

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

На правах рукописи

Карпова Екатерина Дмитриевна

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ GH, CAST, АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ
ИХ ГЕНОТИПОВ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА,
ИММУННОГО СТАТУСА, ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ В ОНТОГЕНЕЗЕ

06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Чижова Людмила Николаевна

Ставрополь – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	10
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1. Овцеводство: проблемы и перспективы	10
1.2. Ставропольская порода овец	18
1.3. Маркеры в селекции овец.....	21
1.3.1. Биохимические маркеры	21
1.3.2. Генетические маркеры.....	26
2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1. Материал и методы исследований	37
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
3.1. Полиморфизм генов GH и CAST у ягнят ставропольской породы разных генотипов	45
3.1.1. Рост и развитие ягнят разных генотипов по генам GH и CAST	48
3.2. Иммунная реактивность ягнят разных генотипов	50
3.3. Жирнокислотный состав липидов крови	51
3.4. Жирнокислотный состав липидов мышечной ткани молодняка овец разных генотипов	57
3.5. Ассоциативная связь между изучаемыми признаками молодняка овец разных генотипов	60
3.6. Баранина, ее количественные и качественные характеристики	71
3.6.1. Мясная продуктивность молодняка овец разных генотипов	73
3.7. Экономическая эффективность	77
4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	91
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	91
Список сокращений и условных обозначений.....	92
Список использованной литературы	93

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Проблема сохранения, совершенствования, рационального использования генофонда отечественных пород сельскохозяйственных животных, в том числе и овец, всегда актуальна.

Статистические данные свидетельствуют о том, что овцеводство все еще несет значительный экономический ущерб от рождения молодняка с пониженной жизнеспособностью, гибели ягнят как в раннем онтогенезе, так и в более поздние периоды роста и развития (В.А. Мороз, 1998; А.Н. Ульянов, 2017; А. И. Ерохин, 2019).

Успех решения проблемы получения жизнеспособного, полноценного молодняка с высоким генетическим потенциалом зависит от решения многих задач. Одной из них является недостаточность изученности функционального многообразия процессов, происходящих в растущем организме ягнят с учетом генотипа. Что позволит оценить сопряженность аллельного состояния кодирующих белок генов с отдельными метаболитами крови овец, с показателями их роста, развития, иммунной реактивности, продуктивности для выявления объективных критериев оценки, прогноза их генетического потенциала в ранний период роста и развития (Н.А. Зиновьева, Е.А. Гладырь, 2008; М.В. Забелина, 2017; В.П. Лушников, 2020).

Такой подход позволит выяснить основные закономерности, в основе которых лежат взаимосвязь и причинная обусловленность сдвигов одних метаболических процессов относительно других, происходящих по законам структурно-функциональных взаимоотношений в разные периоды онтогенеза, а также в зависимости от аллельного спектра генов, ассоциированных с признаками продуктивности.

В настоящее время приоритетным в решении задач интенсификации овцеводческой отрасли является внедрение современных методов генной диагностики – определение и выявление генов-маркеров хозяйственно-ценных признаков (Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, 2015, Т.Т. Глазко, 2019 г.).

При этом наиболее привлекательной является группа генов, кодирующих факторы роста, их рецепторы, транспортные и регуляторные белки, оказывающие значительное воздействие на улучшение количественно-качественных показателей продуктивности (Ю.А. Колосов, П.С. Кобыляцкий, Н.В. Широкова, 2017). К ним относятся целый ряд перспективных генов-кандидатов, в том числе ген гормона роста – соматотропин *GH*, ген кальпастанин – *CAST*.

Степень разработанности темы исследования. Оценке, прогнозу генетического потенциала сельскохозяйственных животных, с учетом их биохимических, генетических особенностей, посвящён ряд работ (М.В. Забелина, 2006; А.С. Дегтярь, 2014; 2015; В.В. Марченко, 2017; Н.Г. Чамурлиев, 2018; И.В. Засемчук, 2019). Особая значимость и перспективность в решении селекционных задач, в настоящее время, отводится методам современной молекулярной генетики и биологии, позволяющим получить значительный объём объективной информации особенностей развития и выявить особо ценных животных для широкого использования в практической селекции.

Ранняя диагностика мясной продуктивности овец и изыскание новых параметров оценки продуктивных качеств овец является приоритетной задачей многих исследователей как в России, так и за рубежом. О.В. Костюнина, (2016), В. И. Щербатов, И. Н. Тузов А. Г. Дикарев, (2016), А.В. Дейкин, М.И. Селионова (2017), В.В. Светлов (2018), О.А. Яцык (2018), Е.Ю. Телегина (2018), И.А. Копылов (2020), Н.В. Широкова (2020), В.П. Лушников (2020) и другие, внесли значительный вклад в изучении

полиморфизмов генов мясной продуктивности у овец. В мировую науку большой вклад внесли M. Gabor et al., (2009); N. Asadi et al., (2014); A.D. Malewa et al., (2014); A. Grover et al., (2016); E.S. Kim et al., (2016); P. Kumar et al., (2017) и другие.

Цель и задачи исследований. Целью настоящих исследований явилось определение полиморфизма генов *GH*, *CAST* и изучение связи их генотипов с показателями липидного обмена, иммунной реактивности, продуктивности овец для выявления оценочных критериев их генетического потенциала в раннем возрасте.

При проведении научных исследований ставились следующие **задачи:**

- определить частоту аллельных вариантов и генотипов популяции овец ставропольской породы по генам *GH*, *CAST*;
- изучить возрастные особенности жирнокислотного состава липидов крови ягнят разных генотипов;
- провести анализ ассоциативных связей жирнокислотного состава липидов крови с показателями роста, развития, иммунитета, продуктивности ягнят разных генотипов;
- определить жирнокислотный состав липидов мышечной ткани овец разных генотипов гена *CAST*;
- изучить взаимосвязь между интегральными показателями липидного обмена крови и мышечной ткани;
- определить экономическую эффективность выращивания и реализации мяса молодняка разных генотипов.

Научная новизна работы. Впервые определено аллельное состояние генов *GH*, *CAST* в популяции овец ставропольской породы. На основе комплекса генетических, биохимических, гистологических,

зоотехнических методов и приемов изучены и научно обоснованы ассоциативные взаимоотношения между аллельным состоянием генов *GH*, *CAST* и периодичность формирования иммунного статуса, жирнокислотного профиля общих липидов крови и мышечной ткани овец разных генотипов. Установлены стойкие формативные взаимоотношения между интегральными показателями липидного обмена крови и мышечной ткани для оценки, прогноза продуктивности и качества мяса овец в раннем возрасте. Предложен биохимический тест прижизненной оценки генетического потенциала овец в раннем возрасте.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Полученные данные имеют определенное теоретическое значение, так как дополняют, расширяют имеющиеся сведения о полиморфизме генов, контролирующих количественно-качественные характеристики сельскохозяйственных животных.

Комплексный системный подход вносит определенный вклад в раскрытие генетических, биохимических процессов, происходящих в постнатальном онтогенезе в организме овец, раскрывающий обособленности их функционирования в зависимости от генотипа.

Установленные ассоциативные связи могут быть использованы в научных исследованиях, направленных на прогнозирование и углубленное изучение роли генетических структур, биохимических показателей в качестве маркеров; в программах селекционного совершенствования овец ставропольской породы; в учебном процессе в высших образовательных учреждениях по вопросам возрастной биохимии, физиологии, молекулярной генетики.

Полученные результаты исследований внедрены в производственную деятельность СПК «Русь» Изобильненского района

Ставропольского края и подтверждены актом о внедрении законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство.

Связь темы с планом научных исследований. Данная работа является одним из разделов научно-исследовательской работы, осуществляемой в соответствии с государственным тематическим планом научных исследований ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по теме «Усовершенствовать биотехнологические методы генетического контроля и управления селекционным процессом при создании новых селекционных форм сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, овец, коз, свиней) и разработать технологии их содержания» №0725-2019-0024.

Методология и методы исследования. Методологической основой при проведении исследований послужил глубокий анализ трудов зарубежных и отечественных исследователей в области разведения и практического применения маркер – ассоциативной селекции в овцеводстве. Для написания работы использовались молекулярно – генетические, биохимические, зоотехнические и расчетно-статистические методы исследования.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов базируется на том, что данные получены в достаточном объеме, проанализированы согласно современным методам исследования и статистически обработаны. Результаты исследования опубликованы в рецензируемых источниках и апробированы на специализированных научных конференциях.

Основные положения работы доложены и одобрены на ежегодных отчетах лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, на заседаниях

ученого совета ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2018–2020 гг. (г. Ставрополь); на XIII Выставке инновационных проектов молодых ученых Северного Кавказа, приуроченной ко Дню российской науки (г. Нальчик, 2019); на VII Международной научно – практической конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию АПК» (г. Ставрополь, 2019); на XIV Выставке инновационных проектов молодых ученых Северного Кавказа, (г. Нальчик, 2020); на XIV Международной научно-практической конференции «Научные основы повышения продуктивности и здоровья животных» (г. Краснодар, 2020); на VIII Международной научно-практической конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию АПК» (г. Ставрополь, 2020); на «Ежегодном собрании и выставке ASAS-CSAS-SSASAS» (г. Луисвилл, Кентукки, 2021).

Научные положения, выносимые на защиту:

- полиморфизм генов *GH*, *CAST*, онтогенетические особенности формирования биохимического, иммунного статуса и продуктивности овец ставропольской породы разных генотипов;
- ассоциативная связь жирнокислотного состава липидов крови, мышечной ткани с интегральными показателями липидного обмена – ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ;
- интегральные оценочны критерии прижизненной оценки продуктивности и качеств мяса овец в раннем возрасте.

Публикация результатов исследований. По материалам диссертационной работы опубликовано 6 научных статей, в том числе 2 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Изданы методические рекомендации «Система

селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК – диагностики».

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 125 страницах компьютерного текста, содержит 25 таблиц, 8 рисунков, включает введение, обзор литературы, материалы и методику исследований, результаты исследований, обсуждение результатов, заключение, включающее выводы, практические предложения, перспективы дальнейшей разработки темы, список использованной литературы, насчитывающий 227 источников, в том числе 69 – зарубежных авторов.

Личный вклад соискателя. Работа, под руководством научного руководителя, выполнена автором самостоятельно. Она является результатом трехлетних исследований автора. В опубликованных в открытой печати результатах исследований по теме диссертации, выполненных в соавторстве, значительная часть работы принадлежит Е.Д. Карповой. Составление методики, экспериментальная часть, практическая реализация и изложение в работе полученных результатов исследований выполнены при личном участии диссертанта. Доля участия соискателя при выполнении работы составляет 87 %. Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и свидетельствует о личном вкладе автора в зоотехническую науку овцеводческой отрасли.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Овцеводство: проблемы и перспективы

Исторически сложилось так, что одним из первых животных, одомашненных человеком, была овца. Из-за своих уникальных биологических особенностей овцы очень быстро распространились по всему миру, хорошо выживая в различных природно-географических зонах: север – с продолжительным суровым зимним периодом, юг – с засушливым жарким летом, горы – с длительными переходами, преодолением горных рельефов (2000–3000 м над уровнем моря) (Ш.Я. Юсупов, 2006; А.И. Бараников, В.Н. Василенко, Н.В. Михайлов, 2012).

Для большинства народов и стран мира велика социально-бытовая значимость овцеводства – это продукты питания, обихода, а для коренных этносов – необходимое условие осуществления религиозных, культовых обрядов (Ю.В. Вдовиченко, В.Н. Иовенко, П.Г. Жарук и др., 2013).

В странах с высокоразвитым уровнем ведения животноводства овцеводство является ведущей отраслью. Поэтому, несмотря на периодически повторяющиеся спады, численность овец в мире варьируется в пределах от 1 до 1,2 млрд голов (А.М. Холманов, 2015; В.В. Цынгueva, 2015).

По данным ФАОСТАТ, снижение спроса на шерсть (к 1990 году на 36,5%), которое повлекло изменение цены, послужило основным фактором сокращения поголовья овец в РФ. Так же, по состоянию на 1990 годы в мире существенно увеличился спрос на постную баранину среднем на 70% (И.Г. Зорина., 2018).

Лидером по производству баранины в мире является Китай. Поголовье этой страны насчитывает свыше 140 млн голов, при этом а долю страны приходится до 25 % мировых запасов баранины. Основным направлением разведения являются мясное и тонкорунное овцеводство. Ученые-селекционеры и практики овцеводы продолжают непрерывную работу по разведению высокопродуктивных животных, для чего в стране созданы благоприятные условия (В.Н. Кузьмин, Т.Е. Маринченко, А.П. Королькова, 2019).

Одним из лидеров по численности овец бесспорно является Австралия. Основа производства шерсть, однако производство высококачественной баранины является стратегией овцеводства этой страны. Основной породой является австралийский меринос. Около 30 % овчины в мире производится в Австралии (И.В. Волков, Т.Н. Хаамируев, В.Г. Черных и др., 2016; А.Г. Мельников, 2018).

Для Новой Зеландии производство баранины имеет большое значение – овцеводство является главной производственной отраслью. Поголовье составляет более 50 миллионов голов мясо-шерстных пород.

Основным направлением овцеводства Великобритании, Ирана, Турции, где сосредоточено около 60% мирового овцепоголовья, является производство баранины. Государственная политика и бизнес всяческим образом поддерживает овцеводство в этих странах, что отражается на количественных и качественных характеристиках выходной продукции (И.Н. Шайдуллин, А.И. Куликов, 2007).

Такие страны, как Индия, Судан, ЮАР, также являются поставщиками баранины на мировой рынок.

Ежегодно во всем мире производится около 14 млн тонн овечьего мяса, что составляет примерно 3% мирового производства мясной продукции. В то время как на экспортную торговлю мясом овец

приходится 7–9% от общего объема агропроизводства, при этом большая часть мясной продукции потребляется в той стране, где она производится. Основными экспортерами мясной продукции являются Новая Зеландия (47% экспорта) и Австралия (36%) (Х.А. Амерханов, 2010).

Использования потенциала овец отечественных пород для развития отрасли, возможно только с применением современных и эффективных способов селекции. Увеличение мясной продуктивности овец необходимо проводить на животных и породах разводимых на территории РФ, они более приспособлены к местным природно-климатическим условиям и кормовой базе. Внедрение методов геномной селекции будет способствовать развитию овцеводства и повышать его конкурентоспособность и рентабельность (А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, 2003; О.А. Яцык, 2017).

Состояние, развитие, востребованность получения той или иной овцеводческой продукции главным образом определяются требованиями мирового рынка, что сказывается на состоянии, основного направления развития отечественной овцеводческой отрасли (Ю.И. Герман, Н.П. Коптик, 2014).

Овцеводство по прежнему является важной и социально значимой подотраслью, которая дает не только уникальную продукцию (молоко, шерсть, мясо, овчина и др), но и определяет образ жизни населения во многих регионах. Также продукция овцеводства считается системообразующей для ряда промышленных отраслей, в которых задействовано множество рабочих мест: мясоперерабатывающая, молочная, текстильная, кожевенная, шубно-меховой и др.). В ряде регионов Российской Федерации овцеводство имеет важное геополитическое значение (В.В. Абонеев, С.А. Ерохин, Ю.Д. Квитко и др., 2009; И.В. Украинцева, 2019).

Немаловажная роль отводится овцеводству в сохранении равновесия степных и полупустынных пастбищ – при сохранении оптимальной нагрузки овец слаборазвитый травяной покров не разрушается (Ю.И. Гальцев, 2004; Е.Д. Куц, 2009).

Развитие отечественного овцеводства, несмотря на небольшой спад в 2020 году по отношению 2015 на 12 %, набирает темпы, основной заслугой в этом является вклад отечественных селекционеров, чей труд позволил создать мощный генофонд. Использование отечественных пород овец, чей потенциал не до конца раскрыт, в сочетании с особенными географически-климатическими условиями РФ и научным заделом, позволят добиться не только увеличения численности поголовья, но и улучшения хозяйственно-полезных признаков животных (Б.Д. Абатуров, Ю.Д. Нухимовская, 2013; В.П. Зволинский, 2017; Абонеев В. В., Колосов Ю. А., 2020).

Согласно отчету национального союза овцеводов, по состоянию на 2020 год на территории РФ разводилось 44 породы овец, из них 15 тонкорунных, 14 полутонкорунных, 2 полугрубошерстных и 13 грубошерстных (Отчет национального союза овцеводов, 2020). По информации Федеральной службы госстатистики (Росстат), на конец февраля 2017 года в структуре поголовья скота на население приходилось 44,2% поголовья крупного рогатого скота, 15,6% – свиней, 47,5% – овец и коз (на конец февраля 2016 г. – соответственно 45,1; 18,0; 47,5%) (К.Э. Лайкам, А.В. Епихина, А.В. Базаров и др., 2006).

В 2019 году около 70% поголовья овец и коз были рассредоточены преимущественно в трех федеральных округах:

1. Северо-Кавказский ФО (Республика Дагестан, Ставропольский край, Карачаево-Черкесская Республика) – 31% от общего поголовья;
2. Южном ФО– 25% (Республика Калмыкия, Астраханская область, Волгоградская область, Ростовская область);

3. Сибирский ФО -15,5 % (Республика Тыва, Республика Алтай и другие).

Согласно отчету национального союза овцеводов лидирующую позицию по численности поголовья овец занимает Республика Дагестан- 4544,4 тыс.голов, на втором – Республика Калмыкия - 2245,9 тыс.голов, на третьем - 1542,3 тыс.голов. Республика Тыва - 1274,1 тыс.голов является лидером в Сибирском регионе (Т.Ю. Левина, 2016; Е.В. Мельникова, 2016; Отчет национального союза овцеводов 2020 г)).

Наиболее многочисленным и в РФ считаются овцы тонкорунных пород, к которым относятся дагестанская горная (1106,4 тыс. гол.), грозненская (401,9 тыс. гол.), советский меринос (9180,2 тыс. гол.), забайкальская (140,7 тыс. гол.), волгоградская (108,5 тыс. гол.). Эти овцы имеют тонину шерсти не менее 60 и не более 80-го качества (14–25 мкм при длине волоса 7–9 см. Количество извитков 6–8 на 1 см длины волокна. Животные этих пород отличаются по направлению продуктивности: шерстное, мясо-шерстное и мясное (Н.А. Васильев, В.К. Целютин, 1990; И.С. Исмаилов, В.И. Сидорцов; Н.И. Белик, 2016)

Наибольшую численность среди полутонкорунных овец имеют горноалтайская (76,7 тыс. гол.) и цигайская (33,0 тыс. гол.). Удельный вес поголовья полутонкорунных овец в общей численности занимает 5 % (Отчет национального союза овцеводов, 2020). Животные этих пород имеют высокие показатели мясной и шерстной продуктивности. Тонина шерсти в среднем от 36 до 58 качества, при средней длине 6-20 см (А.Я. Куликова, 2020). Шерсть получаемая от этих животных отличается высоким спросом во всем мире, а удельный вес шерсти полутонкорунных пород в мировом производстве занимает около 44 %.

Несмотря на то, что в связи неблагоприятными климатическими и экономическими условиями в стране наблюдается спад численности

поголовья овец и коз, специалисты в области овцеводства настроены оптимистически и прогнозируют положительную тенденцию в отношении наращивания темпов воспроизводства овец в регионах, а также производства мяса и шерсти (Е.В. Мельникова, 2016; Ш.Я. Юсупов, И.Ф. Драганов, 2016; А.С. Филатов, 2006). Разрабатывается ряд мер поддержки регионов с высоким потенциалом в развитии овцеводства, несмотря на сложившиеся обстоятельства в отечественной и мировой экономике и связанных с климатическими изменениями (С.И. Билтуев, Г.М. Жилиякова, В.А. Ачитуев, 2005; Т.А. Интигринова, Н.В. Миронова и др., 2012; А.Н. Ульянов, 2003; И.Н. Шайдуллин, А.А. Щербаков, 2005; Т.Н. Медведева, Э.А. Фарвазова, В.М. Шарапова, 2020).

В 2019 году Северо-Кавказский федеральный округ считался лидером по производству овец и коз на убой в живом весе более 110 тыс. тонн. Наличие пастбищ, благоприятные природно-климатические условия способствовали ее развитию (В.А. Мороз, 1998; В.Ф. Гаркуша, 2003; В.В. Абонеев, 2009; В.В. Абонеев, И.И. Селькин, А.И. Суров, 2012; Д.М. Анимукова, 2016; отчет национального союза овцеводов, 2020).

Исторически так сложилось, что основным видом сельскохозяйственных животных на Ставрополье была овца. Благодаря своей неприхотливости овцеводством занимались повсеместно, даже в условиях засушливого климата в восточных районах края, что решало множество социально-экономических вопросов, обеспечивая население и страну высококачественными мясом и шерстью. Шерсть долгое время оставалась в приоритете. Развитию отрасли способствовала активная поддержка со стороны государства (Н.К. Тимошенко, 2004; К.Г. Бородин, 2018).

По мнению М.В. Егорова, овцеводство до реформ 1990х гг. было узкоориентированной отраслью, ориентированной преимущественно на

производство шерсти, что способствовало сокращению поголовья на Ставрополье, а в некоторых районах полному его истреблению.

Тем не менее, многолетний труд селекционеров Ставрополья позволил создать высокопродуктивные племенные стада ставропольской, кавказской пород, манычского меринуса, которые славятся до сегодняшнего дня на весь мир (Т.Н. Стеклова, А.Н. Стеклов, 2014; Е. Н. Чернобай, 2018).

Тонкорунное и полутонкорунное овцеводство считалось ключевым направлением на Ставрополье. В хозяйствах края были выведены и усовершенствованы такие породы как кавказская, ставропольская, манычский меринос, джалгинский меринос, российский мясной меринос, ташлинская и другие (И.И. Селькин, 1998; И.М. Дунин, И.Г. Сердюков, М.Б. Павлов, 2013; Шумаенко С.Н., 2020). Выведенные породы стали ядром выведения новых пород, типов и линий в других регионах России, что сказывается на общей динамике численности и продуктивности овец (А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, Л.Г. Горковенко, 2017; С.А. Хататаев, Л.Н. Григорян, 2017).

Имеющийся породный состав и высокопродуктивные линии овец разводимые в Ставропольском крае являются основой прогрессивного развития овцеводства, направленные на увеличение, в первую очередь, мясной продуктивности и шерстной. Отечественная отрасль должна соответствовать общемировым тенденциям. Активно развивается направление молочного овцеводства. (В.В. Абонеев, И.И. Селькин, А.М. Беляева, 2004; Е.Н. Чернобай, 2018).

В Ставропольском крае поголовье овец в племенных организациях составляет 449,8 тыс., наибольшее количество овец сосредоточено в хозяйствах Левокумского, Нефтекумского районов – 73 тыс. голов, Апанасенковского района – 30,6 тыс. голов, Степновского района –

16,5 тыс. голов, Ипатовского района – 12,3 тыс. голов. В крае насчитывается 24 племенных овцеводческих хозяйства, из которых селекционно-генетических центров – 3, племенных заводов – 12 и плем-репродукторов – 9 (В.И. Трухачев, В.А. Мороз, М.И. Селионова, 2015).

По данным отчета российского союза овцеводов в 2019 году на Ставрополье было произведено в хозяйствах всех категорий 26,5 тыс. тонн баранины. Также Ставрополье является одним из лидеров экспортеров баранины в страны Ближнего Востока – около 24 %, при средней стоимости в 2019 году 3,3 доллара за кг (Отчет союза овцеводов, 2020).

Производимая продукция имеет высокие качественные показатели. Ставропольский край входит в топ-3 регионов России по численности овец. По данным Минсельхоза края, разведением овец в регионе занимаются 78 сельхозорганизаций, в которых на начало 2020 года насчитывалось 239,6 тысяч голов овец. Ставропольские аграрии – основные производители качественной тонкой и полутонкой шерсти.

В условиях рыночных взаимоотношений в овцеводческой отрасли Ставрополья, как и в целом в стране, сложилась кризисная ситуация, отразившаяся на производстве овцеводческой продукции. Объективно сформировались условия для масштабного расширения производства баранины, сокращения – шерсти, что стало основой для сохранения конкурентоспособного преимущества отрасли. Сложилось так, что современные экономические преобразования, происходящие в мире и в нашей стране, вносят существенные коррективы в селекционный процесс (Н.К. Тимошенко, 2006; С.В. Гришанова, 2011).

В условиях рыночной экономики приоритетными в селекции сельскохозяйственных животных, в том числе и овец, являются параметры мясной продуктивности, возможность получения продуктов овцеводства, а

именно мяса – баранины в большом количестве и высоком качестве (В.В. Абонеев, Ю.Д. Квитко, Б.Т. Абилов, и др., 2012).

В связи с этим в зонах разведения тонкорунных овец, наряду с повышенным настригом и качеством шерсти, следует использовать все возможное для увеличения мясной продуктивности (А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, 2013; Е.Н. Чернобай, 2018). Одним из путей решения этой проблемы является отбор и оценка молодняка с желательными признаками, которые при оптимальных условиях кормления, содержания будут являться резервом получения молодой баранины.

