C., et al. // Nature. – 2003. – 425. – p.832-836.
<http://dx.doi.org/10.1038/nature02064>

216. VanRaden P.M. International genomic evaluation methods for dairy cattle / P.M.VanRaden, P.G.Sullivan // Genet. Sel. Evol. – 2010. – №42. – p.7. doi: 10.1186/1297-9686-42-7.

217. Voss-Fels K. P., Cooper M., Hayes B. J. Accelerating crop genetic gains with genomic selection // Theoretical and Applied Genetics. – 2019. – T. 132. – №. 3. – C. 669-686.

218. Wang Z. Genome-wide genetic variation discovery in Chinese Taihu pig breeds using next generation sequencing / Z.Wang, Q.Chen, R.Liao et al. // Animal Genet. – 2017. – V. 48. – № 1. – P. 38–47. <https://doi.org/10.1111/age.12465>

219. Wang, J. Two single nucleotide polymorphisms in the promoter of the ovine myostatin gene (MSTN) and their effect on growth and carcass muscle traits in New Zealand Romney sheep / J. Wang, H. Zhou, J. Hu, S. Li, Y. Luo, J. G. H. Hickford // Journal of Animal Breeding and Genetics. – 2015. – № 3. – P.– 219-26.

220. Wickramaratne, S.H.G. Use of growth hormone gene polymorphism in selecting Osmanabadi and Sangamneri goats / S.H.G.Wickramaratne, B.R. Ulmek, S.P. Dixit, S. Kumar and M.K. Vyas // Trop. Agric. Res. – 2010. – 21. – p.398-411.

221. Wilkie, H. A candidate gene approach to study nematode resistance traits in naturally infected sheep / H. Wilkie, V. Riggio, O. Matika, L. Nicol, K. A. Watt, R. Sinclair, A. M. Sparks, D. H. Nussey, J. M. Pemberton, R. D. Houston, J. Hopkins // Veterinary Parasitology. – Elsevier. – 2017. – Vol. 243. – № June. – P. 71–74.

222. Yousefi, S. Survey of FexL locus of BMP15 gene and growth hormone (GH) gene and their effects on lambing rate in Zel sheep / S.Yousefi, L.Shahmohammadi, M.A.Azari, S.Zerehdaran, E.Dehnavi // Iran. J. Appl. Anim. Sci. – 2013. – 3(2). – p.351-355.

223. Zhou, H. Identification of allelic polymorphism in the ovine leptin gene / H.Zhou, J.G.Hickford, H.Gong // Mol. Biotechnol. –2009. – 41(1). – p.22-25. <http://dx.doi.org/10.1007/s12033-008-9090-3> PMID:18636347

224. Zhu, M. Candidate gene identification approach: progress and challenges. / M. Zhu, S. Zhao // International journal of biological sciences. Ivyspring International Publisher. – 2007. – Vol. 3. – № 7. – P. 420–7.