1.2. Ставропольская порода овец

Создание ставропольской породы являлось долговременным и постепенным процессом, основы которой были заложены еще в конце XIX века. Прародителем ставропольской породы являются новокавказские тонкорунные овцы. Основоположником в создании новой породы считается зоотехник-бонитер Я.В. Сладкевич, который в 1923 году организовал работу по совершенствованию новокавказских овец. Создание породы выпало на тяжелое время после Гражданской войны, когда пришлось проводить отбор и селекцию животных на реорганизованных совхозах (например, «Советское руно», Ипатовский район). Новокавказские овцы были выбраны не случайно, эти животные были хорошо приспособлены к особенностям засушливого климата восточный регионов края, имели прекрасную конституцию и главное, длинную и крепкую шерсть. Однако, стояла задача увеличить густоту и выход шерсти.

Для выполнения поставленных целей были завезены бараны породы американский рамбулье в 20-х годах XX века, которые были использованы для разведения ставропольской породы. На маточном поголовье удалось

добиться улучшения экстерьера и веса животных. В 30-х годах проведено повторное межпородное скрещивание, однако селекционеры использовали потомков баранов австралийский меринос.

Добиться выведения самостоятельной породы «ставропольская» удалось только после Великой Отечественной войны в 1950 году в совхозе «Советское руно». Руководство страны отметило создателей породы присуждением им Государственной премии СССР, в их числе: зоотехник-бонитеру С.Ф. Пастухов, старший зоотехник В.В. Снеговой, старшие чабаны М.З. Донцов, Ф.С. Ливенский и директор совхоза Ш.Н. Хабитов.

Таким образом, в 1951 году породу ставропольская утвердили окончательно, что послужило толчком для создания племенных хозяйств для целенаправленного выведения животных этой породы. ГПЗ «Советское руно» и КПЗ «Вторая пятилетка» были признаны «оригинаторами» породы.

Превосходные качества овец ставропольской породы отмечали во всех регионах страны, благодаря чему численность популяции животных этой породы в начале 80-х гг составляла более 4 млн голов.

У чистопородных животных средний настриг шерсти в чистом волокне у баранов составлял 7–8 кг, у маток – 2,8–3,1 кг. Длина шерсти 10-11 см у баранов, 8,5–9,5 см у маток, 10–11 см у баранов. Кроме того, шерсть у овец ставропольской породы отличалась уравниваемостью волокон в штапеле и по руно, шелковистым блеском, хорошими защитными свойствами жиропота. Средняя тонины шерсти у овец составляла 20,6–23,0 мкм.

Многие годы племенную работу со ставропольской породой овец возглавляли профессор М.И. Санников и Герой Социалистического Труда В.В. Снеговой. Под их руководством с 1971 года в племзаводах

проводилась целенаправленная творческая работа по совершенствованию племенных и продуктивных качеств овец путем «прилития крови» австралийских мериносов. Эту работу продолжили их ученики и соратники: Л.Ф. Кравцов, А.Т. Букша, Г.Е. Герасименко, В.В. Абонеев, В.А. Мороз, В.П. Мозговой, А.М. Беляева и многие другие ученые и специалисты хозяйств.

М.И. Санников как председатель совета по племенной работе со ставропольской породой и секретари совета Г.Е. Герасименко, а затем В.В. Абонеев проводили комплексную оценку овец ставропольской породы в хозяйствах занимающихся её разведением, по результатам которой разрабатывали соответствующие рекомендации по разведению и совершенствованию поголовья.

Племенных овец ставропольской породы использовали для создания многих знаменитых тонкорунных пород, одной из таких является советский меринос. Его вывели в племенных хозяйствах Апанасенковского района Ставропольского края (КПЗ им. Ленина, КПЗ «Россия» и КПЗ «Путь к коммунизму»). Паласский меринос, тонкорунная порода на юго-востоке Болгарии, трансильванский меринос, южноказахский меринос, южноуральская тонкорунная также были выведены на основе ставропольской породы.

Под руководством М.И. Санникова и В.В. Абонеева был выведен целинный тип ставропольской породы. Создан он был с использованием австралийских мериносов. Эти овцы отличались еще более высокими технологическими свойствами шерсти и улучшенной продуктивностью, также создателям удалось сохранить высокие показатели живого веса. (В.В. Абонеев, Ю.Д. Квитко, И.Г. Сердюков и др., 2011).

В настоящее время ставропольская порода остается одной из самых многочисленных тонкорунных пород овец в России. Овцы ставропольской породы, по мимо высоких показателей продуктивности, отличаются выносливостью в местных природно-климатических условиях, что создает предпосылки для сохранения породы и повышения этих качеств.

1.3. Маркеры в селекции овец

1.3.1. Биохимические маркеры

При совершенствовании существующих и выведении новых пород сельскохозяйственных животных главенствующая роль отводится анализу и поиску методических подходов для объективной оценки генетического потенциала исходного селекционного материала выдающихся племенных животных. Это возможно при комплексном подходе, объединяющем целый ряд специфических методов, приемов.

Изучение липидов из года в год становится неотъемлемой частью многих исследований в области сельского хозяйства. За 60 лет своего интенсивного развития исследователи установили, что жирные кислоты играют огромное значение в энергетическом обмене, который является основой интенсивности роста и развития организма (А.Н. Климов, 1981; И.В. Березин, Ю.В. Савин, 1990; Г.В. Гераскина, 1991; Н.Е. Кучеренко, А.Н. Васильев, 1985; Н.А. Шнайдер, Е.А. Шаповалова, 2008; Н.Г. Марутянц; А.И. Афанасьева, Н.В. Симонова, 2012; В.Ю. Ромахова, 2015).

Липиды из-за многообразия функций в процессе жизнедеятельности организма, находясь в каждой его клетке, издавна интересуют исследователей не только как высокоэффективный энергетический материал, но и в качестве дополнительных биохимических тестов для оценки, прогнозирования интенсивности обменных процессов, иммунной реактивности,

энергии роста животных на разных стадиях их развития (Е.Б. Бурлакова, 1977; Я.Х. Таракулов, Т.С. Саатов, 1981; А.А. Болдырев, 1985).

Липиды, наряду с белками, участвуют в образовании комплекса мембраны с ДНК, оказывая регуляторное влияние на транскрипции (А.А. Алиев, А.А. Олимов, 2000; 2010).

Важной особенностью липидов является активное участие в перестройке биомембран, обеспечивая им соответствующую проницаемость и пластичность. Мембранам в клеточном механизме принадлежит регуляторная роль в осуществлении структурных переходов при переключении клетки из одного метаболического состояния в другое (А.А. Алиев, 2000).

Известно, что в желудочно-кишечном тракте жвачных животных липиды либо распадаются в желудках, либо в тонком кишечнике. В результате липолиза образуются длинноцепочные жирные кислоты, биогидрогенизация которых происходит с образованием промежуточных продуктов: $C18:3 \rightarrow C18:2 \rightarrow C18:1\text{транс} \rightarrow C18:0$; $C18:1\text{цис} \rightarrow C18:0$; $C16:1 \rightarrow C16:0$. Измеренные скорости биогидрогенирования для кислот $C16:1$, $C18:1\text{цис}$, $C18:1\text{транс}$, $C18:2$ и $C18:3$ составляли соответственно 39,3; 27,4; 22,8; 87,6 и 24,4 % в час (W. Chalupa, P. Moate, R. Boston, 2003).

В соответствии с существующей номенклатурой, в основе которой лежит характер связи атомов углерода в цепи, жирные кислоты подразделяются на насыщенные (предельные) и ненасыщенные (непредельные).

Насыщенные жирные кислоты не имеют двойных или тройных связей, то есть цепочка углевода полностью «насыщена» атомами водорода (R.W. Hanson, F.J. Ballard, 1968).

В составе углеводородной цепи ненасыщенных жирных кислот присутствуют двойные связи: если одна – мононенасыщенные, если несколько – полиненасыщенные (G.A. Garton, W.R.H. Duncan, 1969).

Наибольшей биологической и химической активностью обладают ненасыщенные жирные кислоты (А.А. Алиев, В.М. Мартюшов, 1974; Е.А. Лысова, 1995).

Жирнокислотный состав липидов крови является одним из главных причин нормальной жизнедеятельности организма животных, обеспечивающим его энергетические потребности.

Известно, что распад и утилизация глюкозы и некоторых кислот сопровождается значительным выделением свободной энергии (В.Г. Янович, П.З. Лагодюк, 1991).

Липиды, в соединении с белками, представляют собой легкодоступную форму метаболической энергии, обеспечивающей интенсивность всех звеньев метаболизма. Что, по мнению исследователей, может служить одним из критериев оценки степени функционального развития организма (В.Н. Титов, 2008; Е.В. Душкин, А.Д. Душкин, 2012).

При этом исследователи особое внимание уделяют метаболической взаимосвязи между отдельными жирными кислотами, то есть, обладая разным уровнем биологической активности, повышение интенсивности одной кислоты может повлиять на биологическую активность другой (С.Г. Макарова, Е.А. Вишнёва, 2013; Н.П. Микаелян, А.Е. Гурина, 2014).

В этой связи повышенное внимание посвящено метаболическим взаимоотношениям эссенциальных жирных кислот – линолевой С18:2, линоленовой С18:3, арахидоновой С20:4. Данные ненасыщенные жирные кислоты являются очень важными для повседневного течения обмена веществ, они определяются как незаменимые жирные кислоты (Л.И. Запорожская, И.В. Гаммель, 2012).

Биологическая активность эссенциальных жирных кислот неоднозначна: так, например, активность арахидоновой С20:4 кислоты в два раза выше, чем линолевой С18:2 и линоленовой С18:3. Однако в кормах ее содержится мало, в основном она входит в состав животных

жиров и в организме образуется из линолевой кислоты (Т.Э. Боровик, С.Г. Грибакин, Н.Г. Звонкова, 2012).

Согласно существующим представлениям, синтез арахидоновой кислоты C20:4 происходит исключительно из линолевой, поступающей с кормом (С.Г. Макарова, Е.А. Вишнёва, 2015).

Велика значимость динамики линолевой кислоты. При ее недостатке нарушается проницаемость клеточных мембран, снижается резистентность организма животных (Т.В. Момот, Н.Ф. Кушнерова, Ю.А. Рахманин 2016; М.К. Боровская, Э.Э. Кузнецова, В.Г. Горохова, 2010).

Для характеристики количественного превращения линолевой кислоты в арахидоновую используется соотношение между арахидоновой и линолевой кислотами: C20:4/C18:2 (С.В. Мезенцев, 2015).

При изучении липидного обмена у каракульских овец Г.М. Мухадовым (1978; 1985) показано, что основным продуктом биогидрогенизации ненасыщенных жирных кислот является пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0 жирные кислоты, относящиеся к классу насыщенных.

Из пальмитиновой кислоты – C16:0, в результате гидрогенизации и удлинения углеродной цепи, через стеариновую кислоту, образуется олеиновая – C18:1, относящаяся к классу мононенасыщенных жирных кислот.

Уровень пальмитиновой кислоты отражает интенсивность биосинтеза жирных кислот и является исходным материалом для образования других жирных кислот эндогенного происхождения, в том числе и олеиновой. Поэтому содержание пальмитиновой кислоты, в большей мере, отражает биосинтез, а концентрация олеиновой – катаболизм жирных кислот (Т.А. Лобаева, 2015).

Насыщенная стеариновая кислота – C18:0 занимает центральное положение в обмене жирных кислот жвачных животных (Л.С. Ермолова, 1998; Л.В. Зайцева, 2010).

Индивидуальность обмена липидов у жвачных животных, в том числе и у овец, в значительной мере связано с деятельностью микрофлоры рубца (Е.А. Кондратьева, Е.В. Душкин, 2012; К.Г. Логачев, Б.С. Нуржанов, 2013).

В результате ферментативных превращений корма, под действием микроорганизмов в рубце образуются низкомолекулярные жирные кислоты, которые после всасывания в организм и ткани используются как энергетический и пластический материал. Их активация и транспорт через клеточные мембраны обеспечиваются ацетил-КОА-синтетазой и карнитин-ацетил трансферазой (Е.И. Коленько, В.П. Шишов, Н.Н. Гуцин, 1974).

Установлено, что микроорганизмы рубца расщепляют липиды корма (триглицериды, фосфолипиды, галактозил-глицериды), вследствие чего концентрация неэстерифицированных жирных кислот в его содержимом значительно выше концентрации эстерифицированных (С.М Шульга, А.Ф. Ткаченко, Н.Е. Бейко, 2010).

Образующиеся в рубце ненасыщенные жирные кислоты, среди которых преобладают линолевая – С18:2, линоленовая – С18:3, под действием микроорганизмов гидрогенизируются, превращаясь в насыщенные жирные кислоты (С.Б. Оразова, Т.А. Карпенюк, К.О. Шарипов, и др., 2017; Н.И. Ткачева, С.Б. Морозов, Е.М. Стахнёва и др., 2017).

От состояния рубцовой микрофлоры и длины углеродной цепи, а также её разветвленности зависит скорость всасывания жирных кислот. Высокомолекулярные насыщенные жирные кислоты (миристиновая С14:0, пальмитиновая С16:0, стеариновая С18:0) проникают через стенку рубца в виде солей Na^+ и K^+ , или активированных ацетил-КОА, НЭЖК ненасыщенные (олеиновая С18:1, линолевая С18:2, линоленовая С18:3) всасываются медленнее, чем пальмитиновая, стеариновая (М.Я. Курилкина, Т.Н. Холодилина, Д.М. Муслюмова и др., 2017; М.С. Мирошникова, 2020).

Конечным продуктом гидрогеноза цепи в рубцовом содержимом является стеариновая кислота C18:0. Исследователи отмечают, что количество стеариновой кислоты в процессе ферментативного биосинтеза в содержимом рубца увеличивается в 11 раз по сравнению с ее уровнем в липидах корма (В.Е. Улитко, Л.А. Пыхтина, В.В. Козлов, 2009; О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко, Н.И. Маслова, 2017).

Известно, что метаболическая активность регулируется генами, причем у животных в одной популяции это может происходить по-разному. Исследователями накоплен определенный задел знаний в этом направлении, изучены полиморфизмы генов отвечающие за интенсивность протекания процессов энергообмена в организме, однако формирование липидного профиля и обмена, находящиеся в зависимости от всех жизненно важных циклов регуляции роста и развития, продуктивности и резистентности еще предстоит изучить.

1.3.2. Генетические маркеры

Установлено, что в ДНК млекопитающих содержится около 3 триллионов пар нуклеотидов. Детальное изучение этой огромной структуры позволило выявить, что в хромосомах имеются отдельные участки ДНК, которые не влияют на количественные признаки, но связаны с генами, детерминирующими эти признаки – SNP-маркеры, стабильно передающиеся по наследству в связке с определенными генами или группой генов (О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь и др., 2013; Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, Е.А. Гладырь, 2015; Н.А. Зиновьева и др., 2016).

Исследователями были созданы генетические карты геномов большинства сельскохозяйственных животных, которые включают позиционирование генов (маркеров), характеризующих хозяйственно-полезные признаки. Иногда несколько точек на карте генов могут характеризовать один признак определяющий племенные особенности.

Маркерами в этом случае могут быть ДНК-последовательности, характеризующие:

1) различные аллельные варианты генов продуктивности (к этой группе относятся дупликации, инсерции, протяженные делеции и др.);

2) точки SNP (single nucleotide polymorphism – однонуклеотидный полиморфизм), которые могут находиться в экзонах, интронах или регуляторных областях генов, оказывающие достоверное влияние на проявление хозяйственно значимых признаков животного;

3) делеции/вставки нуклеотидов, приводящие к изменению хозяйственно значимых признаков животного (Н.А. Зиновьева, А.В. Доцев, А.А. Сермягин и др., 2016; J.M. Akey, G. Zhang, K. Zhang, et al., 2002).

В последнее годы повышением интенсивности воспроизводства высокопродуктивного поголовья животноводы обязаны геномной селекцией. Основной задачей геномной селекции является установление взаимосвязи между геномом и признаками экстерьера, характеризующих продуктивность вида или породы (В.Р. Харзинова, А.В. Доцев, А.Д. Соловьева и др., 2017; М.И. Селионова, М.М. Айбазов, Т.В. Мамонтова, 2012). Благодаря интенсивному развитию цифровых технологий выявлено множество ассоциаций генетических вариантов с ключевыми механизмами протекающими в организме млекопитающих (А.А. Шарипов, Ш.К. Шакиров, Ю.Р. Юльметьева и др., 2013).

Изучение структуры гена и полиморфизмов призваны интенсифицировать селекцию на ранних этапах онтогенеза постэмбрионального периода, с целью получения высококачественной продукции соответствующей отечественным и международным стандартам качества и безопасности (А.А., Сермягин, Е.А. Гладырь, С.Н. Харитонов и др., 2016). Учитывая особенности современного овцеводства, направленного на увеличение мясных пород и линий овец, развитие новых

технологий значительно увеличит темпы селекционной работы и позволит разработать новые методы для прижизненной оценки мясной продуктивности животных на ранних сроках. Это важно еще и потому, что овцы выращиваемые на Ставрополье, обладают высоким потенциалом мясной продуктивности, а также более приспособлены к местным условиям разведения, однако в результате длительного чистопородного разведения на шерсть, многие признаки не исследовались вовсе или утратили свою значимость и их взаимосвязь с геномом предстоит изучить (В.С. Матюков, Ю.О. Тырина, Ю. Кантанен, 2013; А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова, 2013).

Также, использование ДНК-маркеров, а именно маркер-ассоциированная селекция- Marker Assisted Selection (MAS) является важным этапом практической генетики, которую заслуженно включают в национальные селекционные программы по всему миру (Е.И. Кийко, 2010; А.Ф. Яковлев, М.Г. Смарагдов, В.С. Матюков, 2011; I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina et al., 2017).

Одной из ключевых задач, которое правительство РФ ставит перед отечественными животноводами, является повышение эффективности отраслей и соответствие отечественной продукции мировым стандартам качества (Н.М. Морозов, 2017; А.К. Марков, 2020). Также было определено, что геномная селекция является основой решения этих задач. В результате внедрения молекулярно-генетических методов в селекционный процесс были определены новые подходы в формировании комплексной оценке племенной ценности овец различных типов и направлений, в том числе на уровне популяций, что значительно ускорило темпы селекции и сделало его экономически выгодным (В.Ж. Hayes, Р.М. Visscher, Н.С. McPartlan, М.Е. Goddard, 2003; D. Campbell, L. Bernatchez, 2004).

Для геномной селекции отбираются особи обладающие высоким генетическим потенциалом, например, в мясной продуктивности. Таких животных можно отобрать в раннем возрасте, на основании результатов генотипирования, вместо традиционного отбора по качеству потомства, родственников или предков, что способствует интенсификации процесса разведения. Важно, процесс способствует значительной экономии средств и времени на селекцию и разведение животных (S. Volormaa, J.E. Pryce, Y. Zhang et al., 2015).

По мнению исследователей L. Lan, M. Chen, J.B. Flowers, B.S. Yandell, D.S. Stapleton et al., (2006), A. Hajihosseini, A. Semsarnejad, E. Abollow et al., 2013, М.Р. Dubovskova, 2019, внедрение инновационных ДНК-технологий в промышленный и селекционный процесс не случайно, поэтому изучение маркеров продуктивности и породной принадлежности, а также полиморфизмов генов характеризующих ценные признаки приобретает особую актуальность, в том числе в отечественном овцеводстве.

Большинство молекулярно-генетических маркеров, связанных с показателями мясной продуктивности, детерминируются большим числом генов с разным индивидуальным участием и функционально связанных с блоком локусов количественных признаков (QTL). Различные сочетания аллельных вариантов этих генов по-разному определяют характеристики продуктивности овец (V.A. Soloshenko, G.M. Goncharenko, A.A. Dvoryatkin et al., 2013; S.I. Mortimer, J.H.J. Werf, R.H. Jacob et al., 2014).

По мере изучения полиморфизмов генетических маркеров продуктивности, была определена роль и связь генов с ростом, развитием и различными биохимическими процессами в организме, в том числе формирующих продуктивные качества. (Ю.А. Столповский, А.В. Лапшин, Н.В. Кол, 2008; A. Hadeif, K. Miroud, R. Kaidi, 2014).

Результаты таких исследований свидетельствует о том, что генетические маркеры необходимы для использования в практической работе в качестве надежного инструмента в решении задач практической селекции.

Многочисленными исследованиями установлена связь генетических маркеров с признаками продуктивности тремя путями: путем плейотропного эффекта генов, эффекта сцепления и эффекта гетерозиса.

Среди комплекса мероприятий, направленных на сохранение племенных ресурсов, их генетическое совершенствование, а также рациональное и эффективное использование выдающихся генотипов, значительная роль отводится методам ДНК-диагностики, выявляющим молекулярные маркеры, которые занимают важное положение в различных областях генетических исследований – маркер-зависимая селекция MAS (Л.А. Калашникова, И.М. Дунин, В.И. Глазко, 2000; А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, и др., 2016).

Изучение полиморфизмов определило направление развития фундаментальной и практической генетики. При этом мерой генетической изменчивости популяций явился генетический полиморфизм, то есть существование в популяции нескольких форм гена, контролирующих определённый признак и встречающихся с определенной частотой. Также стоит не забывать, что основой определяющей фенотипические характеристики является изменчивость, т.е. способность организма приспосабливаться к условиям обитания с формированием адаптивных механизмов, которые можно передавать по наследству потомкам (А.А. Майборода, 2014).

Доказано, что в сложных локусах количественных признаков достаточно идентифицировать маркер или группу маркеров, связанных с QTL, и определить связь сцепления между специфическими аллелями или

гаплотипами в маркерном локусе и предпочтительными аллелями в QTL (Л.А. Калашникова, И.М. Дунин, В.И. Глазко, 2000).

Генетические маркеры оказывают непосредственное влияние на признак или находятся в одной группе сцепления с генами, контролирующими тот или иной селекционируемый признак (Г.В. Родионов, В.Т. Христенко, 2002; И.Ю. Долматова, С.Г. Исламова, 2004; Л.А. Калашникова и др., 2015).

Изучение сопряженности по признакам с низкой наследуемостью позволяет повысить результативность селекции за счет детекции или элиминации генов, отвечающих за продуктивность, здоровье, воспроизводство животных, закрепить ценные генотипы в популяции. Овцы наименее изучены в молекулярно-генетическом аспекте (Л.А. Храброва, Е.И. Алексеева, 2015; А.А. Сермягин, Е.А. Гладырь, С.Н. Харитонов и др., 2016).

Современные молекулярно-генетические технологии могут вывести эти работы на новый методический уровень. Известно, что селекция на основе генетических маркеров продуктивности направлена на работу с животными с высоким генетическим потенциалом (Т.В. Мамонтова, М.М. Айбазов, 2016; М.И. Селионова, 2016; Ю.А. Колосов, П.С. Кобыляцкий и др., 2017; Т.Е. Deniskova, A.V. Dotsev, E.A. Gladyr' et al., 2015).

Маркер-ассоциированная селекция значительно увеличила темпы закрепления генов, ответственных за ценные признаки, в особенности те, которые по традиционным методам возможно было определить на поздних стадиях развития животных. В результате плодотворной работы мирового сообщества молекулярной генетики были определены гены или группы генов, характеризующих рост и развитие животных (Н.В. Широкова, 2013; J.W. Davey, P.A. Hohenlohe, P.D. Etter et al., 2011).

Особый интерес вызвала группа генов, кодирующих факторы роста, их рецепторы, транспортные и регуляторные белки, то есть те, которые оказывают значительное воздействие на улучшение состава туши, качество мяса и эффективность производства баранины. К ним относятся одни из перспективных генов-кандидатов мясной продуктивности овец: ген гормона роста *GH* и ген кальпаSTATIN *CAST*.

Ген гормона роста GH (соматотропин, соматотропный гормон, *GH*). Известно, что этот ген расположен на 5-й хромосоме, включает пять экзонов и четыре интрона. Суперэкспрессия гена *GH* распространяется на весь организм, в том числе на клеточном уровне. Основной эффект анаболический и метаболический. В результате активации биосинтеза цепи ДНК-РНК-белок и регуляции скорости протекания процесса, наблюдается мобилизация расщепления липидов, распаду высших жирных кислот и глюкозы в тканях организма. Это приводит к тому, что у животных происходит увеличение интенсивности развития, в том числе за счет роста скелета.

Гормон роста имеет большое значение для регулирования ростовых процессов, клеточной пролиферации и дифференцировки (Н.М. Zhang, D.R. Brown, S.K. DeNise et al., 1993; N.S. Yudin, M.I. Voevoda, 2015; С.М. Seabury, D.L. Oldeschulte, M. Saatchi et al., 2017; A.S. Meena, R.S. Bhatt, A. Sahoo et al., 2017).

К.А. Куликова, Ю.А. Юлдашбаев и соавт. (2018), исследуя полиморфизм гена *GH* на тувинских короткожирнохвостых овцах, выявили 3 генотипа: AA, AB, BB. Дуплицированный ген *GH* обнаружен и в геноме овец (Valinsky et al., 1990; Gootwine et al., 1993; A. Najihosseini, A. Semsarnejad, E. Abollow et al., 2014). В отличие от человека, у которого нет аллеля с одной копией гена (вариант без дубликации), у овец обнаружен полиморфный для дублирования *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*).

Результаты исследований (Reicher et al., 2010) не подтверждают предположение об антагонистическом действии копии *GH2-Z* на активность *GH*, высказывавшееся ранее Wallis et al., (1998). Напротив, белок с двойной заменой G9R/G63S усиливает сродство к рецептору и проявляет большую биологическую активность по отношению к белку аллеля *GH-N*, что может быть результатом комбинированного воздействия каждой из мутаций (G9R и G63S).

Ген кальпастина (*CAST*). Известно, что у овец этот ген (ID: 443364) локализован на 5-й хромосоме, состоит из 29 экзонов и имеет общий размер 89553 пн. Действие гена широкое, регулирует образование связки кальпаин-кальпаستатин, действие которое весьма влиятельное: регуляция процессов жизнеобеспечения в организме на клеточном уровне, передача нервных импульсов в синапсах, секреции, дифференциации клеток, и других. Его полиморфизм определяют методом ПЦР-ПДРФ в первом интроне. (Yilmaz O.et al., 2014). Наличие полиморфизма гена *CAST/MspI* позволяет использовать его в качестве маркера продуктивности овец.

В исследованиях японских ученых Н. Sorimachi, S. Imajoh-Ohmi, Y. Emori et al. (1989) показано, что фермент кальпастатин входит в состав кальпаинового семейства ферментов, а также играет отличную от других ферментов роль и выступает в качестве специфического ингибитора

кальций-зависимых протеаз. Множество исследований подтверждают роль этого фермента на регуляцию роста и развития организма, набор или снижение мышечной массы и качество мяса. Известно, что структура и нежность мяса могут отличаться в зависимости от аллели (Ю.А. Колосов, Н.В. Широкова, Н.Ф. Бакоев, 2015; В.А. Larson, 1976). В.Р. Palmer, J.D. Morton, N. Roberts et al., 1999 были выявлены генотипы овец (АС), которые более активно набирали живую массу с разницей до 18%, по сравнению с животными гибридных мясных пород (носители генотипа АА). Ряд исследователей рекомендовали использовать в качестве маркера продуктивности и качества мяса полиморфизм гена *CAST* (L.P. Thatsher, 1984; L.R. Piper, 2001; S.K. Shakirov, 2014; M.I. Selionova, L.N. Chizhova, M.P. Dubovskova, E.S. Surzhikova, L.V. Kononova, G.N. Sharko, 2017).

Животные носители полиморфизма гена, у которых отмечается сниженная активность белка кальпастина после убоя имеют мясо с нежной структурой. Однако, не все изменения приводят к увеличению мясной продуктивности, в некоторых случаях полиморфизм гена *CAST* может приводить к нарушениям в ферментативной системе организма (N.S. Yudin, 2015).

Кальпаин-кальпастиновая система которая играет значительную роль в метаболических процессах, может формировать структуру и качество леток, мышечных волокон, органов. Не всегда влияние положительное, при нарушении работы кальпастина возникают нарушения движения мышц или апоптоза клеток и многие другие.

Один из интересных эффектов фермента кальпастина, заключающийся в его инактивации, можно пронаблюдать на посмертных изменениях мяса. Известно, что у овец с некоторыми аллелями после убоя мясо отличалось нежностью.

Полиморфизм этого гена у овец пород Dorset Down и Coopworth был изучен B.R. Palmer et al. (1998); P.M. VanRaden, P.G. Sullivan (2010); M. Taye, A. Yitayew, S. Mekuriaw, A. Bitew (2011) с применением метода PCR-RFLP, позволившего измерить частоту встречаемости M и N аллелей у овец породы Dorset Horn. Она составила 0,77 и 0,23 соответственно. Их результаты доказывали генетическую связь между характеристиками мяса и представленными аллелями. Таким образом было установлено и подтверждено, что ген *CAST* играет роль в росте мышечных волокон и качестве мяса (B.R. Palmer et al., 1999).

В исследованиях M. Suleman (2012) и S. Sasazaki et al., (2014) было описано распространение возможных аллельных вариантов этого гена у различных пород. Например, ягнята носители аллели С гена кальпастатина имели более высокие показатели роста и ускоренное наращивание мышечной массы. Методом PCR-SSCP был установлен полиморфизм экзона I гена кальпастатина овец породы Kurdish и выявлены генотипы aa, ab и ac, встречающиеся с частотой 0,55, 0,32 и 0,13 соответственно. Средний прирост массы в день для генотипа ab (215,22 г) оказался достоверно больше ($p < 0,05$), чем для генотипов aa (204,88 г) и ac (172,62 г) (M.R. Nassiry et al., 2006; F.S. Schenkel et al., 2006). Полиморфизм экзона I гена кальпастатина при изучении его у овец породы Karakul с помощью PCR-RFLP и рестрикции ферментом MspI выявил частоту встречаемости аллелей M и N 0,79 и 0,21 соответственно, гетерозиготность овец породы Karakul в среднем составляет 33% (F.E. Shahroudi, M.R. Nassiry et al., 2006; А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, 2016; L. Skorykh, 2017).

Стоит учитывать, что наличие нужного полиморфизма не всегда обеспечивает выраженный эффект в конечном итоге. Мясность, определяемая при оценке мясной продуктивности, является признаком многофакторным, т.е. его формирование зависит не только от

генетических условий, но и внешних факторов: условия содержания, кормления природно-климатические условия, а именно адаптивные особенности особи. Однако, методы геномной селекции значительно увеличивают темпы селекционного процесса и позволяют максимально использовать заложенный потенциал овец. (А.А. Шарипов, Ш.К. Шакиров, Ю.Р. Юльметьева и др., 2014; V.A. Soloshenko, G.M. Goncharenko, A.A. Dvoryatkin, 2013).

Благодаря методам молекулярно-генетической экспертизы исследовали выяснили полигенную природу происхождения многих продуктивных признаков и продолжают накапливать данные о геноме и ассоциациях генов и продуктивности. Одним из преимуществ ДНК-диагностики является возможность оценки животных уже при рождении, в короткий срок включается большой объем информации о полиморфизме генов, контролирующих признаки продуктивности, об особенностях формирования уровня иммунной реактивности (Т.Т. Глазко, А.Б. Комаров, Е.В. Борзаковская, 2008; В.И. Трухачев, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко и др., 2018; L.G. Surundaeva, L.A. Maevskaya, D.B. Kosyan, 2012; H.M. AL-Khuzai, N.N. AL-Anbari, 2018).

За последние десятилетия исследования в области генетических, биохимических материалов фенотипического полиморфизма показателей, определяющих в том числе мясную продуктивность, позволяют объективно оценить селекционную перспективность молодняка и провести отбор животных для включения в селекционный процесс.

2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал и методы исследований

Базой для выполнения экспериментальной части работы послужило СПК «Русь», расположенное в Изобильненском районе Ставропольского края. Научно-исследовательская работа выполнялась в период 2018–2020 гг. на молодняке овец ставропольской породы (ярки, $n = 100$). Лабораторные исследования проводились в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (г. Ставрополь). Биоматериалом для биохимических, генетических исследований была кровь опытных животных. Отбор крови осуществляли в возрасте 2; 4 и 8 месяцев из яремной вены в утренние часы до кормления, с использованием вакуумной системы S-Monovette с антикоагулянтом (K2 ЭДТА).

При изучении онтогенетических особенностей формирования жирнокислотного состава липидов крови, иммунной реактивности проводились следующие исследования:

– биохимические, включающие определение жирнокислотного состава липидов крови, мышечной ткани, методом газожидкостной хроматографии в виде метиловых эфиров на газовом хроматографе «Кристалл 200» с капиллярной колонкой HP-FFAP 50 m 0,32 mm 0,5 μ m (USA). Метиловые эфиры жирных кислот получали методом Моррисона и Смита. Идентификацию их осуществляли с использованием стандартов фирмы *Sigma* и *Fluka*. Количественное определение жирнокислотного состава липидов крови и мышцы проводилось с использованием программного обеспечения «Хроматэк Аналитик»;

– иммунологические. Определение иммунологических параметров проводили методом спонтанного розеткообразования с эритроцитами (Е-РОС и ЕАС-РОС) в соответствии с рекомендациями И.П. Кондрахина, Н.В.

Курилова и др. (1985). Определили содержание Т-, В-лимфоцитов, Т-супрессоров, Т-хелперов;

– молекулярно-генетические: на программируемом четырехканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) осуществлялась полимеразная цепная реакция в объеме 20 мкл реакционной смеси с использованием специфических праймеров (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика аллельных вариантов

Нуклеотидные последовательности	Т °С, отжига	Генотип	Амплификат, (п.н.)	Эндонуклеаза
Ген GH				
F:5'–ggaggcaggaagggatgaa–3' R:5'–ccaaggaggaggagacaga–3'	60	AA/AB/BB	277	HaeIII
Ген CAST				
F: 5'–tggggccaatgcgccatcgatg–3; R:5'–ggtggagcacctctgatgacc–3	62	NN/MN/MM	622	MspI

Электрофоретическим методом определено число и длина фрагментов рестрикции в 1,5–4,0 % агарозном геле при УФ-свете после окрашивания бромистым этидием. С помощью компьютерной системы гель-документирования анализировались полученные данные. Стандартный набор M 50 *Gene Pak DNA Markers (Iso Gene Lab)* использовался в качестве маркера молекулярных масс (рисунки 1, 2).

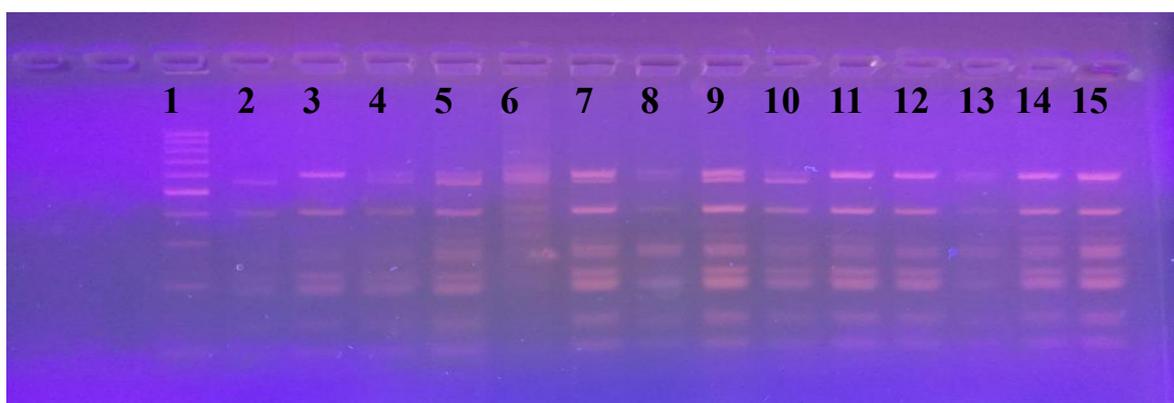


Рисунок 1 – Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена соматотропина (GH) в агарозном геле:

М – маркер молекулярных масс;
 дорожки 3, 11, 12, 13, 14, 15 – генотип АА
 (277; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н);
 дорожки 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – генотип АВ
 (277; 256; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н);
 дорожки 2 – генотип ВВ
 (256; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н)

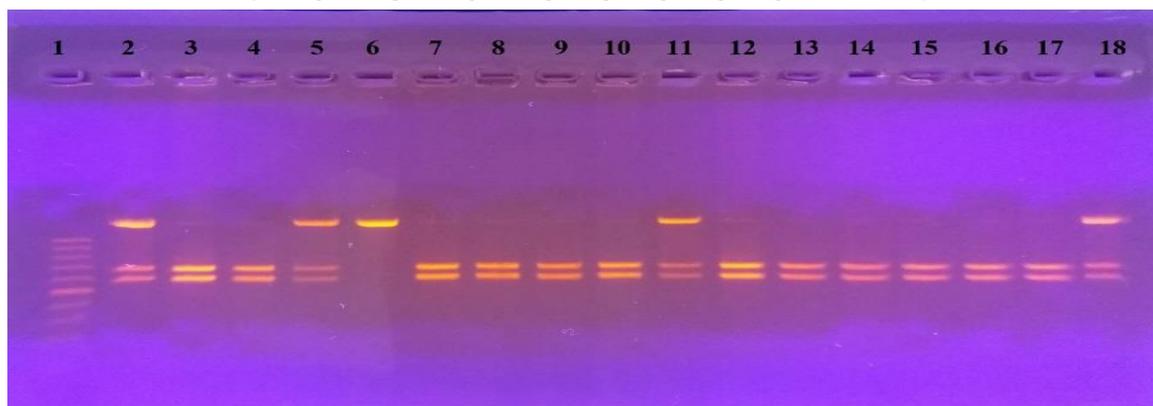


Рисунок 2 – Электрофореграмма фрагментов рестрикции гена CAST:

М – маркер молекулярных масс;
 дорожки 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17 – генотип ММ (336; 286 п.н);
 дорожки 2, 5, 11, 18 – генотип МN (622; 336; 286 п.н);
 дорожка 6 – генотип NN (622 п.н.)

Оценку роста и развития молодняка, формирование его мясной продуктивности проводили на основе изучения динамики живой массы, приростов, контрольного убоя, товарной оценки туш с использованием общепринятых зоотехнических методов и приемов.

Для учета динамики живой массы и среднесуточных приростов проводилось индивидуальное взвешивание: при рождении – с точность до 0,1 кг, в другие возрастные периоды – 2, 4, 8 мес. – до 0,5 кг.

Мясные качества определялись путем контрольных убоев животных в 8-месячном возрасте, по 3 головы с учетом генотипа для определения убойной массы, убойного выхода, морфологического, сортового состава и биологической ценности мяса, химического состава мяса, а также для определения жирнокислотного состава липидов мышечной ткани.

Предубойную массу определяли посредством взвешивания после 24 часов голодной выдержки.

За убойную массу принимали мясо с костями, почки с околопочечным жиром без внутренних органов, головы, ног, шкуры и с массой внутреннего жира. Убойный выход определяли отношением убойной массы к предубойной, выраженном в процентах.

Морфологический состав туши изучали путем обвалки полутуш, охлажденных в течение суток при температуре от 0 до +4 °С с определением массы мякоти и костей, а также коэффициента мясности.

Площадь «мышечного глазка» (см²) устанавливали измерением на осветленной бумаге отпечатка среза длиннейшей мышцы спины между последним грудным и первым поясничным позвонками.

Массовая доля влаги определялась высушиванием навески до постоянной массы при температуре 103±20.

Содержание жира определялось экстрагированием сухой навески эфиром в аппарате Сокслета.

Содержание белка – методом определения общего азота по Кьельдалю в сочетании с изометрической отгонкой в чашках Конвея.

Массовая доля золы определялась путем минерализации образцов в муфельной печи при температуре 450–6000 °С.

Калорийность рассчитывали по формуле В.А. Александрова (1951):

$$K = (B \times 4,1) + (Ж \times 9,3),$$

где К – калорийность 1 кг мякоти; Б – белок; Ж – жир.

Содержание оксипролина определяли методом Грейна и Смита, триптофана – по методу Неймана и Логана.

Белково-качественный показатель вычисляли путем отношения триптофана к оксипролину.

Гистологическую структуру мышечной ткани у всех опытных групп животных изучали на примере длиннейшей мышцы спины (*m. longissimus*

dorsi). Образцы для исследований отбирали на уровне первых и последних поясничных позвонков из разных мест каждого участка размером 1 см³. Фиксацию образцов мышечной ткани проводили в 10% нейтральном водном забуференном растворе формалина. Для обзорного просмотра гистосрезы окрашивали гематоксилин-эозином по методике Эрлиха, соединительной ткани – по методике Ван-Гизон, на жиры – суданом черным Б. Окрашенные гистосрезы заключали в канадский бальзам под покровное стекло и подвергали микроскопическому исследованию при помощи биологического микроскопа Биомед С-1 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 также осуществляли с помощью цифровой камеры (видеоокуляр) Scopetek DCM510 для микроскопа. Обработку полученных снимков выполняли в приложенной программе Scope Photo.

Интенсивность, направленность липидного обмена учитывалась с использованием расчетных интегральных показателей.

Индекс насыщенности липидов (ИНЛ):

$$\text{ИНЛ} = \frac{\sum \text{насыщенных жирных кислот, \%}}{\sum \text{ненасыщенных жирных кислот, \%}}$$

Соотношение количества кислот пальмитиновой (C16:0) и олеиновой (C18:1) (индекс интенсивности обмена липидов – ИИОЛ):

$$\text{ИИОЛ} = \omega(\text{C16:0}) / \omega(\text{C18:1}).$$

Отношение количества арахидоновой кислоты (C20:4) к сумме всех других полиненасыщенных жирных кислот с углеродной цепью от 20 до 22 атомов углерода, оказывающих на организм дестабилизирующее влияние (коэффициент эффективности метаболизации – КЭМ):

$$KЭМ = \frac{\omega (C 20:4)}{\Sigma \omega (C 20:4) - (C n:m)}$$

Основным критерием экономической оценки эффективности выращивания овец разных генотипов являлись следующие показатели: выход продукции (живая масса), затраты на содержание животных, прибыль в денежном выражении, уровень рентабельности. Реализационная стоимость продукции (мясо-баранина) определялась по фактически сложившимся рыночным ценам в период проведения исследований. Затраты на содержание животных учитывались на основании данных бухгалтерского учета и были аналогичны для всех групп. Результаты экспериментов обработаны методом регрессионного и корреляционного анализа и вариационной статистики.

Статистический анализ результатов исследований осуществлялся в соответствии с методиками, предложенными Н.А. Плохинским (1980), Е.К. Меркурьевой (1970) с применением компьютерных программ BioStat, Excel.

Достоверность различий сравниваемых показателей по группам оценивали по критерию Стьюдента со следующим уровнем значимости: $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$.

Общая схема исследований представлена на рисунке 3.

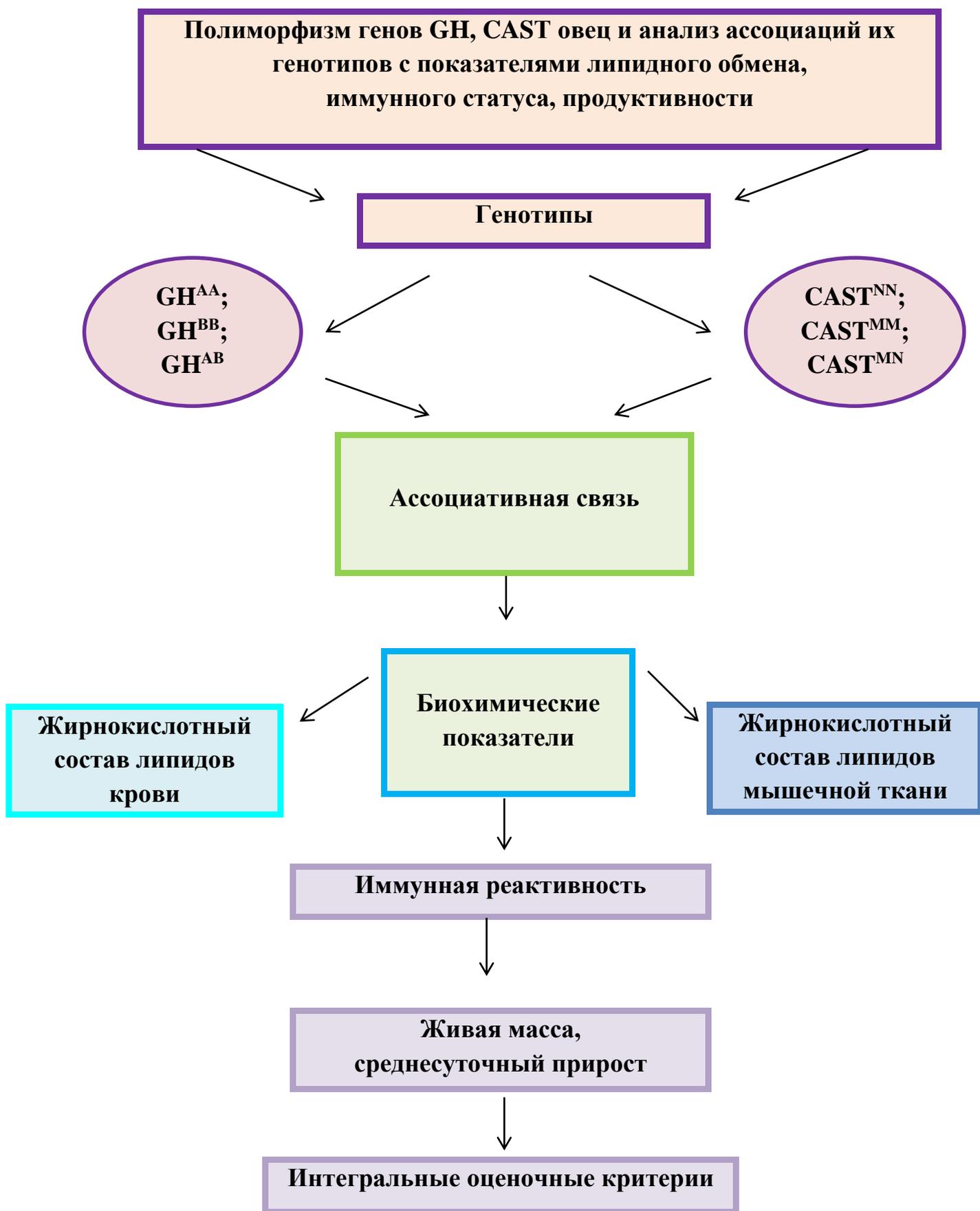


Рисунок 3 – Общая схема исследований

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований представлены в следующих работах автора:

1. Жирнокислотный состав липидов мышечной ткани молодняка овец разных аллельных вариантов гена CAST / Чижова Л.Н., **Карпова Е.Д.**, Суржикова Е.С., Забелина М.В. // Овцы, козы, шерстяное дело – 2021. – № 2. С. 12–16.

2. Полиморфизм генов GN и CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Чижова Л.Н., **Карпова Е.Д.**, Суржикова Е.С., Забелина М.В. // Овцы, козы, шерстяное дело – 2021. – № 2. С. 3–6.

Публикации в других изданиях

3. Полиморфизм гена GN, особенности жирнокислотного состава крови овец разных генотипов в онтогенезе / Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко А.К., **Луцива Е.Д. (Карпова Е.Д.)**, Ефимова Н.И. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 111–116.

4. Полиморфизм гена CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., **Луцива Е.Д. (Карпова Е.Д.)**, Ефимова Н.И. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С. 47–51.

5. Полиморфизм генов GN, CAST у овец в связи с показателями резистентности / Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Забелина М.В., **Луцива Е.Д. (Карпова Е.Д.)**, Ефимова // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 12. – С. 75–77.

6. Иммунологическая реактивность ягнят разных генотипов ставропольской породы / Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., **Луцива Е.Д. (Карпова Е.Д.)** // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – Т. 9. – № 1. – С. 72–75.

Методические рекомендации

7. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики: Методические рекомендации / Чижова Л.Н., Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Ефимова Н.И., Михайленко Т.Н., Селионова М.И., Михайленко А.К., Оздимиров А.А., **Луцива Е.Д. (Карпова Е.Д.)**, Петухова Д.Д., Саприкина Т.Ю., Суховеева А.В., Чудновец А.И., Евлагин В.Г. – Ставрополь, 2020.

3.1. Полиморфизм генов *GH* и *CAST* у ягнят ставропольской породы разных генотипов

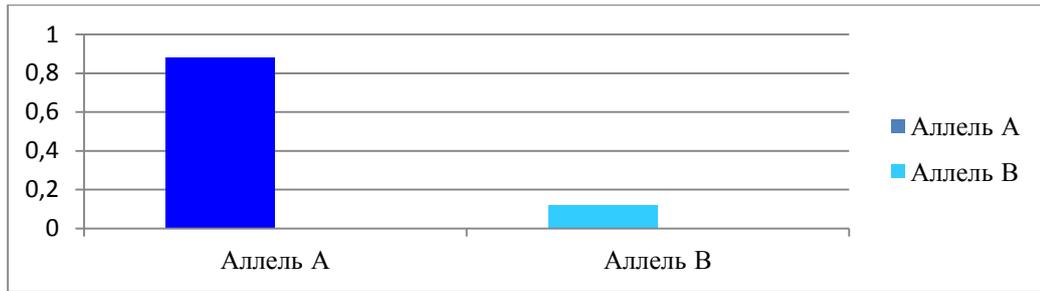
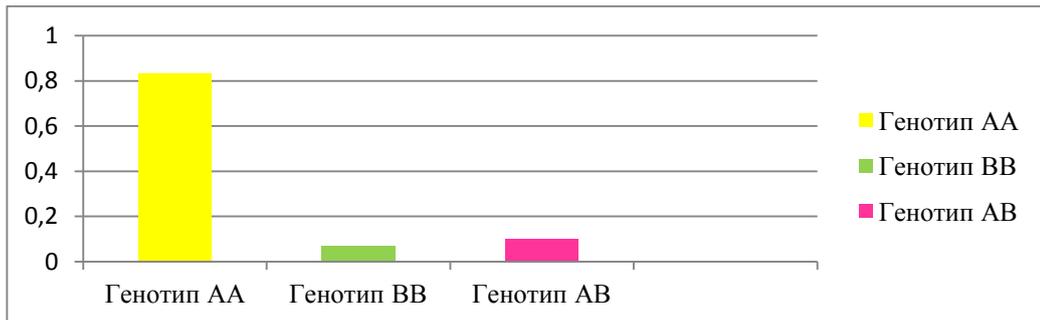
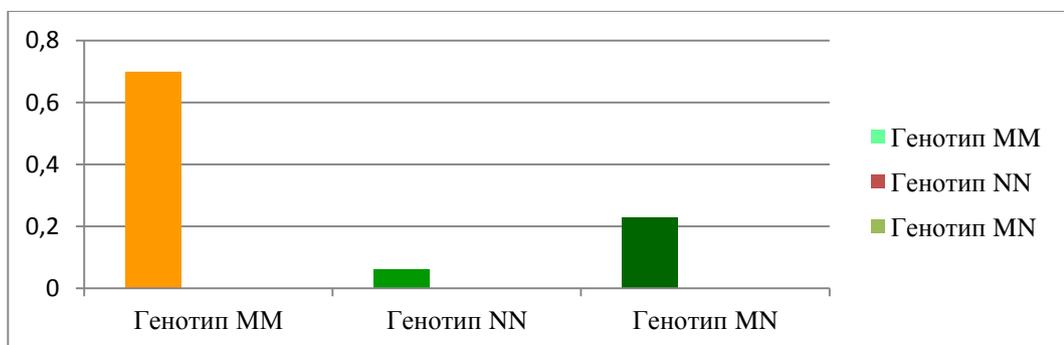
Анализом результатов генотипирования исследуемого молодняка установлено, что полиморфизм генов соматотропина – *GH*; кальпастанина – *CAST* представлен двумя аллелями: GH^A и GH^B ; $CAST^M$ и $CAST^N$. Частота встречаемости аллелей гена *GH* составила 0,88 аллеля GH^A и 0,12 – GH^B ; аллелей гена *CAST* – 0,82 аллеля $CAST^M$ и 0,18 – $CAST^N$ (таблица 2, рисунки 4, 5, 6 и 7).

Таблица 2 – Аллельный спектр генов *GH* и *CAST* молодняка овец ставропольской породы

Ген	Частота встречаемости				
	генотип			аллель	
<i>GH</i>	AA	BB	AB	A	B
	0,83	0,07	0,10	0,88	0,12
<i>CAST</i>	MM	NN	MN	M	N
	0,71	0,06	0,23	0,82	0,18

Частота встречаемости гомозиготных вариантов гена соматотропина (GH^{AA} , GH^{BB}) варьировала в широких пределах: от максимальных значений (0,83) – GH^{AA} генотипа до минимальных (0,07) – GH^{BB} генотипа. Частота встречаемости гетерозиготного GH^{AB} генотипа составила 0,10.

Что касается гена *CAST*, то частота встречаемости гомозиготных ($CAST^{MM}$, $CAST^{NN}$) варьировалась от 0,71 до 0,06 соответственно, частота встречаемости гетерозиготного ($CAST^{MN}$) варианта составила 0,23.

Рисунок 4 – Частота встречаемости аллелей гена *GH*Рисунок 5 – Частота встречаемости генотипов гена *GH*Рисунок 6 – Частота встречаемости аллелей гена *CAST*Рисунок 7 – Частота встречаемости генотипов гена *CAST*

Степень генетического разнообразия исследуемого молодняка овец оценивали по показателям наблюдаемой (H_{obs}) и ожидаемой (H_{ex}) гетерозиготности, рассчитанных на основании данных по частоте встречаемости генотипов и аллелей каждого полиморфного локуса.

Анализ отклонений H_{obs} - H_{ex} по каждому локусу гена проводили в соответствии с законом Харди-Вайнберга, одним из утверждений которого является, что частоты генотипов связаны с частотами генов простыми (квадратичными) соотношениями. Оценка достоверности полученных данных проводилась с применением критерия χ^2 Пирсона. По генам *GH* и *CAST* у всех анализируемых животных значения χ^2 не превышали критического значения, то есть не наблюдалось достоверной разницы между показателями наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности (таблица 3).

Низкая частота встречаемости отдельных генотипов не влияла на смещение генетического равновесия, так как являлась следствием низкой частоты отдельных аллелей. В целом можно отметить, что используемая популяция находилась в генетическом равновесии по генам *GH* и *CAST*.

Таблица 3 – Генетическая структура генов *GH* и *CAST* молодняка овец ставропольской породы

Показатель	Ген	
	CAST	GH
Гомозиготы (n)	75	88
Гетерозиготы (n)	23	10
H_{obs}	0,307	0,214
H_{ex}	0,418	0,268
χ^2	2,87	2,79
Ca, %	70,5	78,9
Na	1,42	1,27
V, %	28,5	20,1
TГ	-0,11 $\Phi < T$	-0,15 $\Phi < T$

Генетико-статистическими методами, путем сопоставления цифровых значений таких основных генетических констант, как степень гомозиготности (C_a), свидетельствующая о консолидации стада, уровня полиморфности (N_a), степени генетической изменчивости (V) дана оценка генетической структуры исследуемого стада. Установлено, что степень гомозиготности (C_a) изучаемых генов в исследуемой популяции овец была сравнительно одинаковой: 70,5% – гена *CAST* и 78,9% – гена *GH*. Распределение числа эффективно действующих аллелей (N_a) было сравнительно равномерным: 1,42 – гена *CAST*, 1,27 – гена *GH*. Степень генетической изменчивости (V) гена *CAST* составила 28,5%; гена *GH* – 20,1%. Уровень наблюдаемой (H_{obs}) и ожидаемой (H_{ex}) гетерозиготности изучаемых генов был сравнительно одинаковым, составивший соответственно 0,307 и 0,418 гена *CAST*; 0,214 и 0,268 – гена *GH*. Тест гетерозиготности (TG) изучаемых генов оказался отрицательным: $-0,11$ для гена *CAST*, $-0,15$ для гена *GH*, что свидетельствует о недостатке гетерозиготности в исследуемой популяции овец.

3.1.1. Рост и развитие ягнят разных генотипов по генам *GH* и *CAST*

Одним из главных признаков, отражающих здоровье, метаболическую реактивность организма и, соответственно, продуктивные показатели, является его живая масса. Несмотря на то, что масса тела является лабильным показателем, этот генетически закрепленный признак, индивидуален для каждого генотипа.

Анализ показателей роста и развития – живой массы и среднесуточных приростов у ягнят разных генотипов выявил общебиологическую закономерность, сводившуюся к значительному увеличению изучаемых показателей в ранний период онтогенеза (2–4 месяца) к уменьшению в 8-месячном возрасте.

При этом во все исследуемые периоды онтогенеза выявлено превосходство по величине живой массы и среднесуточных приростов у генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$ по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$ (таблица 4).

Так, преимущество по величине живой массы генотипов – носителей GH^{BB} и $CAST^{NN}$, по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов, составило: в 2-месячном возрасте – 4,4 и 5,7; в 4 месяца – 1,2 и 3,2; в 8 мес. – 3,7 и 9,1% соответственно. Выявленная закономерность нашла подтверждение при сопоставлении и анализе величины среднесуточных приростов разных генотипов.

Таблица 4 – Показатели живой массы, среднесуточный прирост ягнят разных генотипов

Гены	Живая масса при рождении, кг	Живая масса, кг			Среднесуточный прирост, г		
		возраст, мес.			возраст, мес.		
		2	4	8	2	4	8
GH^{AA}	3,2±0,06	13,1±0,34	24,9±0,23	30,9±0,11	165,0±1,7	194,2±2,1	50,2±1,8
GH^{BB}	3,4±0,02	13,7±0,23	25,4±0,24	32,1±0,29	172,0±1,8*	196,3±1,9	55,8±2,2
GH^{AB}	3,3±0,08	12,9±0,34	23,3±0,35	31,7±0,23	160,0±1,5***	173,3±1,6	70,0±2,5
$CAST^{MM}$	3,3±0,07	13,2±0,29	24,4±0,26	30,1±0,29	164,0±1,5	184,7±1,7	47,5±1,8
$CAST^{NN}$	3,3±0,07	14,0±0,33	25,2±0,28	33,1±0,31***	178,9±1,8***	186,7±1,8	65,8±2,2***
$CAST^{MN}$	3,2±0,09	13,1±0,30	24,2±0,25	29,2±0,28	165,0±1,2	185,0±1,6	41,1±1,7

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Установлено, что бóльшая величина живой массы GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов сопровождалась более высокими показателями среднесуточных приростов, составившими: в 2 мес. – 172,0 и 178,9; в 4 мес. – 196,3 и 186,7; в 8 мес. – 55,8 и 65,8 г, против аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$ – 165,0 и 164,0; 194,2 и 184,7; 50,2 и 47,5 г соответственно. Данные показатели

свидетельствует о высокой энергии роста опытного молодняка и его соответствии требованиям высоких классов при бонитировке.

3.2. Иммунная реактивность ягнят разных генотипов

Полиморфизм генов *GH* и *CAST* влияет на множество процессов в организме, что было описано многими исследователями. Однако участие этих полиморфизмов в формировании иммунного статуса и реактивности информации не много, а на овцах ставропольской породы это не исследовалось вовсе. Известно, что интенсивность роста и развития напрямую зависят от иммунной реактивности организма что особенно важно в период активного роста и развития ягнят.

Так как становление иммунного статуса и процесса индивидуального развития находится под генетическим контролем, то о формировании защитного потенциала растущих ягнят судили по уровню генетически детерминированных Т-, В-клеток и их субпопуляций в крови ягнят разных генотипов.

Сравнительным анализом показателей, характеризующих иммунную реактивность (Т-, В-лимфоциты), установлено, что у ягнят с генотипами *GH^{BB}* и *CAST^{NN}*, по сравнению с аналогами *GH^{AA}* и *CAST^{MM}*, количество Т- и В-клеток было выше и составило: 0,72 и 0,64; 0,56 и 0,38 10^9 /л – против 0,61 и 0,48; 0,56 и 0,32 10^9 /л соответственно ($P < 0,01$).

Относительно взаимоотношений между субпопуляциями (Т-хелперами и Т-супрессорами) установлено, что в крови ягнят *GH^{BB}* и *CAST^{NN}* генотипов, по сравнению с аналогами *GH^{AA}* и *CAST^{MM}*, мигрировало больше Т-хелперов, но меньше Т-супрессоров: 0,25; 0,26 и 0,27; 0,33 10^9 /л, против 0,24; 0,24 и 0,34; 0,38 10^9 /л. Что оказало влияние на величину иммунорегуляторного индекса (ИРИ) – отношение Т-хелперов к Т-супрес-

сорам. Он был выше в крови генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, чем у GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составив 0,93 и 0,79 против 0,71 и 0,69 ($P < 0,01$) (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели иммунной реактивности ягнят разных генотипов

Ген Генотип		Иммунная реактивность, $10^9/л$				ИРИ
		Т-лимфоциты	В-лимфоциты	Т-супрессоры	Т-хелперы	
GH	AA	0,61±0,13	0,48±0,08	0,34±0,03	0,24±0,07	0,71
	BB	0,72±0,22	0,56±0,09	0,27±0,04	0,25±0,08	0,93
	AB	0,67±0,19	0,51±0,11	0,30±0,06	0,26±0,05	0,87
CAST	MM	0,56 ±0,08	0,32±0,04	0,38±0,07	0,24±0,04	0,63
	NN	0,64 ±0,05	0,38±0,06	0,33±0,05	0,26±0,06	0,79
	MN	0,59±0,11	0,34±0,07	0,35±0,06	0,24±0,04	0,69

Полученные данные и их анализ свидетельствуют о том, что реактивность каждого генотипа индивидуальна и зависит, вероятно, от его генетической программы, которая позволяет ему реагировать на неблагоприятные факторы внешней среды путем интенсивной выработки большего количества Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов, но меньшего количества Т-супрессоров, что дает возможность организму корректировать недостаток адаптивно-компенсаторных механизмов в процессе формирования фенотипа на всех этапах онтогенеза.

3.3. Жирнокислотный состав липидов крови

Для раннего периода постнатального онтогенеза, как отмечалось выше, характерно многообразие обменных процессов, в результате которых формируется, а затем и закрепляется определенный тип обмена веществ. Особую роль при этом играют липиды, которые, вместе с белками и углеводами, составляют основную массу органических веществ, клеток и организма в целом. Их свойства определяются качественным

составом жирных кислот, их количественным соотношением, процентным содержанием. Жирные кислоты, из-за своей легкодоступности являются энергетическим резервом организма, принимают участие в его обеспечении субстратами, необходимыми для нормального функционирования всех систем и органов.

Методом хроматографического анализа выявлено 10 жирных кислот: миристиновая C14:0, пентадекановая C15:0, пальмитиновая C16:0, гептадекановая C17:0, гептадеценовая C17:1, стеариновая C18:0, относящиеся к классу насыщенных (предельных) жирных кислот, олеиновая C18:1 – к классу мононенасыщенных, линолевая C18:2, линоленовая C18:3, арахидоновая C20:4 – к классу полиненасыщенных.

Сопоставлением и анализом концентрации изучаемых жирных кислот липидов крови ягнят разных генотипов выявлена неоднозначность их уровня, зависящая как от возраста, так и от генотипа.

Установлено, что в периферической крови ягнят в 2-месячном возрасте, независимо от генотипа, циркулировало сравнительно большее количество таких жирных кислот, как стеариновой C18:0, пальмитиновой C16:0, олеиновой C18:1, составившее соответственно 44,18–46,87; 26,08–27,95; 12,19–12,61%; значительно меньшее – миристиновой C14:0, линолевой C18:2, гептадеценовой C17:1 – соответственно 2,24–4,60; 3,16–3,62; 0,74–1,43%; еще меньше – пентадекановой C15:0, арахидоновой C20:4, гептадекановой C17:0, линоленовой C18:3: 0,18–0,27; 0,18–0,45; 0,22–0,48%.

При этом уровень каждой из изучаемых жирных кислот зависел от генотипа. Оказалось, что в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ гомозиготных генотипов было больше пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, арахидоновой C20:4 кислот, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов, составившее: 27,95; 46,87; 0,45 и 27,58; 46,40; 0,28, против 26,08; 44,18; 0,29 и 26,21; 45,31; 0,18% ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Что нашло отражение в суммарном количестве изучаемых жирных кислот, составившее 77,50 и 77,01 – в липидах крови генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, 76,61 и 76,55% – аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$ ($P < 0,01$) (таблица 6).

Сравнительным анализом констант, характеризующих интенсивность липидного обмена, установлено, что величина индекса насыщенности липидов (ИНЛ), индекса интенсивности обмена липидов (ИИОЛ) в липидах крови 2-месячных ягнят, независимо от генотипа, были сравнительно однозначными. Что касается коэффициента эффективности метаболизации (КЭМ), он был выше в липидах крови ягнят GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипа, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составив соответственно 0,14 и 0,09, против 0,09 и 0,05 ($P < 0,05$).

Таблица 6 – Жирнокислотный состав липидов крови ягнят разных генотипов в 2-месячном возрасте, %

Название кислот, код	Генотип					
	GH			CAST		
	AA	BB	AB	MM	NN	MN
Миристиновая, C14:0	4,60±0,05	2,24±0,16	3,37±0,07	4,38±0,12	3,56±0,14	4,11±0,09
Пентадекановая, C15:0	0,27±0,03	0,18±0,12	0,20±0,10	0,27±0,13	0,19±0,11	0,24±0,12
Пальмитиновая, C16:0	26,08±0,02	27,95±0,14	27,08±0,11	26,21±0,11	27,58±0,12	26,84±0,13
Гептадекановая, C17:0	0,48±0,12	0,26±0,10	0,22±0,08	0,38±0,09	0,28±0,10	0,34±0,12
Гептадеценовая, C17:1	1,27±0,18	1,43±0,23	0,74±0,17	0,78±0,11	0,94±0,09	0,62±0,13
Стеариновая, C18:0	44,18±0,08	46,87±0,11	45,52±0,06	45,31±0,19	45,40±0,21	45,32±0,21
Олеиновая, C18:1	13,53±0,07	12,19±0,15	12,70±0,07	13,35±0,12	12,61±0,13	13,72±0,14
Линолевая, C18:2	3,24±0,15	3,17±0,17	3,48±0,12	3,62±0,07	3,16±0,06	3,45±0,09
Линоленовая, C18:3	0,81±0,11	0,23±0,16	0,49±0,14	0,37±0,03	0,15±0,06	0,14±0,06
Арахидоновая, C20:4	0,29±0,11	0,45±0,15	0,38±0,12	0,18±0,07	0,28±0,08	0,21±0,12
Σ насыщенных	76,88±0,08	78,93±0,06	77,13±0,10	77,33±0,21	77,95±0,22	77,47±0,19
Σ мононенасыщенных	13,53±0,12	12,19±0,11	12,70±0,16	13,35±0,07	12,61±0,08	13,72±0,06
Σ полиненасыщенных	4,34±0,05	3,85±0,04	4,52±0,06	4,17±0,11	3,59±0,10	3,80±0,08
ИНЛ	4,30±0,11	4,92±0,10	4,47±0,04	4,41±0,08	4,81±0,08	4,42±0,07
ИИОЛ	1,92±0,07	2,29±0,11	1,13±0,12	1,96±0,04	2,18±0,13	1,95±0,06
КЭМ	0,09±0,11	0,14±0,10	0,11±0,09	0,05±0,06	0,09±0,11	0,06±0,07

Полученные результаты, их анализ свидетельствуют о достаточно высокой насыщенности липидов крови ягнят в 2-месячном возрасте.

К 4-месячному возрасту ягнят в жирнокислотном спектре липидов крови произошли значительные изменения. Независимо от генотипа, почти в 3 раза увеличился уровень пентадекановой C16:0, гептадекановой C17:0, в 1,5 раза – олеиновой C18:1, в 2,5 раза – эссенциальных (линолевой C18:2, линоленовой C18:3, арахидоновой C20:4) жирных кислот ($P < 0,001$).

При этом уменьшилась концентрация таких кислот, как пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0 и почти неизменным остался уровень миристиновой C14:0, гептодеценной C17:1 жирных кислот ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Сравнительный анализ жирнокислотного состава липидов крови 4-месячных ягнят разных аллельных вариантов свидетельствует о более высоком уровне как насыщенных – пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, гептадеценной C17:1, так и ненасыщенных – олеиновой C16:1, а также эссенциальных – линолевой C18:2, линоленовой C18:3, арахидоновой C20:4 жирных кислот в крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов по сравнению с GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипами, соответственно составившим 27,96 и 26,07; 39,84 и 43,25; 1,45 и 1,25; 16,08 и 18,09; 6,87 и 6,95; 2,33 и 2,21; 1,77 и 1,74 – против 23,88 и 23,24; 36,24 и 38,76; 1,36 и 0,77; 15,76 и 17,17; 6,24 и 6,49; 2,27 и 2,17; 1,29 и 1,38% ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Выявленная вариабельность жирных кислот нашла отражение в общем их количестве. Характерной особенностью жирнокислотного состава липидов крови 4-месячных ягнят стало, независимо от генотипа, уменьшение суммарного количества насыщенных жирных кислот, но увеличение ненасыщенных.

Однако, как правило, у ягнят GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов сумма как насыщенных, так и ненасыщенных жирных кислот была выше и составила соответственно: (Σ) насыщенных – 72,27 и 74,46, (Σ) мононенасыщенных –

16,08 и 18,09, (Σ) полиненасыщенных – 10,97 и 10,7, против 66,35 и 67,63, 15,76 и 17,17, 9,8 и 10,15% ($P < 0,01$) (таблица 7).

Сравнительный анализ констант, характеризующий уровень липидного обмена, выявил более высокие значения индекса насыщенности липидов (ИНЛ), индекса интенсивности обмена липидов (ИИОЛ) и коэффициента эффективности метаболизации (КЭМ) у генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$, соответственно составившие 2,67 и 2,58; 1,73 и 1,44; 0,25 и 0,25 против 2,59 и 2,47; 1,51 и 1,35; 0,20 и 0,20% ($P < 0,01$).

Таблица 7 – Жирнокислотный состав липидов крови ягнят разных генотипов в 4-месячном возрасте, %

Название кислот, код	Генотип					
	GH			CAST		
	AA	BB	AB	MM	NN	MN
Миристиновая, C14:0	2,48±0,12	1,02±0,18	2,04±0,17	2,34±0,06	2,26±0,09	2,28±0,04
Пентадекановая, C15:0	0,94±0,13	0,68±0,12	0,70±0,03	0,92±0,10	0,45±0,11	0,68±0,08
Пальмитиновая, C16:0	23,88±0,11	27,96±0,04	24,27±0,13	23,24±0,17	26,07±0,18	24,92±0,16
Гептадекановая, C17:0	1,45±0,09	1,32±0,14	1,42±0,11	1,60±0,07	1,18±0,12	1,34±0,11
Гептадеценовая, C17:1	1,36±0,16	1,45±0,19	1,37±0,18	0,77±0,04	1,25±0,06	1,09±0,05
Стеариновая, C18:0	36,24±0,08	39,84±0,10	37,42±0,08	38,76±0,19	43,25±0,21	38,84±0,18
Олеиновая, C18:1	15,76±0,12	16,08±0,11	15,75±0,10	17,17±0,16	18,09±0,14	17,20±0,15
Линолевая, C18:2	6,24±0,14	6,87±0,06	6,38±0,12	6,49±0,04	6,95±0,08	6,55±0,06
Линоленовая, C18:3	2,27±0,12	2,33±0,13	2,29±0,13	2,34±0,06	2,01±0,08	2,17±0,04
Арахидоновая, C20:4	1,29±0,11	1,77±0,13	1,45±0,15	1,32±0,03	1,74±0,06	1,58±0,05
Σ насыщенных	66,35±0,05	72,27±0,07	67,22±0,08	67,63±0,20	74,46±0,23	69,15±0,22
Σ мононенасыщенных	15,76±0,07	16,08±0,08	15,75±0,13	17,17±0,12	18,09±0,11	17,20±0,10
Σ полиненасыщенных	9,8±0,08	10,97±0,07	10,12±0,10	10,15±0,10	10,7±0,10	10,3±0,09
ИНЛ	2,59±0,08	2,67±0,07	2,59±0,08	2,47±0,03	2,58±0,05	2,51±0,04
ИИОЛ	1,51±0,08	1,73±0,12	1,54±0,07	1,35±0,05	1,44±0,04	1,44±0,03
КЭМ	0,20±0,11	0,25±0,13	0,22±0,10	0,20±0,01	0,25±0,03	0,24±0,02

Особенностью жирнокислотного состава липидов крови ягнят 8-месячного возраста, независимо от генотипа, было уменьшение почти в 1,5 раза концентрации пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, но увеличение

олеиновой C18:2, арахидоновой C20:4. Незначительно возрос уровень пентадекановой C15:0, гептадекановой C17:0, линоленовой C18:2 кислот.

При этом количество C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:4 жирных кислот было достоверно больше в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов по сравнению с их сверстниками GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипа, соответственно составившее: 19,04 и 20,64; 22,37 и 22,26; 26,90 и 26,17; 16,24 и 15,07; 2,76 и 2,54; 3,81 и 3,08 – против 17,56 и 17,64; 20,14 и 19,91; 25,43 и 24,84; 15,56 и 14,17; 2,47 и 2,12; 3,19 и 2,46% ($P < 0,01$) (таблица 8).

Таблица 8 – Жирнокислотный состав липидов крови ягнят разных генотипов в 8-месячном возрасте, %

Название кислот, код	Генотип					
	GH			CAST		
	AA	BB	AB	MM	NN	MN
Миристиновая, C14:0	1,26±0,14	1,84±0,21	1,31±0,19	1,34±0,06	0,93±0,07	1,16±0,04
Пентадекановая, C15:0	0,81±0,09	1,73±0,20	0,76±0,14	1,25±0,05	0,74±0,03	0,87±0,04
Пальмитиновая, C16:0	17,56±0,13	19,04±0,17	18,37±0,13	17,64±0,09	20,64±0,10	20,0±0,08
Гептадекановая, C17:0	2,64±0,13	2,72±0,12	2,69±0,11	2,36±0,07	2,03±0,06	2,21±0,05
Гептадеценовая, C17:1	1,76±0,16	2,24±0,15	1,82±0,14	1,67±0,03	2,19±0,04	1,73±0,03
Стеариновая, C18:0	20,14±0,07	22,37±0,11	21,11±0,06	19,91±0,11	22,26±0,12	20,26±0,09
Олеиновая, C18:1	25,43±0,08	26,90±0,14	26,60±0,12	24,84±0,11	26,17±0,13	25,47±0,11
Линолевая, C18:2	15,56±0,06	16,24±0,10	16,84±0,09	14,17±0,06	15,07±0,05	14,47±0,07
Линоленовая, C18:3	2,47±0,14	2,76±0,12	2,51±0,11	2,12±0,04	2,54±0,03	2,32±0,03
Арахидоновая, C20:4	3,19±0,09	3,81±0,11	3,53±0,07	2,46±0,05	3,08±0,06	2,82±0,04
Σ насыщенных	44,18±0,10	49,94±0,07	46,06±0,09	44,17±0,19	48,79±0,21	46,23±0,20
Σ мононенасыщенных	25,43±0,11	26,90±0,05	26,60±0,07	24,84±0,21	26,17±0,15	25,47±0,18
Σ полиненасыщенных	21,22±0,09	22,81±0,06	22,88±0,04	18,75±0,11	20,69±0,09	19,61±0,13
ИНЛ	0,94±0,07	1,04±0,05	0,93±0,06	1,01±0,02	1,04±0,04	1,02±0,01
ИИОЛ	0,69±0,11	0,70±0,14	0,69±0,12	0,71±0,03	0,79±0,05	0,78±0,03
КЭМ	0,20±0,11	0,23±0,08	0,21±0,11	0,17±0,01	0,20±0,03	0,19±0,02

Выявленная закономерность нашла отражение в соотношении (Σ) насыщенных к (Σ) ненасыщенных жирных кислот – ИНЛ, соотношении C16:0 к C18:1 кислот – ИИОЛ, а также в соотношении C20:4 к C18:2 – КЭМ.

Величины сравнительных констант были выше у GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составляя соответственно 1,04 и 1,04; 0,70 и 0,79; 0,23 и 0,20 против 0,94 и 1,01; 0,69 и 0,71; 0,20 и 0,17% ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Полученные результаты, их анализ позволяют заключить, что изменение жирнокислотного состава липидов крови зависит как от возраста, так и в зависимости от фиксированного соотношения основных жирных кислот у разных генотипов.

3.4. Жирнокислотный состав липидов мышечной ткани молодняка овец разных генотипов

Повышение качества и количества баранины является первоочередной задачей современного развития мясного овцеводства, чему посвящено много усилий со стороны селекционеров, генетиков и руководителей отрасли. Одним из перспективных решений этого вопроса является поиск маркеров продуктивности, участвующих в её формировании.

Как отмечалось выше, высокоэффективным энергетическим материалом для обеспечения синтеза компонентов в мясе являются липиды, которым предназначена важная биологическая роль. Особенно важны внутримышечные липиды, имеющие огромную пищевую ценность, обуславливая приятный вкус, аромат, сочность, нежность мяса. Однако пищевая ценность липидов мышечной ткани не одинакова, зависит в большей степени от состава жирных кислот, их процентного содержания, соотношения.

Изучение количественно-качественных характеристик липидов мышечной ткани проводилось с использованием образцов длиннейшей мышцы спины, отобранных во время убоя овец разных генотипов в возрасте 8 месяцев.

Идентифицировано 12 жирных кислот с разным уровнем концентрации. При этом у всех исследуемых животных одинаково высоким был уровень пальмитиновой кислоты C16:0 – в пределах 14,38–19,77%, стеариновой C18:0 – 18,81–24,17, олеиновой C18:1 – 40,89–47,21%.

Сравнительно равномерным было распределение в липидах мышечной ткани таких жирных кислот, как миристиновая C14:0 – от 3,01 до 3,49%, пальмитолеиновая C16:1 – от 2,14 до 2,91%, линолевая C18:2 – от 3,17 до 3,96%, относительно низким оказался уровень пентадекановой C15:0, составивший 0,27–0,38%, гептадеценовой C16:1 – 0,48–0,83%, линоленовой C18:3 – 0,17–0,22%, арахидоновой C20:4 – 0,86–1,22%.

Оценивая жирнокислотный состав липидов мышечной ткани в целом, следует отметить, что по качественным характеристикам у всех исследуемых животных он был идентичен, но по количеству отдельных жирных кислот выявлены различия.

При сопоставлении и анализе жирнокислотного состава липидов мышечной ткани овец разных генотипов оказалось, что концентрация каждой из изучаемых кислот зависела как от структуры кислоты, так и от генотипа исследуемых животных.

Так, в липидах длиннейшей мышцы спины ягнят с генотипом *CAST^{NN}* доля насыщенных жирных кислот, таких как миристиновой C14:0, гептадекановой C17:0, пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, арахидоновой C20:0, была выше и составила соответственно 3,49; 19,77; 2,34; 24,17; 2,92%, против 3,01; 14,38; 2,02; 18,81; 1,43% – в липидах мышечной ткани ягнят с генотипом *CAST^{MM}* ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Из ненасыщенных жирных кислот доля пальмитолеиновой C16:1, олеиновой C18:1, а также эссенциальных (C18:2, C18:3, C20:4) в липидах длиннейшей мышцы спины генотипа *CAST^{NN}* составила 2,91; 47,21; 3,96; 0,22; 1,22% против 2,14; 40,89; 3,17; 0,17; 0,86% – у *CAST^{MM}* ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Процентная доля каждой из рассматриваемых жирных кислот в липидах мышечной ткани овец разных генотипов отразилась на общем количестве насыщенных, ненасыщенных (моно-, полиненасыщенных) кислот и зависела как от насыщенности каждой изучаемой кислоты атомами водорода, так и от генотипа исследуемых ягнят (таблица 9).

Таблица 9 – Содержание жирных кислот в липидах мышечной ткани ягнят разных генотипов (8 мес.), %

Название кислот, код	Генотип		
	CAST ^{MM}	CAST ^{NN}	CAST ^{MN}
Миристиновая, C14:0	3,01±0,28	3,49±0,31	3,26±0,36
Пентадекановая, C15:0	0,38±0,08	0,27±0,1	0,19±0,06
Пальмитиновая, C16:0	14,38±0,41	19,77±0,39	15,63±0,34
Пальмитолеиновая, C16:1	2,14±0,14	2,91±0,19	2,45±0,18
Гептадекановая, C17:0	2,02±0,31	2,34±0,21	2,18±0,18
Гептадеценовая, C17:1	0,48±0,08	0,83±0,01	0,52±0,33
Стеариновая, C18:0	18,81±0,34	24,17±0,46	21,77±0,38
Олеиновая, C18:1	40,89±0,34	47,21±0,29	44,21±0,33
Линолевая, C18:2	3,17±0,18	3,96±0,25	3,39±0,16
Линоленовая, C18:3	0,17±0,07	0,22±0,11	0,19±0,6
Арахидиновая, C20:0	1,43±0,14	2,92±0,31	2,0±0,17
Арахидоновая, C20:4	0,86±0,33	1,22±0,28	1,11±0,19
Σ насыщенные	40,51±3,81	53,79±4,91	45,55±4,68
Σ мононенасыщенные	43,03±4,21	50,12±4,58	46,66±4,05
Σ полиненасыщенные	4,20±1,98	5,40±2,12	4,69±2,06
ИНЛ	0,857±0,064	0,968±0,072	0,887±0,066
ИИОЛ	0,351±0,075	0,418±0,088	0,353±0,072
КЭМ	0,271±0,047	0,308±0,036	0,327±0,051

Суммарное количество (Σ) насыщенных жирных кислот в липидах мышечной ткани ягнят CAST^{NN} генотипа составило 53,79%, аналогов CAST^{MM} генотипа – 40,51%. Суммарное количество (Σ) ненасыщенных жирных

кислот в липидах мышечной ткани $CAST^{NN}$ генотипа составило 55,52% против 47,23% – у аналогов $CAST^{MM}$ ($P < 0,01$).

Выявленная закономерность нашла отражение в величине констант, характеризующих уровень липидного обмена: индекса насыщенности липидов (ИНЛ), определяемого по соотношению суммы (Σ) насыщенных жирных кислот к сумме (Σ) ненасыщенных; индекса интенсивности обмена липидов (ИИОЛ), то есть соотношение пальмитиновой C16:0 кислоты к олеиновой C18:1; а также величине коэффициента эффективности метаболизации (КЭМ) – соотношение арахидоновой C20:4 кислоты к линолевой C18:2.

Сравнительный анализ величины интегральных показателей липидного обмена в мышцах ягнят сравниваемых $CAST^{NN}$ и $CAST^{MM}$ генотипов выявил их достоверные различия.

Так, величина ИНЛ генотипа $CAST^{NN}$ составила 0,968 против 0,857% у генотипа $CAST^{MM}$, что свидетельствует о более высокой насыщенности липидов мышечной ткани ягнят $CAST^{NN}$, чем у аналогов $CAST^{MM}$ ($P < 0,01$). Интенсивность обмена липидов, выраженная через ИИОЛ, в мышцах ягнят $CAST^{NN}$ генотипа составила 0,418 – против 0,351 у аналогов $CAST^{MM}$ генотипа ($P < 0,01$).

Что касается эффективности метаболизации эссенциальных жирных кислот, то в мышцах молодняка $CAST^{NN}$ генотипа он составил 0,308 против 0,271 – у аналога $CAST^{MM}$ ($P < 0,01$).

3.5. Ассоциативная связь между изучаемыми признаками молодняка овец разных генотипов

Поскольку одним из критериев оценки индивидуальной изменчивости признака являются коэффициенты вариации, рассмотрена вариативность показателей жирнокислотного спектра липидов крови ягнят разных генотипов.

Анализ данных о коэффициентах вариации изучаемых жирных кислот свидетельствуют о неоднозначности их изменчивости, зависящей как от генотипа животных, так и от самой кислоты. Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что изменчивость определяемых жирных кислот, независимо от генотипа животных, варьировалась в достаточно широких пределах: от максимальных величин 26,4 пентадекановой С15:0 кислоты до минимальных – 7,4 линолевой С18:2 (таблица 10).

Таблица 10 – Коэффициенты вариации жирнокислотного состава липидов крови ягнят разных генотипов, %

Жирные кислоты	Генотипы					
	GH			CAST		
	GH ^{AA}	GH ^{BB}	GH ^{AB}	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}	CAST ^{NM}
Миристиновая, С14:0	18,0	18,9	18,2	20,2	19,4	18,7
Пентадекановая, С15:0	26,4	24,2	29,9	19,8	22,1	20,6
Пальмитиновая, С16:0	14,4	13,8	14,1	11,5	12,9	11,8
Гептадекановая, С17:0	17,2	16,4	18,0	22,2	23,4	24,0
Гептадеценовая, С17:1	11,3	9,6	10,1	12,6	13,2	14,1
Стеариновая, С18:0	13,1	12,2	12,9	10,8	11,3	12,0
Олеиновая, С18:1	10,6	9,7	11,6	8,8	10,4	9,2
Линолевая, С18:2	9,8	7,4	8,9	9,3	11,8	9,9
Линоленовая, С18:3	7,3	6,9	8,4	11,6	13,6	10,5
Арахидоновая, С20:4	10,2	8,1	9,9	9,2	9,8	9,9
Σ насыщенных	2,96	2,64	2,72	2,43	2,49	2,45
Σ мононенасыщенных	1,34	1,22	1,27	1,24	1,30	1,28
Σ полиненасыщенных	1,14	1,09	1,11	0,83	0,99	0,88

Особенностью, характерной для всех исследуемых генотипов, являлись сравнительно низкие значения коэффициента вариации для таких

насыщенных жирных кислот, как пальмитиновая C16:0 – 11,5–14,4; гептадеценовая C17:1 – 9,6–13,2; стеариновая C18:0 – 10,8–13,1%; ненасыщенных – олеиновая C18:1 – 8,8–10,6; линолевая C18:2 – 7,4–11,8; линоленовая C18:3 – 6,9–13,1; арахидоновая C20:4 – 8,1–10,2%

При этом характер изменчивости у исследуемых генотипов был неоднозначен. Так, наименьшая изменчивость эссенциальных жирных кислот (C18:2, C18:3, C20:4) была у генотипов *GH^{BB}* и *CAST^{NN}*, по сравнению с аналогами *GH^{AA}* и *CAST^{MM}*, составившая соответственно 7,4; 6,9; 8,1 и 9,3; 11,6; 9,2% – против 9,8; 7,3; 10,2 и 11,8; 13,6; 9,8% ($P < 0,01$).

Еще меньше цифровые значения коэффициентов вариации были по сумме (Σ) насыщенных, моно-, полиненасыщенных жирных кислот, составившие 2,64 и 2,43; 1,22 и 1,24; 1,09 и 0,83% у *GH^{BB}* и *CAST^{NN}* генотипов, против 2,96 и 2,49; 1,34 и 1,30; 1,44 и 0,39 – у *GH^{AA}* и *CAST^{MM}* ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Относительно невысокая вариабельность эссенциальных жирных кислот, сумма насыщенных, а также моно-, полиненасыщенных жирных кислот, вероятно, связана с их функциональной специфичностью, обуславливающей интенсивность, направленность липидного обмена в частности и общего метаболизма в целом.

При рассмотрении корреляционных взаимоотношений между сравниваемыми признаками обращает на себя внимание неоднозначность их взаимоотношений, выраженная через коэффициент корреляции как в связи с сравниваемыми признаками, так и с генотипом ягнят.

Тесную, однонаправленную, положительную по знаку взаимосвязь между общим количеством как насыщенных, так и моно-, полиненасыщенных жирных кислот в липидах крови ягнят исследуемых генотипов выявил корреляционный анализ.

Анализ полученных данных свидетельствует, что характер связи между изучаемыми признаками зависел как от рассматриваемого признака, так и от генотипа животных (таблица 11).

Таблица 11 – Корреляционная связь между интегральными показателями липидного обмена ягнят разных генотипов, %

Корреляционные признаки	Генотипы			
	GH		CAST	
	AA	BB	NN	MM
Σ насыщенных жирных кислот	0,18	0,22	0,20	0,19
Σ мононенасыщенных жирных кислот	0,15	0,18	0,26	0,14
Σ полиненасыщенных жирных кислот	0,17	0,21	0,24	0,18
ИНЛ	0,24	0,28	0,30	0,24
ИИОЛ	0,26	0,31	0,36	0,28
КЭМ	0,29	0,38	0,41	0,33

При однотипности характера взаимоотношений, сводившейся к тесной, однонаправленной, положительной связи между сравниваемыми признаками, цифровыми значениями коэффициента корреляции (Σ) насыщенных, (Σ) моно-, (Σ) полиненасыщенных, ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ были достоверно выше у генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, чем аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составив соответственно: $R = 0,22$ и $0,20$; $R = 0,18$ и $0,26$; $R = 0,21$ и $0,24$; $R = 0,28$ и $0,30$; $R = 0,31$ и $0,36$; $R = 0,38$ и $0,41$ – против $R = 0,18$ и $0,19$; $R = 0,15$ и $0,14$; $R = 0,17$ и $0,18$; $R = 0,24$ и $0,24$; $R = 0,26$ и $0,28$; $R = 0,29$ и $0,33$. При этом наиболее высокой она была с ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ, соответственно составив: $R = 0,28$ и $0,30$; $R = 0,31$ и $0,36$; $R = 0,38$ и $0,41$ – у GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, против $R = 0,24$ и $0,24$; $R = 0,26$ и $0,28$; $R = 0,29$ и $0,33$ – у GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Полученные данные стали основанием для рассмотрения корреляционных взаимоотношений между уровнем эссенциальных жирных кислот с величиной живой массы и среднесуточных приростов молодняка исследуемых генотипов.

Корреляционный анализ выявил однонаправленную, положительную связь линолевой C18:2 – $R = 0,10-0,14$ и $R = 0,13-0,18$; линоленовой C18:3 – $R = 0,12-0,19$ и $R = 0,19-0,24$; арахидоновой C20:4 – $R = 0,16-0,21$ и $R = 0,19-0,26$ жирных кислот с живой массой, среднесуточными приростами, характер которой был однотипным, но в значительной мере зависел от генотипа животных (таблица 12).

Как правило, цифровые значения коэффициента корреляции были выше у GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$: $R = 0,12-0,14$ и $R = 0,17-0,18$; $R = 0,14-0,19$ и $R = 0,22-0,24$; $R = 0,19-0,21$ и $R = 0,24-0,26$, против $R = 0,10-0,11$ и $R = 0,13-0,15$; $R = 0,12-0,16$ и $R = 0,19-0,20$; $R = 0,16-0,18$ и $R = 0,21-0,20$ соответственно ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Таблица 12 – Коэффициенты корреляции эссенциальных жирных кислот липидов крови с живой массой и среднесуточными приростами молодняка овец разных генотипов, %

Эссенциальные жирные кислоты	Генотипы			
	GH^{AA}	GH^{BB}	$CAST^{NN}$	$CAST^{MM}$
Живая масса				
Линолевая, C18:2	0,10	0,12	0,14	0,11
Линоленовая, C18:3	0,12	0,14	0,19	0,16
Арахидоновая, C20:4	0,16	0,19	0,21	0,18
Среднесуточные приросты				
Линолевая, C18:2	0,13	0,17	0,18	0,15
Линоленовая, C18:3	0,19	0,22	0,24	0,29
Арахидоновая, C20:4	0,21	0,24	0,26	0,20

При изучении ассоциативной связи иммунной реактивности с показателями жирнокислотного состава крови ягнят разных генотипов прежде всего была рассмотрена степень изменчивости сравниваемых показателей,

а именно количество Т-, В-клеток, их субпопуляций (Т-супрессоров, Т-хелперов), циркулирующих в периферической крови исследуемых генотипов, а также уровень липидного обмена, выраженный через интегральные показатели: индекс насыщенности липидов – ИНЛ, индекс интенсивности липидного обмена – ИИОЛ, коэффициент эффективности метаболизации жирных кислот – КЭМ.

Анализ данных о коэффициентах вариации изучаемых показателей свидетельствует о неоднозначности вариативности каждого из них, зависящей как от самого признака, так и от генотипа исследуемых ягнят. При этом оказалось, что, независимо от генотипа, изменчивость количества иммунных клеток (Т-, В-лимфоцитов) намного выше (таблица 13).

Таблица 13 – Коэффициенты вариации показателей иммунных клеток крови ягнят разных генотипов, %

Показатель	Генотипы			
	GH ^{AA}	GH ^{BB}	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Т-лимфоциты, 10 ⁹ /л	20,4	18,2	21,1	17,0
В-лимфоциты, 10 ⁹ /л	27,1	22,3	22,2	20,4
Т-супрессоры, 10 ⁹ /л	11,8	9,7	14,8	10,6
Т-хелперы, 10 ⁹ /л	13,3	11,6	11,2	16,3
ИРИ	8,6	7,2	8,1	9,4
$\Sigma_{\text{предельных}}/\Sigma_{\text{непредельных}} = \text{ИНЛ}$	13,2	11,4	12,8	14,1
ИИОЛ	10,1	9,8	11,9	8,3
КЭМ	7,9	6,2	7,0	5,9

Высокая вариативность клеток иммунного ответа, вероятно, связана не только с их количеством в кровяном русле, но и с их специфической ролью в формировании иммунитета.

Относительно невысокая изменчивость уровня субпопуляций (Т-супрессоров и Т-хелперов), по-видимому, связана с их иммунобиологическими свойствами, резкое изменение количества привело бы к нарушению

иммунорегуляторных реакций, выраженных через индекс иммунной реактивности – ИРИ.

На основании данных о вариативности изучаемых признаков выявлена степень их взаимосвязи, выраженная через коэффициенты корреляции (таблица 14).

Таблица 14 – Коррелятивная связь иммунной реактивности и интегральных показателей липидного обмена ягнят разных генотипов, %

Показатель	Генотипы			
	GH ^{AA}	GH ^{BB}	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
ИРИ	0,28	0,33	0,36	0,24
$\Sigma_{\text{предельных}}/\Sigma_{\text{непредельных}}=\text{ИНЛ}$	0,21	0,28	0,37	0,29
ИИОЛ	0,29	0,36	0,31	0,26
КЭМ	0,38	0,43	0,48	0,36

Установлена, независимо от генотипа, устойчивая, положительная связь между сравнительными признаками, но наиболее значимой она оказалась у ягнят GH^{BB} и CAST^{NN} генотипов по сравнению с GH^{AA} и CAST^{MM}: R = 0,33 и R = 0,36 – для ИРИ; R = 0,28 и 0,37 – для ИНЛ; R = 0,36 и R = 0,31 – для ИИОЛ; R = 0,43 и R = 0,48 – для КЭМ, против R = 0,28 и R = 0,24; R = 0,21 и R = 0,29; R = 0,29 и R = 0,36; R = 0,38 и R = 0,36 соответственно (P < 0,05; P < 0,01).

О взаимосвязи показателей уровня жирных кислот в липидах мышечной ткани ягнят разных генотипов судили путем сравнения вариативности изучаемых показателей в мышцах ягнят разных генотипов.

Анализ цифровых значений коэффициента вариации выявил, с одной стороны, неоднозначность изменчивости изучаемых показателей, с другой – сравнительно одинаковую направленность вариативности, независимо от генотипа (таблица 15).

Наибольшая изменчивость у всех исследуемых животных была характерна для таких насыщенных кислот, как C14:0 (18,9–20,4); C15:0 (16,4–19,8); C17:0 (15,2–18,1); C20:0 (15,3–18,4), несколько ниже – для C16:0 (13,4–15,2);

C17:1(10,9–12,1); C18:0 (10,3–14,0), для мононенасыщенных – C16:1 (12,6–14,4); C18:1 (14,4–16,2), для полиненасыщенных – C18:2 (9,6–10,4); C18:3 (12,4–14,0); C20:4 (11,8–14,1) и наименьшая – для Σ насыщенных жирных кислот – (8,8–9,2), Σ мононенасыщенных – (7,6–8,4), Σ полиненасыщенных – (5,9–7,0).

Таблица 15 – Коэффициенты вариации уровня жирных кислот липидов мышечной ткани ягнят разных генотипов, %

Жирные кислоты, код	Генотипы	
	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Миристиновая, C14:0	18,9	20,4
Пентадекановая, C15:0	16,4	19,8
Пальмитиновая, C16:0	13,4	15,2
Пальмитолеиновая C 16:1	12,6	14,4
Гептадекановая, C17:0	15,2	18,4
Гептадеценовая, C17:1	12,1	13,8
Стеариновая, C18:0	10,3	14,0
Олеиновая, C18:1	14,4	16,2
Линолевая, C18:2	9,6	10,4
Линоленовая, C18:3	12,4	14,0
Арахиновая C 20:0	18,1	19,4
Арахидоновая, C20:4	11,8	14,1
Σ насыщенных	8,8	9,2
Σ мононенасыщенных	7,6	8,4
Σ полиненасыщенных	5,9	7,0

При этом наименьшие цифровые значения изменчивости суммы насыщенных, моно-, полиненасыщенных жирных кислот были у носителей CAST^{NN} генотипа, по сравнению с аналогами CAST^{MM}, что составляло соответственно 8,8; 7,6; 5,9% против 9,2; 8,4; 7,0% (P < 0,01).

Для суждения о том, насколько изменчивость каждого из сравниваемых признаков находится в соответствии с изменчивостью другого, рассмотрена направленность и степень корреляционных взаимоотношений суммарного количества насыщенных, моно-, полиненасыщенных жирных кислот липидов мышечной ткани овец разных генотипов.

Корреляционный анализ выявил, независимо от генотипа, положительную, однонаправленную связь между изучаемыми показателями (таблица 16).

Таблица 16 – Коэффициенты корреляции общего количества жирных кислот липидов мышечной ткани ягнят разных генотипов

Σ жирных кислот, %	Генотипы	
	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Σ насыщенных	0,28	0,29
Σ мононенасыщенных	0,33	0,29
Σ полиненасыщенных	0,44	0,36

Однако более значимой она была характерна для CAST^{NN} генотипа, по сравнению с аналогами CAST^{MM}: R = 0,28; R = 0,33; R = 0,44 против R = 0,19; R = 0,29; R = 0,36 (P < 0,01).

Интересным, на наш взгляд, стало рассмотрение вопроса о взаимосвязи интегральных показателей липидного обмена (ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ) исследуемых генотипов в разных биосредах, в частности в крови и мышечной ткани.

Поскольку, как отмечалась выше, при изучении взаимосвязи между признаками необходимо учесть степень их изменчивости, то есть рассмотреть коэффициент вариации как индивидуальный признак изменчивости, для чего был проведен сравнительный анализ вариативности между

интегральными показателями липидного обмена крови (ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ) и мышечной ткани молодняка разных генотипов.

Анализ данных о вариативности сравниваемых показателей свидетельствует о том, что по каждому признаку биосреды их значения мало зависимы, но наиболее зависимы от величины интегрального показателя (таблица 17).

Таблица 17 – Коэффициенты вариации интегральных показателей в различных биосредах овец разных генотипов

Биосреда	Показатели	Генотипы	
		CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Кровь	$\Sigma_{\text{насыщенных}}/\Sigma_{\text{ненасыщенных}} = \text{ИНЛ}$	10,8	13,6
	ИИОЛ	8,8	11,4
	КЭМ	6,4	8,1
Мышечная ткань	$\Sigma_{\text{предельных}}/\Sigma_{\text{непредельных}} = \text{ИНЛ}$	11,3	8,9
	ИИОЛ	9,6	10,1
	КЭМ	5,9	7,3

Установлена относительно невысокая изменчивость изучаемых показателей как в липидах крови, так и в мышечной ткани ягнят исследуемых генотипов: ИНЛ для крови составили 10,8 и 13,6, для мышечной ткани – 11,3 и 8,9, ИИОЛ – 8,8 и 11,46 соответственно; но наименьшей она была характерна для КЭМ: 6,4 и 8,1 – в липидах крови, 5,9 и 7,0 – в липидах мышечной ткани. Особенно четко выявленная закономерность прослеживается в изучаемых биосредах у молодняка CAST^{NN} генотипа по сравнению с аналогами CAST^{MM}: 6,4 и 5,9 против 8,1 и 7,3 ($P < 0,01$).

Анализ полученных данных свидетельствует об однонаправленности характера связи изучаемых показателей, зависящего как от показателя, так и от генотипа.

Так, наименьшие цифровые значения коэффициента корреляции ($R = 0,19-0,16$ и $R = 0,22-0,18$) были характерны для ИНЛ. Однонаправленная тесная связь со средней степенью корреляции выявлена с ИИОЛ, составившая $R = 0,26-0,22$ и $R = 0,29-0,24$.

Самой высокой коррелятивной зависимостью оказалось для КЭМ при значениях коэффициента корреляции $R = 0,34-0,38$ и $R = 0,29-0,31$.

При этом, как правило, достоверно выше коррелятивная зависимость была у молодняка овец $CAST^{NN}$ генотипа, по сравнению с $CAST^{MM}$, составившая соответственно $R = 0,34$ и $R = 0,38$, против $R = 0,29$ и $R = 0,31$ ($P < 0,01$) (таблица 18).

Таблица 18 – Коэффициенты корреляции интегральных показателей в различных биосредах овец разных генотипов

Биосреда	Показатели	Генотипы	
		$CAST^{NN}$	$CAST^{MM}$
Кровь	$\Sigma_{\text{предельных}}/\Sigma_{\text{непредельных}}=\text{ИНЛ}$	0,19	0,16
	ИИОЛ	0,26	0,22
	КЭМ	0,34	0,29
Мышечная ткань	$\Sigma_{\text{предельных}}/\Sigma_{\text{непредельных}}=\text{ИНЛ}$	0,22	0,18
	ИИОЛ	0,29	0,24
	КЭМ	0,38	0,31

Полученные результаты, их анализ позволяют предположить, что между метаболизмом жирных кислот липидов крови, мышечной ткани, уровнем иммунной реактивности, ростом, развитием ягнят в постэмбриональном онтогенезе существует тесная взаимосвязь, зависящая от той генетической программы, которая обеспечивает и контролирует направленность биохимических процессов, в частности липидного обмена.

3.6. Баранина, ее количественные и качественные характеристики

Мясное овцеводство становится все более востребовано, что обеспечивает ему важную нишу мирового мясного рынка. Российская Федерация не является исключением: ситуация складывается так, что происходит смещение акцентов со свинины и качественной говядины в сторону более дорогой, но высококачественной баранины (В.Н. Кузьмин, Т.Е. Маринченко, А.П. Королькова, 2019). По данным Росстата, в течение 2014–2019 годов объем потребления баранины рос в среднем на 5,7% в год. По этому показателю Россия находится на 26-м месте в мире. В настоящее время из всего объема потребления мяса на баранину приходится 3%, или 1,14 кг/чел.

Согласно последним утвержденным рекомендациям Министерства здравоохранения и социального развития, нормы потребления баранины увеличены с 1 кг до 3 кг в год.

Баранина издревле ценилась многими народами как высокопитательное мясо, обладающее уникальными вкусовыми свойствами. Благодаря неприхотливости овец, ареал их распространения широк, о чем говорят археологические и другие исследования. Особенно популярно разведение овец и употребление баранины в пищу было на Востоке, Северной Африке и Средиземноморье. Высокую ценность баранина и мясные субпродукты имеют благодаря их относительной низкокалорийности, легкоусвояемости, которые при этом имеют особенную питательную ценность и неповторимые кулинарные качества (Е.Н. Анисимов, Л.Ю. Скрыбина, 2005).

Баранина имеет сбалансированный витаминно-минеральный состав, содержит незаменимые аминокислоты и другие БАВ, например конъюгированную линолевою кислотой (CLA), карнитин (В₁₁) и оротовую

кислоту (В₁₃). Известно, что жирнокислотный состав, калорийность, а также ряд органолептических и физико-химических свойств, может отличаться в зависимости от упитанности и породы овцы, однако имеет уникальный состав присущий только баранине (М.Э. Карабаева, Н.А. Колотова, 2017).

Основой высокой биологической ценности мяса является, аминокислотный состав белка, известно, что в баранине в общем белке, содержится преобладающее количество таких незаменимых жирных кислот как аргинин, треонин, триптофан, метионин, что отличает это мясо от говядины.

Жирнокислотный профиль липидов хоть и является общим для всех видов мяса, все же имеет свои особенности. В бараньем жире меньше пальмитиновой (на 3–4%) и олеиновой (на 3–7%), но значительно больше стеариновой (на 5–12%) и совсем нет пальмитолеиновой кислоты, в отличие от говядины и свинины (А.В. Пихтирева, 2016; А.Н. Негреева, А.Ч. Гаглоев, 2019).

В целом, из баранины было выделено 18 жирных кислот. Полиненасыщенные жирные кислоты также есть в составе бараньего жира, суммарно их на 3% больше, чем в говяжьем.

Жир бараньего мяса считается диетическим еще и потому, что в нем содержится наименьшее количество холестерина (29 мг%), в среднем на 40% меньше, чем в говядине и свинине.

В целом по содержанию витаминов группы В, баранина превосходит свинину и говядину, особенно по содержанию никотиновой кислоты, биотина, тиамина и рибофлавина. Из микроэлементов отмечается преобладание в содержании меди, алюминия, цинка и селена по сравнению другими видами мяса.

Безусловно, высокие характеристики баранины будут таковыми при полноценном рационе, соблюдении зоогигиенических требований, правил и сроков убоя, породной и генетической принадлежности и других факторов.

Одной из ключевых задач пищевых технологов является поддержание и повышение качества производимой сельскохозяйственной продукции и продуктов её промышленной переработки (полуфабрикаты и готовые изделия). Производство продуктов из баранины является узконаправленным и специфичным звеном, которое распространено в основном в регионах потребителей (например, Северный Кавказ), однако имеет высокий потенциал к широкому распространению на территорию России. Производство такой продукции требует тщательного анализа морфо-химической структуры мяса и жиров, которые зависят от множества факторов, в том числе имеют полигенетическую природу (Лушников В.П., 2003; Галатов А.Н., Иващенко О.М., Юдин М.Ф., 2007).

3.6.1. Мясная продуктивность молодняка овец разных генотипов

Объективные сведения о качестве мяса, его химическом составе, биологической ценности позволяет получить контрольный убой животных.

Убойные показатели ягнят разных генотипов. Сравнительный анализ выявил, что величина предубойной, убойной массы, массы парной туши была выше у ярок $CAST^{NN}$ генотипа на 3 кг, или на 10,0%; на 15,32 (12,01%), на 1,8 кг (13%). Убойный выход у ярок с генотипом $CAST^{NN}$ составил 46,3% и превосходил своих сверстников с генотипом $CAST^{MM}$ на 1,5 абс. процента (таблица 19).

Таблица 19 – Результаты контрольного убоя ярок разных генотипов (n = 6)

Показатели	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Предубойная живая масса, кг	33,1±0,31 ^{**}	30,1±0,25
Масса после голодной выдержки, кг	32,8±0,15 ^{***}	29,3±0,27
Масса парной туши, кг	14,7±0,12 ^{***}	12,9±0,14
Выход туши, %	44,4	42,9
Масса внутреннего жира, кг	0,62±0,01 [*]	0,58±0,03
Убойная масса, кг	15,32±0,12 ^{***}	13,48±0,14
Убойный выход, %	46,3	44,8

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Морфологический состав туши. Сравнительный анализ морфологического состава туш ягнят разных выявил, что масса остывшей туши, выход мяса-мякоти и показатель коэффициента мясности были достоверно выше у CAST^{NN} генотипа, чем у аналогов CAST^{MM}, составившие: 13,91, против 12,20; 74,8, против 72,7; 2,97, против 2,67 (P<0,05) (таблица 20).

Таблица 20 – Морфологический состав туш ярок разных генотипов (n = 6)

Показатели	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Масса остывшей туши, кг	13,91±0,11 ^{**}	12,20±0,13
Масса мяса-мякоти, кг	10,41±0,15 ^{**}	8,87±0,16
Масса костей и сухожилий, кг	3,50±0,07	3,33±0,05
Выход мяса-мякоти, %	74,8	72,7
Выход костей и сухожилий, %	25,2	27,3
Коэффициент мясности	2,97	2,67

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Химический состав мяса. Поскольку представление о качестве мяса складывается на основании его химического состава, изучена концентрация химических компонентов мяса исследуемого молодняка (таблица 21).

Таблица 21 – Химический состав туш ярок разных генотипов (n = 6)

Показатели	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Влага, %	62,8±1,15	61,9±1,35
Жир, %	17,2±0,95	18,4±1,10
Белок, %	19,3±1,86	18,8±1,18
Зола, %	0,7±0,02	0,9±0,03
Сухое вещество	37,2	38,1
Калорийность ккал/м	2390,9	2481,2
Дж	9,8	10,2

В мышечной ткани генотипа *CAST^{MM}* содержания жира было больше на 1,2 абс. процента, чем у *CAST^{NN}*. Превосходство по содержанию влаги у генотипа *CAST^{NN}* составило на 0,9 абс. процента больше, а протеина – на 0,5 абс. процента, чем у сверстников *CAST^{NN}*.

На калорийности в мясе исследуемых генотипов отразилось различное содержание белка и жира: наибольшей она была у ягнят с генотипом *CAST^{MM}*, что на 3,9% выше чем у *CAST^{NN}*.

Биохимические показатели мяса. О биологической ценности судили по количеству в мышечной ткани аминокислот – триптофана, оксипролина и по их соотношению, отображающему содержание полноценных и неполноценных белков в мясе, – белково-качественному показателю (БКП) (таблица 22).

Таблица 22 – Белково-качественные показатели мяса молодняка овец

Показатели	CAST ^{NN}	CAST ^{MM}
Триптофан, мг %	237,37	208,48
Оксипролин, мг %	96,52	112,27
Белково-качественный показатель (БКП)	2,46	1,86

Полученные результаты, их анализ свидетельствуют о достоверно большем уровне незаменимой аминокислоты триптофана в мышечной ткани ярок $CAST^{NN}$ генотипа – 237,7 против 208,48, но меньшем оксипролина – 96,52; 112,27 мг% по сравнению с $CAST^{MM}$ генотипом. Что нашло отражение в величине белково-качественного показателя, составившей соответственно 2,46, против 1,86.

Анализом морфометрических исследований установлено, что в мышечной ткани ярок $CAST^{NN}$ генотипа, по сравнению с аналогом $CAST^{MM}$, было достоверно меньшее количество мышечных волокон на 9,8%, соединительной ткани – на 6,18 абс. процента, но больший на 9,7% диаметр мышечных волокон (таблица 23, рисунок 8).

Таблица 23 – Результаты морфометрических исследований
длиннейшей мышцы спины ярок разных генотипов

Показатели	$CAST^{NN}$	$CAST^{MM}$
Количество мышечных волокон на 1 мм ²	245,77±5,4	269,77±4,8*
Диаметр мышечных волокон, мкм	37,66±1,5*	34,0±0,5
Общая оценка «мраморности», в баллах	32,41±1,0**	27,17±1,0
Содержание соединительной ткани, %	10,92	17,10

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

При общей балльной оценке «мраморности» мяса исследуемых генотипов она оказалась выше у $CAST^{NN}$ генотипа, составив 32,41 против 27,17 балла, или на 16,2% больше.

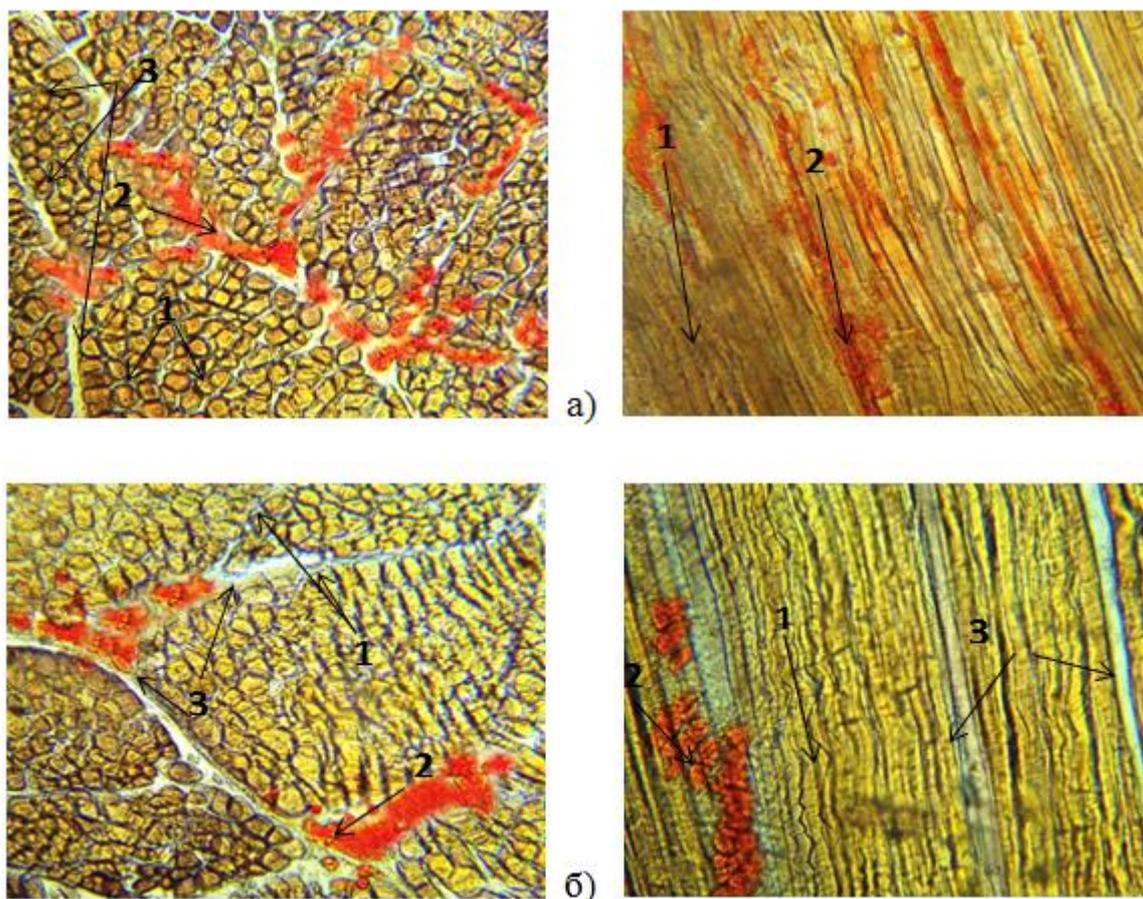


Рисунок 8 – Гистологические срезы (поперечные/продольные) *L. dorsi* овец ставропольской породы разных генотипов: а – CAST^{NN}; б – CAST^{MM}; 1 – мышечные волокна; 2 – жировая ткань; 3 – соединительная ткань (окраска: гематоксилин Каррарчи и судан III, увел. 10×40)

3.7. Экономическая эффективность

Расчет экономической эффективности выращивания и реализации ягнят разных генотипов, находящихся в одинаковых условиях кормления и содержания, проводился на основании суммарных затрат на производство продукции, данных о приростах живой массы и выручки от реализации продукции в течение опытного периода по ценам, сложившимся на год исследований (таблицы 24, 25).

Затраты на содержание одной головы исследуемых животных, составили 3850 рублей.

Средняя стоимость 1 кг мяса в живой массе составила 130 руб. Так как средняя реализационная цена 1 кг живой массы продукции зависит от живой массы животных, то соответственно доход на 1 голову от ярок генотипа GH^{BB} составил 4137 руб., что на 156 руб., или 3,9%, больше, чем от ярок носителей генотипа GH^{AA} . Что нашло отражение на рентабельности их выращивания: 8,4 – GH^{BB} генотипа, 4,3% – GH^{AA} .

Таблица 24 – Эффективность выращивания ягнят разных генотипов

Показатели	GH^{AA}	GH^{BB}
Живая масса, 8 мес., кг	30,9	32,1
Стоимость 1 кг мяса в живом весе, руб.	130	130
Стоимость всей продукции, руб.	4017	4173,0
Затраты на содержание 1 головы, руб.	3850	3850
Прибыль, руб.	167	323,0
Рентабельность, %	4,3	8,4

Таблица 25 – Эффективность реализации на мясо ягнят разных генотипов (8 месяцев)

Показатели	$CAST^{NN}$	$CAST^{MM}$
Затраты на выращивание, руб.	3850	3850
Убойная масса, кг	15,32	13,48
Стоимость 1 кг мяса, руб.	290	290
Выручка от реализации мяса, руб.	4442,8	3909,2
Прибыль, руб.	592,8	59,2
Рентабельность, % (\pm)	15,4	1,5

Прибыль от реализации на мясо ярок генотипа $CAST^{NN}$ генотипа была на 533,6 руб. или на 13,6% выше, чем ягнят $CAST^{MM}$ генотипа.

Минимальной рентабельность была при реализации на мясо ярок $CAST^{MM}$ генотипа, составив 1,5%.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одной из актуальных проблем современной сельскохозяйственной науки и практики продолжает оставаться поиск объективных, надежных, высокоинформативных методов оценки функционального состояния организма животных в разные периоды их роста и развития.

Получение объективных данных возможно лишь при системном, комплексном подходе, включающем несколько направлений науки, специфичность методов которых дает возможность получить большой объем данных, а их систематизация и анализ позволят значительно повысить точность оценки генетического потенциала племенных животных, в том числе овец, в раннем возрасте.

Как отмечалось выше, жирные кислоты, как звено многих химических реакций, могут отражать направленность, интенсивность и разнообразие физиолого-биологических преобразований, происходящих в растущем организме.

По данным D. E. Vauman, некоторые жирные кислоты, образующиеся в организме жвачных животных, будучи включенными в процесс экспрессии отдельных генов, исполняют роль «сигнальных молекул», активизируя функциональную активность генов ДНК при образовании жира в жировой ткани.

В научной литературе достаточно широко представлены успехи в липидологии продуктивности сельскохозяйственных животных (Е.И. Коленько, В.П. Шишов, Н.Н. Гуцин, 1974; М.В. Забелина 2005; Л.В. Зайцева 2010). Однако вопросы, касающиеся формирования жирнокислотного профиля липидов крови в постнатальном онтогенезе овец, остаются все еще малоизученными.

Особенно интересна и актуальна информация о жирнокислотном составе липидов крови для оценки обменных процессов в растущем

организме ягнят, направленных на формирование мясной продуктивности, качества мяса для прижизненной оценки.

Информации биологических преобразование в ранний период онтогенеза придается большое прогностическое значение, так как в этот период проявляется и закрепляется та направленность физиолого-биологических процессов, которая заложена в ДНК родителей потомства.

В результате проведенных исследований на молодняке овец разных генотипов установлено, что жирнокислотный состав липидов крови изменялся в зависимости как от возраста, так и от генотипа исследуемой популяции овец.

Для раннего периода онтогенеза (первые 2 мес. жизни) характерно, независимо от генотипа, сравнительно высокое содержание исследуемых жирных кислот, составившее: насыщенных – в пределах от 76,88 до 78,93, мононенасыщенных – 12,19–13,72, полиненасыщенных – 3,59–4,52%.

В липидах периферической крови 4-месячных ягнят сумма насыщенных жирных кислот составила 66,35–74,46%, мононенасыщенных – 15,75–18,09, полиненасыщенных – 9,8–10,97 ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

К 8-месячному возрасту произошло значительное снижение общего количества насыщенных жирных кислот, составившее 44,17–49,94%, но увеличение ненасыщенных – до 18,75–26,90% ($P < 0,01$).

Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует как об однотипности количественно-качественных преобразований жирнокислотного состава липидов крови исследуемых ягнят в изучаемые периоды онтогенеза, так и о различии.

Независимо от генотипа доминирующими по уровню содержания были такие кислоты, как пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0, арахидоновая C20:4, играющие главенствующую роль в липидном обмене, однако, независимо от возраста животных, уровень этих кислот был выше по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов, в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, составивший: в 2-мес. возрасте – 27,95 и 27,58; 46,87 и

45,40; 0,45 и 0,28; в 4-мес. – 27,96 и 26,07; 39,84 и 43,25; 1,77 и 1,74; в 8-мес. – 19,04 и 20,64; 22,37 и 22,26; 3,81 и 3,08, против генотипов GH^{AA} и $CAST^{MM}$ в 2-мес. возрасте – 26,08 и 26,21; 44,18 и 45,31; 0,29 и 0,18; в 4-мес. – 23,88 и 23,24; 36,24 и 36,78; 1,29 и 1,32; в 8-мес. – 1,26 и 1,34; 20,14 и 19,91; 3,19 и 2,46 ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Особенности жирнокислотного состава липидов овец на различных этапах постнатального развития обусловлены, прежде всего, условиями кормления. Для раннего возрастного периода характерно в основном вскармливание материнским молоком, жирнокислотный состав которого обеспечивает протекание метаболических преобразований, происходящих в растущем организме.

Из-за перехода от молочного питания к растительному, а также со становлением рубцового пищеварения значительно менялся жирнокислотный спектр липидов крови: уменьшалась их насыщенность, но увеличивалось количество ненасыщенных жирных кислот.

Тем не менее сравнительный анализ возрастной динамики жирнокислотного спектра липидов крови у исследуемого молодняка свидетельствует как об однотипности качественного его состава, с одной стороны, так и о различии в количестве изучаемых жирных кислот, с другой.

Сопоставлением и анализом жирнокислотного спектра липидов крови ягнят разных генотипов установлена неоднозначность уровня отдельных изучаемых жирных кислот.

В периферической крови ягнят GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов во все изучаемые возрастные периоды циркулировало достоверно больше пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, олеиновой C18:1, арахидоновой C20:4 кислот, чем в крови ягнят GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов ($P < 0,01$).

Выявленная закономерность нашла отражение в суммарном (Σ) количестве как насыщенных, так и ненасыщенных жирных кислот.

Поскольку, как отмечалась выше, интенсивность липидного обмена, его направленность отражают такие константы, как индекс насыщенности

липидов – ИНЛ, индекс интенсивности обмена липидов – ИИОЛ, коэффициент эффективности метаболизма жирных кислот – КЭМ, то сопоставлением и анализом цифровых значений этих интегральных показателей установлена неоднозначность их величин, зависящая от генотипа и составившая у GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов в сравнении с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$: в возрасте 2 мес. ИНЛ – 4,92 и 4,81; ИИОЛ – 2,29 и 2,18; КЭМ – 0,14 и 0,09, в 4 мес. – 2,67 и 2,58; 1,73 и 1,44; 0,25 и 0,25, в 8 мес. – 1,04 и 1,04; 0,70 и 0,79; 0,23 и 0,20, против соответствующих величин у GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов: в 2 мес. – 4,30 и 4,41; 1,92 и 1,96; 0,09 и 0,05, в 4 мес. – 2,59 и 2,47; 1,51 и 1,35; 0,20 и 0,20, в 8 мес. – 0,94 и 1,01; 0,69 и 0,71; 0,20 и 0,17 ($P < 0,01$).

Выявленная закономерность нашла подтверждение в более высоких цифровых значениях коэффициентов корреляции ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ, составивших в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипа соответственно $R = 0,28$ и $0,30$; $R = 0,31$ и $0,36$; $R = 0,38$ и $0,41$, против $R = 0,24$ и $0,24$; $R = 0,26$ и $0,28$; $R = 0,29$ и $0,33$ – у GH^{AA} и $CAST^{MM}$ ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Исходя из того, что уровень жирных кислот в липидах крови является одним из показателей степени функционального развития организма, а интенсивная направленность метаболических преобразований в постнатальном онтогенезе выражена в скорости роста – в этом сложном процессе, рассматриваемом как увеличение скорости накопления мышечной массы, то сравнительный анализ показателей живой массы и среднесуточных приростов исследуемых генотипов свидетельствует о превосходстве GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$.

Поскольку синтез белков и липидов, стимулированный гормоном роста, осуществляется синхронно, то количественно-качественные изменения в растущем организме отражаются на интенсивности обменных процессов.

Можно предположить, что жирные кислоты липидов крови, являясь высокоэффективным энергетическим материалом, в организме генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$ находятся в таком соотношении, которое обеспечивает более

быстрый синтез белка, сопровождаемый накоплением мышечной массы и, соответственно, более высокие показатели роста и развития, чем у аналогов GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов.

Общеизвестна легкодоступность эссенциальных жирных кислот в участии метаболических преобразований в растущем организме.

Установлено достоверное превосходство величины коэффициента корреляции эссенциальных жирных кислот с величиной живой массы и среднесуточных приростов с интегральными показателями – ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, в сравнении с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составившее соответственно: $R = 0,12-0,14$ и $R = 0,17-0,18$; $R = 0,14-0,19$ и $R = 0,22-0,24$; $R = 0,19-0,21$ и $R = 0,24-0,26$, против $R = 0,10-0,11$ и $R = 0,13-0,15$; $R = 0,12-0,16$ и $R = 0,19-0,20$; $R = 0,16-0,18$ и $R = 0,21-0,20$ ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

Процессы, отражающие состояние всего организма, в том числе иммунную реактивность, можно проследить по некоторым изменениям в крови так как, из всех биологических объектов именно кровь является наиболее устойчивой гомеостатической системой с достаточно узким коридором физиологической нормы.

Сравнительный анализ показателей, характеризующих иммунитет, выраженный через индекс иммунной реактивности – ИРИ, свидетельствует о том, что количество иммунных клеток (Т-, В-лимфоцитов), их субпопуляций (Т-супрессоров, Т-хелперов) в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов находятся в таком соотношении, которое обеспечивает более высокий иммунный ответ на условия внешней среды.

Уровень ИРИ в организме носителей GH^{BB} и $CAST^{NN}$, независимо от возраста, выше, чем у GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов.

Сравнительный анализ и сопоставление показателей иммунитета (количество Т-, В-клеток), их субпопуляции (Т-супрессоров, Т-хелперов) с величиной интегральных показателей – ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ – свидетельствует

о тесной однонаправленной, положительной коррелятивной связи между рассматриваемыми признаками у всех исследуемых генотипов.

Наиболее значимыми, независимо от генотипа, связи были между индексом иммунной реактивности – ИРИ и КЭМ: $R = 0,36-0,48$, несколько ниже – ИРИ и ИИОЛ: $0,26-0,36$, еще ниже – ИРИ и ИНЛ: $0,21-0,37$.

Наиболее ярко выявленная закономерность проявилась у GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$, составившая соответственно $R = 0,43$ и $0,48$; $R = 0,36$ и $0,31$; $R = 0,28$ и $0,37$, против $R = 0,38$ и $0,36$; $R = 0,29$ и $0,26$; $R = 0,21$ и $0,29$ ($P < 0,01$).

Полученные данные, их анализ позволяют заключить, что, независимо от генотипа, между жирнокислотным составом липидов крови, интенсивностью роста и развития, иммунной реактивностью существует ассоциативная связь, направленность и степень которой зависит от генотипа и, вероятно, от той генетической программы, которая формировалась в результате селекционных воздействий.

Жирные кислоты, как структурный компонент клеточных мембран, являются высокодинамичными биоконplexами, обеспечивающими равномерное распределение энергетических субстратов в липидах крови и мышечной ткани (Т.Е. Боровик, 2010).

При этом их доля в различных биосредах зависит от целого ряда факторов, в том числе от самой кислоты, ее уровня, а также возраста и генотипа животных.

Информация о жирнокислотном составе липидов мышечной ткани, особо важна, так как эти высокодинамичные биоконplexы активно участвует во всех процессах жизнедеятельности организма, в том числе в формировании мясной продуктивности, качества мяса. Липидам мышечной ткани принадлежит важная биологическая роль. Внутримышечные липиды имеют огромную пищевую ценность, обуславливая приятный вкус, аромат, сочность, нежность мяса.

При этом пищевая ценность липидов ткани неодинакова и зависит прежде всего от состава жирных кислот, их процентного содержания, соотношения.

Изучение количественно-качественных характеристик липидов мышечной ткани проводилось на образцах длинной мышцы спины, отобранных во время убоя овец в 8-месячном возрасте разных генотипов ($CAST^{NN}$ и $CAST^{MM}$).

Хроматографическим анализом идентифицировано 12 жирных кислот. Наивысшая концентрация была характерна для таких предельных кислот, как пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0, из непредельных – олеиновая C18:1, наименьшая – для пентадекановой C15:0, гептодеценовой C17:0, линоленовой C18:3.

Сопоставление и анализ жирнокислотного спектра липидов мышечной ткани овец разных генотипов свидетельствуют, с одной стороны, о его идентичности, выраженной в качественном составе изучаемых жирных кислот, но различиях в их количестве у разных генотипов, с другой.

В мышцах $CAST^{NN}$ генотипов доля таких насыщенных кислот, как пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0, арахидиновая C20:0, была выше, чем у аналогов $CAST^{MM}$, составив соответственно 19,77; 24,17; 2,92%, против 14,38; 18,81; 1,43% ($P < 0,01$). Что обеспечило более высокую насыщенность липидов мышечной ткани генотипов $CAST^{NN}$.

Меньшая доля мононенасыщенных пальметинолеиновой C16:1, олеиновой C18:1 и эссенциальных жирных кислот линолевой C18:2, линоленовой C18:3, арахидиновой C20:4 в липидах мышечной ткани $CAST^{MM}$ генотипа, составившая 2,14; 40,89; 3,17; 0,17; 0,86%, против 2,91; 47,21; 3,96; 0,22; 2,92% – в мышце $CAST^{NN}$ ($P < 0,01$), отразилась на их суммарном (Σ) количестве и величинах констант: индексе насыщенности липидов – ИНЛ, индексе интенсивности обмена липидов – ИИОЛ, коэффициенте эффективности метаболизации – КЭМ, составивших соответственно 0,94; 0,42; 0,31 – у $CAST^{NN}$ генотипов, против 0,84; 0,35; 0,27 – у $CAST^{MM}$ генотипов.

Сравнительным анализом ассоциативной связи интегральных показателей липидного обмена крови и мышечной ткани молодняка овец $CAST^{NV}$ и $CAST^{MM}$ генотипов установлена тесная однонаправленная, положительная по знаку связь, составившая: ИНЛ – $R = 0,19-0,16$ и $R = 0,22-0,18$; ИИОЛ – $R = 0,26-0,22$ и $R = 0,29-0,24$; КЭМ – $R = 0,34-0,26$ и $R = 0,38-0,31$.

При этом наиболее выраженной она у оказалось у $CAST^{NV}$ генотипа, по сравнению с аналогом $CAST^{MM}$: $R = 0,19$ и $0,22$; $R = 0,26$ и $0,29$; $R = 0,34$ и $0,38$, против $R = 0,16$ и $0,18$; $R = 0,22$ и $0,24$; $R = 0,29$ и $0,31$ соответственно.

Можно предположить, что высокая метаболическая активность жирных кислот способствует активации, липогенно-липолитической активности липидов как крови, так и мышечной ткани и свидетельствует об интенсивности липогенеза и об оценке пищевой ценности мяса.

Изучение липидов мышечной ткани интересно не только тем, что формирует представление о её жирнокислотном составе, но и о их роли в интенсивности, направленности липидного обмена, а также в обеспечении пищевой ценности баранины.

Особенно ценны внутримышечные липиды, обуславливающие приятный внешний вид, аромат, отличительные вкусовые качества – сочность, нежность и, самое главное, являющиеся источником очень полезных омега-кислот (М.Л. Яшина, 2019).

Процентное содержание внутримышечных липидов, структура, соотношение входящих в их состав жирных кислот зависят от многих факторов, в том числе и от генотипа животных.

Из идентифицированных 12 жирных кислот липидов мышечной ткани (длиннейшая мышца спины) 8-месячных ягнят разных генотипов ($CAST^{NV}$ и $CAST^{MM}$) доминирующими оказались: из насыщенных жирных кислот – пальмитиновая C16:0, стеариновая C18:0, из ненасыщенных – олеиновая C18:1. Согласно современным представлениям, основной функцией жировой ткани, представляющей собой высокоактивный орган, является как синтез, так и накопление липидов, мобилизация их для обеспечения энергетических

потребностей организма. При этом особо важными являются те биологические превращения, которые происходят между жирными кислотами. Так, например, из пальмитиновой C16:0 кислоты, в результате метаболизации, удлинения углеродной цепи, через стеариновую C18:0 кислоту образуются мононенасыщенные кислоты, в том числе олеиновая C18:1.

Эссенциальные жирные кислоты, (линолевая C18:2, линоленовая C18:3, арахидоновая C20:4) из-за своей легкодоступности, мобильности непрерывно и постоянно находясь во взаимодействии, являются важным источником эндогенных жирных кислот. Синтез арахидоновой C20:4 кислоты происходит из линолевой C18:2, поступающей в организм с кормом.

Поскольку интенсивность и направленность метаболических взаимоотношений между жирными кислотами отражает отношение суммы (Σ) насыщенных к сумме (Σ) ненасыщенных, выраженную через индекс насыщенности липидов (ИНЛ), то, вероятно, более высокий уровень пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:1 кислот в липидах мышечной ткани *CAST^{NN}* генотипа обеспечил более высокую их насыщенность по сравнению с *CAST^{MM}* генотипом: 0,94, против 0,84% ($P < 0,01$).

Согласно существующим представлениям о главенствующей роли пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0 жирных кислот в биологических превращениях целого ряда жирных кислот эндогенного происхождения, можно предположить, что большая их концентрация способствовала равномерному обеспечению синтетических процессов энергетическими субстратами в мышечной ткани *CAST^{NN}* генотипа.

Соотношение между уровнем пальмитиновой C16:0 и олеиновой C18:1 – C16:0/C18:1 – индекс интенсивности обмена липидов (ИИОЛ) свидетельствует о более высокой биосинтетической активности липидов мышечной ткани генотипа *CAST^{NN}*, составив 0,42 против 0,35.

Очевидно, в силу высокой интенсивности обмена липидов мышечная ткань $CAST^{NN}$ генотипа была более обеспечена энергетическими субстратами для формирования мышечной массы, иммунной системы.

Степень изменчивости эссенциальных жирных кислот отражает коэффициент метаболизации (КЭМ) – отношение арахидоновой C20:4 кислоты к сумме полиненасыщенных жирных кислот. Оказалось, что более значимой она была в липидах мышц $CAST^{NN}$ генотипа, чем у аналогов $CAST^{MM}$: 0,31 против 0,27 ($P < 0,01$).

Сравнительный анализ коррелятивных взаимоотношений биохимических констант – ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ в липидах крови и мышечной ткани свидетельствует об устойчивой, однонаправленной, положительной связи между изучаемыми показателями как в липидах крови, так и мышечной ткани, зависящей от показателя и генотипа. Менее значимой она была в липидах крови и мышечной ткани с индексом насыщенности (ИНЛ), составив соответственно $R = 0,19-0,16$ и $R = 0,29-0,24$. Наиболее значимой – между коэффициентами корреляции (КЭМ) липидов изучаемых биосред: $R = 0,34-0,29$ и $R = 0,38-0,31$. При этом достоверно ярче эта зависимость проявилась в липидах крови и мышечной ткани $CAST^{NN}$ генотипов, составив соответственно $R = 0,19-0,22$; $R = 0,26-0,29$; $R = 0,34$ и $0,38$, против $R = 0,16$ и $R = 0,18$; $R = 29$; $R = 0,31$.

Достоверно высокие цифровые значения биологических констант ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ липидов крови и мышечной ткани $CAST^{NN}$ генотипа дают основание предполагать о более высокой биологической ценности их мяса.

Наличие однонаправленной, положительной высокодостоверной корреляционной связи между интегральными показателями ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ с показателями роста, развития, иммунной реактивностью может быть использовано в качестве биохимического теста прижизненной оценки генетического потенциала овец в раннем возрасте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили получить данные имеющие глубокое теоретическое и практическое значение, дополняют и расширяют имеющиеся сведения о полиморфизме генов *GH*, *CAST*, контролирующих количественно-качественные характеристики овец ставропольской породы, позволившие сформировать следующие выводы:

1. Полиморфизм генов *GH*, *CAST* популяции овец ставропольской породы представлен двумя аллелями с разной частотой встречаемости: $GH^A - 0,88$; $GH^B - 0,12$; $CAST^N - 0,18$; $CAST^M - 0,82$; тремя генотипами: $GH^{AA} - 0,83$; $GH^{BB} - 0,07$; $GH^{AB} - 0,10$; $CAST^{NN} - 0,06$; $CAST^{MM} - 0,71$; $CAST^{MN} - 0,23\%$ соответственно.

2. Установлены онтогенетические особенности формирования жирнокислотного спектра липидов крови, зависящего от возраста, генотипа ягнят, выразившиеся в величинах интегральных показателей интенсивности липидного обмена – ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ, составившие: в липидах крови GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов, по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$ соответственно: в возрасте 2 мес. – 4,92 и 4,81; 2,29 и 2,18; 0,14 и 0,09, против 4,30 и 4,41; 1,92 и 1,96; 0,09 и 0,05, в 4 мес. – 2,67 и 2,58; 1,73 и 1,44; 0,25 и 0,25, против 2,59 и 2,47; 1,51 и 1,35; 0,20 и 0,20; в 8 мес. – 1,04 и 1,04; 0,70 и 0,79; 0,23 и 0,20, против 0,94 и 1,01; 0,69 и 0,71; 0,20 и 0,17% ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$).

3. Однонаправленная, положительная корреляционная связь между эссенциальными жирными кислотами и величиной живой массы, среднесуточных приростов, была достоверно выше у генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$, по сравнению с аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$ составившая: в возрасте 2 мес. 4,4; 4,07 и 5,7; 1,07; в 4 мес. – 1,2; 1,07 и 3,2; 1,07; в 8 мес. – 3,7; 10,04 и 9,1; 27,81% соответственно ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$).

4. Установленное преимущество уровня индекса иммунной реактивности (ИРИ) ягнят GH^{BB} и $CAST^{NN}$ над аналогами GH^{AA} и $CAST^{MM}$

сопровождалось большей величиной ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ, выраженном в положительной коррелятивной связи, составившей: $R = 0,43$ и $0,48$; $R = 0,36$ и $0,31$; $R = 0,28$ и $0,37$, против $R = 0,38$ и $0,36$; $R = 0,29$ и $0,26$; $R = 0,21$ и $0,29$ ($P < 0,01$; $P < 0,001$).

5. Жирнокислотный состав липидов мышечной ткани исследуемых $CAST^{NN}$ и $CAST^{MM}$ генотипов был идентичен, но величина ИНЛ, ИИОЛ, КЭМ зависела от доли насыщенных, ненасыщенных жирных кислот, составившей: $0,94$; $0,42$; $0,31$ – у $CAST^{NN}$ генотипов, против $0,84$; $0,35$; $0,27\%$ – у $CAST^{MM}$.

6. Установлена однонаправленная положительная высокодостоверная связь между интегральными показателями липидного обмена крови и мышечной ткани, составившая: $R = 0,19$ и $0,22$; $R = 0,26$ и $0,29$; $R = 0,34$ и $0,38$ – генотип $CAST^{NN}$, против $R = 0,16$ и $0,18$; $R = 0,22$ и $0,24$; $R = 0,29$ и $0,31$ – $CAST^{MM}$.

7. Прибыль от реализации на мясо ярок генотипа $CAST^{NN}$ была на $533,6$ руб. или на $13,6\%$ выше, чем ягнят $CAST^{MM}$ генотипа, рентабельность при реализации на мясо ярок $CAST^{NN}$ генотипа, составила $15,4\%$.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для выявления особо ценных животных в племенных стадах овец рекомендуется:

- осуществлять генотипирование по выявлению носителей генных маркеров;
- На основании полученных данных в группы для селекции рекомендуем отбирать животных носителей аллелей В и N, соответственно в генах *GH* и *CAST*. Для достижения селекционных целей желательные аллели должны присутствовать в обоих генах в гомозиготном состоянии
- проводить прижизненную оценку мясной продуктивности, качества мяса на основе биохимических интегральных показателей крови в раннем возрасте.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Планируем в своих исследованиях продолжить поиск новых генетических маркеров продуктивности у овец отечественных пород, что позволит проводить оценку и прогнозирование продуктивных качеств в период постнатального онтогенеза и значительно увеличит эффективность селекционной работы племенных хозяйств.

Полученные данные будут носить теоретическое и практическое значение, позволят создавать тест-системы для ранней диагностики хозяйственно-ценных признаков и разрабатывать современные рекомендации по оценке овец различных направлений продуктивности.

Список сокращений и условных обозначений

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

ПЦР – полимеразная цепная реакция

ПЦР-ПДРФ – полимеразная цепная реакция с изучением полиморфизма длин рестрикционных фрагментов

CAST – ген кальпастанин

GH – ген соматотропин, гормон роста

ИИОЛ – индекс интенсивности обмена липидов

ИНЛ – индекс насыщенности липидов

КЭМ – коэффициент эффективности метаболизации

SNP (Single Nucleotide polymorphism) – единичные однонуклеотидные мутации

MAS (Marker assisted selection) – маркер-зависимая селекция

C20:0 – арахидоновая кислота

C20:4 – арахидоновая кислота

C17:0 – гептадекановая кислота

C17:1 – гептадеценная кислота

C18:2 – линолевая кислота

C18:3 – линоленовая кислота

C14:0 – миристиновая кислота

C18:1 – олеиновая кислота

C15:0 – пентадекановая кислота

C15:1 – пентадеценная кислота

C16:0 – пальмитиновая кислота

C16:1 – пальмитолеиновая кислота

C18:1 – стеариновая кислота

Список использованной литературы

1. Абатуров, Б.Д. Опыт количественной оценки продукции надземной фитомассы и ее составляющих на степном пастбище / Б.Д. Абатуров, Ю.Д. Нухимовская // Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – 2013. – Т. 19, № 4 (57). – С. 14–22.
2. Абилов, Б. Т. Эффективность выращивания молодняка мясошерстных овец на откорме с применением БМВД с повышенным содержанием растительного белка / Б. Т. Абилов // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». – 2018. – № 8 (24). – Режим доступа: Alley-science.ru [http:// docviewer.yandex.ru](http://docviewer.yandex.ru) (27.12.2018).
3. Абонеев, В. В. Размещение основных пород овец Ставрополя по зонам и дальнейшее их совершенствование / В. В. Абонеев, И. И. Селькин, А. М. Беляева // Сельскохозяйственный журнал. – 2004. – № 1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razmeschenie-osnovnyh-porod-ovets-stavropolya-ro-zonam-i-dalneyshee-ih-sovershenstvovanie> (дата обращения: 25.05.2020).
4. Абонеев, В. В. Методика оценки мясной продуктивности овец / В. В. Абонеев, С. А. Ерохин, Ю. Д. Квитко, И. И. Селькин, А. Н. Соколов, А. И. Суров, А. А. Омаров // Метод. рекомендации для научных сотрудников, аспирантов, студентов и практических работников в области овцеводства. – Ставрополь: СНИИЖК, 2009. – 36 с.
5. Абонеев, В. В. Ставропольской породе 60 лет! / В. В. Абонеев, Ю. Д. Квитко, И. Г. Сердюков, М. Ю. Санников // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – № 4 – С. 1–3.
6. Абонеев, В. В. Влияние селекции на мясную продуктивность овец / В. В. Абонеев, Ю. Д. Квитко, Б. Т. Абилов, Д. В. Абонеев, Н. И. Ефимова, В. В. Марченко // Сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-selektsii-na-myasnuyu-produktivnost-ovets> (дата обращения: 05.06.2020).

7. Абонеев, В. В. Возрастные особенности морфологического состава крови молодняка овец разных генотипов в онтогенезе / В. В. Абонеев, С. Н. Шумаенко, Л. Н. Скорых // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 2. – С. 41–42.
8. Абонеев В. В. О проблемах сохранения племенных ресурсов овцеводства России / Колосов Ю. А // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 1. – С. 43–45.
9. Алиев, А. А. Метаболизм липидов и продуктивность курдючных и тонкорунных овец / А. А. Алиев, А. А. Олимов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 1. – С. 72–78.
10. Алиев, А. А. Превращение основных жирных кислот в процессе поступления их в лимфу / А. А. Алиев, В. М. Мартюшов // Липиды в организме животных и человека. – М.: Наука, 1974. – С. 3–10.
11. Алиев, А. А. Незаменимые (эссенциальные) жирные кислоты и их роль в питании продуктивных животных / А. А. Алиев // Актуальные проблемы биологии в животноводстве / III Междунар. конф., 6–8 сент. 2000 г., Россия, Боровск: тез. докл. – Боровск: Изд-во ВНИИ физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных, 2000. – С. 34–36.
12. Алиев, А. А. Секреция липидов и линолевой кислоты с молоком у коров в динамике лактации / А. А. Алиев // Сельскохозяйственная биология. Серия «Биология животных». – 2005. – № 4. – С. 35 – 39.
13. Амерханов, Х. А. Мясное скотоводство, проблемы и перспективы / Х. А. Амерханов, В. Калашников, В. Левахин // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 1. – С. 2–5.
14. Амерханов, Х. А. Трудиться предстоит много и настойчиво / Х. А. Амерханов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 1. – С. 1–5.
15. Анимукова, Д. М. Аграрная политика в сфере овцеводства / Д. М. Анимукова // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agrarnaya-politika-v-sfere-ovtsevodstva> (дата обращения: 25.05.2020).

16. Анисимов, Е. Н. Баранина – ценный продукт питания / Е. Н. Анисимов, Л. Ю. Скрябина // Сельскохозяйственный журнал. – 2005. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/baranina-tsennyu-produkt-pitaniya> (дата обращения: 30.05.2020).
17. Афанасьева, А. И. Динамика показателей липидного обмена у ягнят алтайской породы и их помесей в возрастном аспекте / А.И. Афанасьева, Н.В. Симонова // Вестник АГАУ. – 2012. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-pokazateley-lipidnogo-obmena-u-yagnyat-altayskoj-porody-i-ih-pomesey-v-voznrastnom-aspekte> (дата обращения: 27.05.2020).
18. Беляева, А. М. Совершенствование племенных и продуктивных качеств целинного типа овец ставропольской породы / А.М. Беляева // Сб. науч. тр. СНИИЖК. – 2009. – Т. 2, № 2-2. – С. 7–12.
19. Березин, И. В. Основы биохимии: учеб. пособие для хим. спец. ун-тов / И. В. Березин, Ю. В. Савин. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 252 с.
20. Болдырев, А. А. Биологические мембраны и транспорт ионов: учеб. пособие для вузов / А. А. Болдырев. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 208 с.
21. Боровик, Т. Э. Питание и развитие мозга: роль длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот / Т.Э. Боровик, С.Г. Грибакин, Н.Г. Звонкова [и др.] // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. – 2012. – № 2.
22. Боровикова, Е. А. Молекулярно-генетические исследования в решении проблем филогении и филогеографии сиговых рыб (Coregonidae) / Е.А. Боровикова // Труды ИБВВ РАН. – 2016. – № 73 (76).
23. Боровская, М. К. Структурно-функциональная характеристика мембраны эритроцита и ее изменения при патологиях разного генеза / М. К. Боровская, Э. Э. Кузнецова, В. Г. Горохова, Л. Б. Корякина [и др.] // Acta Biomedica Scientifica. – 2010. – № 3.
24. Бородин К.Г. От экспорта сырья к экспорту переработанной продукции: на примере рынка подсолнечного масла России / К.Г. Бородин // Российский внешнеэкономический вестник. – 2018. – № 10. – С. 35 – 48.

25. Бурлакова, Е. Б. Влияние липидов мембран на ферментативную активность / Е. Б. Бурлакова // Липиды, структура, биосинтез, превращение и функции: сб. ст. – М.: Наука, 1977. – С. 16–27.

26. Васильев, Н.А. Овцеводство и технологии производства шерсти и баранины / Н.А. Васильев, В.К. Целютин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 187 с.

27. Вдовиченко, Ю. В. Полиморфизм генов кальпастина и соматотропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей (калмыцкая курдючная + дорпер) / Ю.В. Вдовиченко, В.Н. Иовенко, П.Г. Жарук, Н.А. Кудрик, Л.В. Жарук // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – № 2. – С. 75–82.

28. Гальцев, Ю. И. Совершенствование овец ставропольской породы в Поволжье: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.01 / Гальцев Юрий Иванович. – Саратов, 2004. – 349 с.

29. Гаркуша, В. Ф. Овцеводство Ставрополя – пути возрождения / В. Ф. Гаркуша // Сельскохозяйственный журнал. – 2003. – № 1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ovtsevodstvo-stavropolya-puti-vozhrozhdeniya> (дата обращения: 05.06.2020).

30. Гераскина, Г. В. Белки и аминокислоты. Строение, классификация и биологические функции: учеб. пособие / Г. В. Гераскина. – М.: МОПИ, 1991. – 71 с.

31. Герман, Ю. И. Овцеводство Беларуси: состояние, итоги, перспективы / Ю. И. Герман, Н. П. Коптик // Сельскохозяйственный журнал. – 2014. – № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ovtsevodstvo-belarusi-sostoyanie-itogi-perspektivy> (дата обращения: 25.05.2020).

32. Гетманцева, Л. В. Влияние полиморфизма генов MC4R, IGF2 и ROU1F1 на продуктивные качества свиней: Автореф. ... канд. с.-х. наук / Л. В. Гетманцева. – п. Персиановский, 2012. – С. 20–28.

33. Глазко, В. И. Введение в ДНК-технологии / В. И. Глазко, И. М. Дунин, Г. В. Глазко, Л. А. Калашникова. – М.: Росинформагротех, 2001. – 436 с.

34. Глазко, В. И. Проблемы «селекции с помощью маркеров» (MAS) / В. И. Глазко // Farm Animals. – 2013. – № 2 (3). URL: <https://cyberleninka.ru>

article/n/problemy-selektcii-s-pomoschyu-markerov-mas (дата обращения: 20.05.2020).

35. Данкверт, С.А. Производство мяса в мире / С.А. Данкверт, А.М. Холманов, О.Ю. Осадчая. – 2016. – С. 203 – 207.

36. 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. – 2016. – № 5. – С. 576–583.

37. Денискова, Т. Е. Валидация панели SNP-маркеров для контроля происхождения локальных российских пород овец / Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, Е.А. Гладырь, А.А. Сермягин [и др.] // Сельхозбиология. – 2015. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/validatsiya-paneli-snp-markerov-dlya-kontrolya-proishozhdeniya-lokalnyh-rossiyskih-porod-ovets> (дата обращения: 30.05.2020).

38. Дмитриева Т. О. Современное состояние и тенденции развития мирового овцеводства // Colloquium-journal. – Голопристанский районный центр занятости Голопристанский районный центр занятости, 2020. – №. 3-3. – С. 9-11.

39. Дунин, И. М. Новое селекционное достижение тонкорунная порода овец джалгинский меринос / И.М. Дунин, И.Г. Сердюков, М.Б. Павлов // Farm Animals. – 2013. – № 3-4. – С. 46–48.

40. Душкин, Е. В. Метаболические и физиологические особенности адаптации коров к высокой молочной продуктивности / Е. В. Душкин, А. Д. Душкин // Сб. науч. тр. СНИИЖК. – 2012. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metabolicheskie-i-fiziologicheskie-osobennosti-adaptatsii-korov-k-vysokoju-molochnoy-produktivnosti> (дата обращения: 24.05.2020).

41. Ермолова, Л. С. Биологически активные вещества из побочного животноводческого сырья – исследование механизмов образования и действия, производство форм, применение в животноводстве и медицине: Автореф. ... д-ра биол. наук / Любовь Степановна Ермолова. – М., 1998.

42. Ерохин, А. И. Овцеводство / А. И. Ерохин, В. И. Котарев, С. А. Ерохин. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2014. – 450 с.
43. Ерохин, А. И. Состояние, динамика и тенденции в развитии овцеводства в мире и в России / А.И Ерохин, Е.А Карасев, С.А Ерохин // овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 3 – 6.
44. Жариков, Я. А. Связь метаболического профиля молодняка овец разных генотипов с темпами роста / Я. А. Жариков, Л. А. Канева, В. Е. Бобрецов, Ю. А. Козлова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 6 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/svyaz-metabolicheskogo-profilya-molodnyaka-ovets-raznyh-genotipov-s-tempami-rosta> (дата обращения: 30.05.2020).
45. Забелина, М. В. Особенности состава липидов мышечной ткани овец и влияние его на качество баранины / М. В. Забелина, В. П. Лушников. – Саратов, 2005. – 36 с.
46. Забелина М.В. Особенности биохимических процессов у русских длиннотопчехлых овец разных половозрастных групп с разной скоростью роста / Преображенская Т.С., Филатов А.С. // овцы, козы, шерстяное дело – 2017. – №2. С. 36-39.
47. Зайцева, Л. В. Роль различных жирных кислот в питании человека при производстве пищевых продуктов / Л.В. Зайцева // Пищевая промышленность. – 2010. – № 10.
48. Запорожская, Л. И. Характеристика и биологическая роль эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот / Л. И. Запорожская, И. В. Гаммель // МС. – 2012. – № 12.
49. Зарубежный и отечественный опыт разработки и применения мер и инструментов поддержки улучшения генетического потенциала мелкого рогатого скота: аналит. справка / ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Н.П. Мишуров; исполн.: Кузьмин В.Н., Маринченко Т.Е., Королькова А.П., Горячева А.В. – Правдинский, 2019. – 127 с.

50. Зволинский, В. П. Новая технология улучшения естественных пастбищ – путь к устойчивому развитию овцеводства в Астраханской области / В.П. Зволинский, Г.К. Булахтина, Н.И. Кудряшова // Известия НВ АУК. – 2017. – № 1 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novaya-tehnologiya-uluchsheniya-estestvennyh-pastbisch-put-k-ustoychivomu-razvitiyu-ovtsevodstva-v-astrahanskoj-oblasti> (дата обращения: 06.06.2020).

51. Зиновьева, Н. Методы маркер-зависимой селекции. / Н. Зиновьева, Е. Гладырь, Г. Державина, Е. Кунаева // Животноводство России. – 2006. – № 3. – С. 29–31.

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

53. Зиновьева, Н. А. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, О. В. Костюнина, Е. А. Гладырь, А. Д. Банникова [и др.] // Зоотехния. – 2013. – № 9. С. 5–7.

54. Зиновьева, Н. А. Изучение генетического разнообразия и популяционной структуры российских пород крупного рогатого скота с использованием полногеномного анализа SNP / Н.А. Зиновьева, А.В. Доцев, А.А. Сермягин, К. Виммерс [и др.] // Сельхозбиология. – 2016. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-geneticheskogo-raznoobraziya-i-populyatsionnoy-struktury-rossijskih-porod-kрупного-roгатого-skota-s-ispolzovaniem> (дата обращения: 30.05.2020).

55. Зорина, И. Г. Использование полиморфизма групп крови в селекции овец забайкальской тонкорунной породы: автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Зорина Ирина Геннадьевна; – Ставрополь, 2018. – 23 с.

56. Иванова, Ю. Ю. Особенности определения фенотипических признаков древесных растений для эколого-генетических исследований / Ю. Ю. Иванова // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2008. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-opredeleniya-fenotipicheskikh-priznakov-drevesnyh-rasteniy-dlya-ekologo-geneticheskikh-issledovaniy> (дата обращения: 24.05.2020).

57. Исмаилов, И. С. Определение, измерение и оценка свойств шерсти: Методические рекомендации / И. С. Исмаилов, В. И. Сидорцов, Н. И. Белик. – Ставрополь, 2006. – 36 с.

58. Калашникова, Л. А. Селекция XXI века: использование ДНК-технологий / Л. А. Калашникова, И. М. Дунин, В. И. Глазко. – Московская обл., Лесные Поляны, ВНИИплем, 2000. – 31 с.

59. Карабаева, М. Мясная продуктивность и качество мяса молодняка овец разных генотипов / М. Карабаева, Н. Колотова // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2017. – № 1.

60. Катмаков, П. С. Биометрия: учеб. пособие для вузов / П. С. Катмаков, В. П. Гавриленко, А. В. Бушов; под общ. ред. П. С. Катмакова. – Москва: Юрайт, 2019. – 177 с.

61. Кийко, Е. И. Принципы маркерной селекции в молочном скотоводстве / Е. И. Кийко // Вестник российских университетов. – 2010. – № 1.

62. Кирьянов, Д. А. Особенности экстерьера и продуктивности полутонкорунных ягнят разного происхождения / Д. А. Кирьянов // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ: материалы Международной науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2015. – Т. 2. – С. 58–60.

63. Климов, А. Н. Липопротеиды плазмы крови, их функция и метаболизм / А. Н. Климов // Биохимия липидов и их роль в обмене веществ: сб. ст. – М.: Наука, 1981. – С. 45–74.
64. Коленко, Е. И. Липолитические микроорганизмы преджелудков жвачных / Е. И. Коленко, В. П. Шишов, Н. Н. Гуцин, И. А. Долгов // Липидный обмен у сельскохозяйственных животных: сб. докл. – Боровск, 1974. – С. 218–226.
65. Колосов, Ю. А. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Ю. А. Колосов, П. С. Кобыляцкий, Н. В. Широкова, Л. В. Гетманцева [и др.] // Научная жизнь. – № 3. – 2017. – С. 84–91.
66. Колосов, Ю. А. Влияние полиморфизма гена гормона роста (GH) на селекционно значимые показатели овец / Ю. А. Колосов, Н. Ф. Бакоев, Т. С. Романец, Н. В. Широкова // Материалы XXVI Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». – Москва, 10–14 апреля 2017 г.
67. Кондратьева, Е. А. Особенности физиологического статуса и адаптации липидно-углеводного метаболизма у жвачных животных / Е. А. Кондратьева, Е. В. Душкин // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – № 1.
68. Коничев, А. С. Биохимия и молекулярная биология / А. С. Коничев, Г. А. Севастьянова. – М.: Дрофа, 2008. – 359 с.
69. Копылов, И. А. Совершенствование породы советский меринос на основе генофонда австралийской селекции и иммуногенетических маркеров: теоретико-методологическое исследование: дис. ... канд. биол. наук / И. А. Копылов. – 2019.

70. Косогина, Н.С. Мясная и шерстная продуктивность овец разных направлений продуктивности / Н.С. Косогина // Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества. – 2014. – С. 148–151.
71. Кравченко, Н. И. Как сделать овцеводство высокорентабельной отраслью / Н. И. Кравченко // Сб. науч. тр. СКНИИЖ. – 2013. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-sdelat-ovtsevodstvo-vysokorentabelnoy-otraslyu> (дата обращения: 05.06.2020).
72. Кузьмин, В. Н. Овцеводство: состояние и перспективы развития / В. Н. Кузьмин, Т. Е. Маринченко, А. П. Королькова // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 12 (270). – С. 2–8.
73. Куликова, А. Я. Скороспелость и мясная продуктивность овец районированных полутонкорунных пород / А. Я. Куликова // Сб. науч. тр. КНЦЗВ. – 2020. – Т. 9. – № 2. – С. 89 – 93.
74. Куликова, К. А. Исследование полиморфизма гена GNo у овец тувинской короткожирнохвостой породы / К. А. Куликова, Ю. А. Юлдашбаев, С. А. Хататаев, Л. А. Калашникова, М. И. Донгак // Научно-практический журнал Вестник ИрГСХА. – 2018. – № 87. – С. 139–148.
75. Куликова, К. А. Полиморфизм гена кальпастина (CAST) у овец горного и степного внутривидовых типов тувинской короткожирнохвостой породы / К. А. Куликова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (45). – С. 84–89.
76. Курилкина, М. Я. Характеристика рубцового пищеварения жвачных животных при введении в рацион металлоорганических комплексов / М. Я. Курилкина, Т. Н. Холодилина, Д. М. Муслумова, К. Н. Атландерова, М. М. Поберухин // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – № 3 (99).

77. Кучеренко, Н. Е. Липиды: учеб. пособие для биол. спец. ун-тов / Н. Е. Кучеренко, А. Н. Васильев. – Киев: Вища шк., 1985. – 247 с.

78. Кучеренко, Н. Е. Молекулярные механизмы гормональной регуляции обмена веществ: учеб. пособие для биол. спец. вузов / Н. Е. Кучеренко, Я. Л. Германюк, А. Н. Васильев. – Киев: Вища шк.; Изд-во при Киев. ун-те, 1986. – 246 с.

79. Куш, Е. Д. Укрепление кормовой базы мясного скотоводства и овцеводства в условиях полупустыни на основе возделывания многолетних трав / Е. Д. Куш // Сельскохозяйственный журнал. – 2009. – № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ukreplenie-kormovoy-bazy-myasnogo-skotovodstva-i-ovtsevodstva-v-usloviyah-polupustyni-na-osnove-vozdelyvaniya-mnogoletnih-trav> (дата обращения: 30.05.2020).

80. Лайкам, К.Э., Поголовье сельскохозяйственных животных: кн. 1: Структура поголовья сельскохозяйственных животных / К.Э. Лайкам, А.В. Епихина, А.В. Базаров, Л.В. Субботина [и др.]. – М., 2006. – 447 с.

81. Леонова, М. А. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова, Ю.А. Колосов, А.В. Радюк, Е.М. Бублик [и др.] // Молодой ученый. – 2013. – № 12. – С. 612–614.

82. Липолитические микроорганизмы преджелудков жвачных / Е. И. Коленько, В. П. Шишов, Н. Н. Гуцин, И. А. Долгов // Липидный обмен у сельскохозяйственных животных: сб. докл. – Боровск, 1974. – С. 218 – 226.

83. Лобаева, Т. А. Изучение состава и содержания жирных кислот в фитопрепаратах / Т. А. Лобаева // Вестник РУДН. Серия «Медицина». – 2015. № 2.

84. Логачёв, К. Г. Итоги и перспективы исследования идентификации взаимодействия микроорганизмов рубца жвачных животных / К. Г. Логачёв, Б. С. Нуржанов, А. Ф. Гулиц, И. Ф. Каримов // Животноводство и кормопроизводство. – 2013. – № 79.

85. Лушников, В. П. Проблемы и перспективы овцеводства в Саратовской области / В. П. Лушников, Ю. И. Гальцев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – № 2. – С. 33–35.

86. Лысова, Е. А. Использование короткоцепочечных жирных кислот в заменителях молока при выращивании ягнят / Е. А. Лысова // Актуальные проблемы биологии в животноводстве / материалы 2-й Междунар. конф., 5–8 сент. 1995 г. – Боровск: ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных ВiFiP, 1997. – С. 155–156.

87. Макарова, С. Г. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты классов ω -3 и ω -6 как эссенциальный нутриент в разные периоды детства / С. Г. Макарова, Е. А. Вишнёва // ПФ. – 2013. – № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dlinnotsepochechnye-polinenasyschennye-zhimye-kisloty-klassev-3-i-6-kak-essentsialnyy-nutrient-v-raznye-periody-detstva> (дата обращения: 24.05.2020).

88. Макарова, С. Г. Современные представления о влиянии длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот на развитие нервной системы у детей / С. Г. Макарова, Е. А. Вишнёва // ВСП. – 2015. – № 1.

89. Малышева, Е. С. Оценка качественных характеристик баранины / Е. С. Малышева, Н. М. Бессонова // Вестник АГАУ. – 2016. – № 4 (138). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestvennyh-harakteristik-baraniny> (дата обращения: 30.05.2020).

90. Мамонтова, Т. В. Генетические маркеры в селекции животных: опыт и перспективы / Т. В. Мамонтова, М. М. Айбазов // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 9.

91. Марков, А. К. Основные направления повышения экономической эффективности интенсификации животноводства в современных условиях / А. К. Марков // International scientific review. – 2020. – LXX.

92. Марутянц, Н. Г. Метаболиты белкового обмена в крови молодняка разных вариантов подбора / Н. Г. Марутянц // Сельскохозяйственный журнал.

– 2006. – № 2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metabolity-belkovogo-obmena-v-krovi-molodnyaka-raznyh-variantov-podbora> (дата обращения: 30.05.2020).

93. Матюков, В. С. О генетических особенностях и селекционной ценности местного скота (на примере холмогорской породы) / В. С. Матюков, Ю. О. Тырина, Ю. Кантанен, Ю. А. Столповский // Сельхозбиология. – 2013. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-geneticheskikh-osobennostyah-i-seleksionnoy-tsennosti-mestnogo-skota-na-primere-holmogorskoj-porody> (дата обращения: 30.05.2020).

94. Мезенцев, С. В. Изменение состава жирных кислот пищевых куриных яиц при хранении / С. В. Мезенцев // Вестник АГАУ. – 2015. – № 10.

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

96. Методика оценки мясной продуктивности овец. – Ставрополь: СНИИЖК, 2009. – 36 с.

97. Мирошникова, М. С. Основные представители микробиома рубца (обзор) / М. С. Мирошникова // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – № 4.

98. Момот, Т. В. Модификация жирнокислотного состава мембран эритроцитов при интоксикации ацетоном / Т. В. Момот, Н. Ф. Кушнерова, Ю. А. Рахманин // Гигиена и санитария. – 2016. – № 8.

99. Мороз, В. А. Некоторые итоги и перспективы использования методов генетического анализа в селекции сельскохозяйственных животных / В. А. Мороз, Л. Н. Чижова, М. В. Егоров // Овцы, козы, племенное дело. – 1998. – № 3. – С. 17–19.

100. Мороз, В. А. Новая тонкорунная порода овец – кулундинская / В. А. Мороз, С. Г. Катаманов, Ю. Г. Котоманов [и др.]. // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2008. – № 3. – С. 6–9.

101. Морозов, Н. М. Факторы и условия повышения эффективности производства продукции животноводства / Н. М. Морозов // Техника и технологии в животноводстве. – 2017. – № 2 (26).

102. Мухадов, Г. М. Липидный обмен у каракульских овец в постнатальном онтогенезе / Г. М. Мухадов, Т. В. Федичкина // Бюлл. ВНИИФБиП с.-х. животных. – Боровск, 1978. – Вып. 5. – С. 60–61.

103. Мухадов, Г. М. Азотистый и липидный обмен у каракульских овец / Г. М. Мухадов. – М., 1985. – С. 248.

104. Негреева, А. Н. Биологическая полноценность мяса у чистопородных и помесных баранчиков / А.Н. Негреева, А.Ч. Гаглоев // ТППП АПК. – 2019. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskaya-polno-tsennost-myasa-u-chistoporodnyh-i-pomesnyh-baranchikov> (дата обращения: 30.05.2020).

105. Нечипоренко, А. П. Оптические свойства липидов животного происхождения / А. П. Нечипоренко, О. С. Везо, Л. В. Плотникова [и др.] // НИУ ИТМО. – 2018. – № 3.

106. Оразова, С. Б. Изучение жирнокислотного состава и антимикробной активности суммарных экстрактов липидов зеленых микроводорослей / С.Б. Оразова, Т.А. Карпенюк, К.О. Шарипов, Б.Б. Азимханова, А.В. Гончарова // Вестник КазНМУ. – 2017. – № 3.

107. Отраслевая целевая программа «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012–2014 гг. и на плановый период до 2020 года». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902300599?marker=6560Ю>.

108. Пихтирева, А. В. Аминокислотный состав мяса овец / А. В. Пихтирева // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2016. – № 3 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aminokislotnyy-sostav-myasa-ovets> (дата обращения: 30.05.2020).

110. Разумеев, К. Э. Современное состояние и динамика производства и переработки шерсти в мире / К. Э. Разумеев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 4. – С. 30–34.

111. Ромахова, В. Ю. Особенности липидного обмена и формирование мясной продуктивности у овец разного генотипа: Автореф. ... канд. биол. наук / Ромахова Вера Юрьевна. – М., 2016. – 24 с.

112. Селионова, М. И. Перспективы использования геномных технологий в селекции овец (Аналитический обзор) / М. И. Селионова, М. М. Айбазов, Т. В. Мамонтова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 3, № 7. – С. 107–112.

113. Селькин, И. И. Верхнестепновский заводской тип овец северокавказской породы / И. И. Селькин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 1998. – № 3. – С. 17–19.

114. Сермягин, А. А. Полногеномный анализ ассоциаций с продуктивными и репродуктивными признаками у молочного скота в российской популяции голштинской породы / А.А. Сермягин, Е.А. Гладырь, С.Н. Харитонов, А.Н. Ермилов [и др.] // Сельхозбиология. – 2016. – № 2.

115. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики: Методические рекомендации / Л. Н. Чижова, Г. Т. Бобрышова, Е. С. Суржикова, Н. И. Ефимова, Т. Н. Михайленко, М. И. Селионова, А. К. Михайленко, А. А. Оздимиров, Е. Д. Луцива, Д. Д. Петухова, Т. Ю. Саприкина, А. В. Суховеева, А. И. Чудновец, В. Г. Евлагин / ВНИИОК. – Ставрополь, 2020. – 97 с.

116. Стеклова, Т. Н. Особенности зонального размещения овцеводства в Ставропольском крае / Т.Н. Стеклова, А.Н. Стеклов // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-zonalnogo-razmescheniya-ovtsevodstva-v-stavropolskom-krae> (дата обращения: 25.05.2020).

117. Столповский, Ю. А. Полиморфизм молекулярно-генетических маркеров у овец романовской породы / Ю. А. Столповский, А. В. Лапшин, Н. В. Кол, Г. Е. Сулимова, В. И. Глазко // Известия ТСХА. – 2008. – № 2.
118. Таракулов, Я. Х. Роль липидов мембран в реализации эффекта гормонов / Я. Х. Таракулов, Т. С. Саатов // Биохимия липидов и их роль в обмене веществ: сб. ст. – М.: Наука, 1981. – С. 139–146.
119. Тимошенко, Н. К. Конкурентоспособность шерсти / Н. К. Тимошенко // Сельскохозяйственный журнал. – 2004. – № 2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentosposobnost-shersti> (дата обращения: 05.06.2020).
120. Тимошенко, Н. К. О состоянии производства и потребления шерсти в стране / Н. К. Тимошенко // Сельскохозяйственный журнал. – 2006. – № 2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sostoyanii-proizvodstva-i-potrebleniya-shersti-v-strane> (дата обращения: 05.06.2020).
121. Титов, В. Н. Клиническая биохимия жирных кислот, липидов и липопротеинов / В. Н. Титов. – Москва – Тверь: Изд-во «Триада», 2008. – 272 с.
122. Ткачёва, Н. И. Хроматографическое определение содержания жирных кислот в различных биологических средах при атеросклеротических повреждениях / Н.И. Ткачёва, С.Б. Морозов, Е.М. Стахнёва, Б.С. Шрамко, Ю.И. Рагино // Атеросклероз и дислипидемии. – 2017. – № 1.
123. Трухачёв, В. И. О генетическом потенциале мериносов Ставрополя / В. И. Трухачёв, В. А. Мороз, М. И. Селионова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 4. – С. 2–4.
124. Трухачёв, В. И. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I: миостатин, кальпаин, кальпаастатин / В. И. Трухачёв, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.-М.М. Айбазов // Сельхозбиология. – 2018. – № 6.
125. Украинцева, И. В. Влияние государственной поддержки на развитие отрасли овцеводства // Концепт. – 2019. – № 1.

126. Ульянов, А. Н. Перспективы развития мясного направления в овцеводстве России / А. Я. Куликова // Овцы, козы, шерстяное дело – 2003. – № 1. – С. 14–19.

127. 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.

128. Ульянов, А. Н. Стратегические проблемы развития овцеводства России / А. Н. Ульянов, А. Я. Куликова // Сельскохозяйственный журнал. – 2013. – № 6-1.

129. Ульянов, А. Н. Создание племенной базы мясо-шерстного и мясного овцеводства / А. Н. Ульянов, А. Я. Куликова, Л. Г. Горковенко // Сб. науч. тр. Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2017. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-plemennoy-bazy-myaso-sherstnogo-i-myasnogo-ovtsevodstva> (дата обращения: 25.05.2020).

130. ФАОСТАТ. Статистический отдел. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Статистическая база данных в области продовольствия и сельского хозяйства. – Режим доступа: <http://www.faostat.org>.

131. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/# (дата обращения 27.05.2020)

132. Филиппова, О. Б. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси / О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко, Н.И. Маслова // Техника и технологии в животноводстве. – 2017. – № 4 (28).

133. Харзинова, В. Р. Популяционно-генетическая характеристика домашнего северного оленя в Республике Якутия на основании полногеномного SNP-анализа / В.Р. Харзинова, А.В. Доцев, А.Д. Соловьева, В.И. Федоров [и др.] // Сельхозбиология. – 2017. – № 4. URL: <https://>

cyberleninka.ru/article/n/populyatsionno-geneticheskaya-harakteristika-domashnego-severnogo-olenya-v-respublike-yakutiya-na-osnovanii-polnogenomnogo-snp (дата обращения: 30.05.2020).

134. Хататаев, С. А. Овцеводство России и его племенная база / С.А. Хататаев, Л.Н. Григорян // Сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ovtsevodstvo-rossii-i-ego-plemennaya-baza> (дата обращения: 05.06.2020).

135. Хататаев, С. А. Повышение эффективности селекции разводимых пород овец в Российской Федерации по продуктивным и биологическим качествам: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.01 / Хататаев Салауди Абдулхаджиевич. – п. Лесные поляны, 2009. – 44 с.

136. Холманов, А. М. Численность овец и производство баранины в мире / А. М. Холманов, С. А. Данкверт, О. Ю. Осадчая // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 4. – С. 15–20.

137. Храброва, Л. А. Прогресс ДНК-технологий в коневодстве / Л. А. Храброва, Е. И. Алексеева // Известия СПбГАУ. – 2015. – № 39.

138. Цынгуева, В.В. Особенности развития овцеводства в России и в мире / В.В. Цынгуева // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2015. – № 1. – С. 117–121.

139. Чернобай Е. Н. Теоретические основы и практические результаты совершенствования селекционно-генетических методов повышения продуктивности тонкорунных пород овец Северного Кавказа: дис. ... канд. с.-х. наук / Е. Н. Чернобай. – Ставрополь, 2019.

140. Чижова, Л. Н. Иммунологическая реактивность ягнят разных генотипов ставропольской породы / Л. Н. Чижова, Е. С. Суржикова, Е. Д. Луцива // Научные основы повышения продуктивности и здоровья сельскохозяйственных животных: сб. материалов междунар. науч.-практич. конф. / Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – № 1. – Т. 9. – С. 72–75.

141. Чижова Л.Н. Жирнокислотный состав липидов мышечной ткани молодняка овец разных аллельных вариантов гена CAST / Чижова Л.Н., Карпова Е.Д., Суржикова Е.С., Забелина М.В. // Овцы, козы, шерстяное дело – 2021. – №2.

142. Чижова Л.Н. Полиморфизм генов GH и CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Чижова Л.Н., Карпова Е.Д., Суржикова Е.С., Забелина М.В. // Овцы, козы, шерстяное дело – 2021. – №2.

143. Чижова, Л. Н. Полиморфизм гена GH, особенности жирнокислотного состава крови овец разных генотипов в онтогенезе / Л. Н. Чижова, Е. С. Суржикова, А. К. Михайленко, Е. Д. Луцива, Н. И. Ефимова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 5. – С. 111–116.

144. Чижова, Л. Н. Полиморфизм гена CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Л. Н. Чижова, Е. С. Суржикова, Е. Д. Луцива, Н. И. Ефимова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С. 47–53.

145. Чижова, Л. Н. Полиморфизм генов GH, CAST у овец в связи с показателями резистентности / Л. Н. Чижова, Е. С. Суржикова, М. В. Забелина, Е. Д. Луцива, Н. И. Ефимова // Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – 2020. – № 12. – С. 75–77.

146. Шайдуллин, И. Н. Пути увеличения производства баранины / И. Н. Шайдуллин, А. А. Щербаков // Главный зоотехник. – 2005. – № 7. – С. 56–58.

147. Шайдуллин, И. Н. Современное овцеводство Великобритании / И. Н. Шайдуллин, А. И. Куликов // Сельскохозяйственный журнал. – 2007. – № 3-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-ovtsevodstvo-velikobritanii> (дата обращения: 05.06.2020).

148. Шарипов, А. А. Молекулярно-генетические аспекты селекции мясного скота по мраморности мяса / А.А. Шарипов, Ш.К. Шакиров, Ю.Р. Юльметьева, Л.И. Гафурова // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 2. – С. 59–64.

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

150. Шнайдер, Н. А. Липидный обмен: введение / Н. А. Шнайдер, Е. А. Шаповалова // Вестник КБ № 51. – 2008. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lipidnyy-obmen-vvedenie> (дата обращения: 24.05.2020).

151. Шульга, С. М. Биосинтез липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis* / С. М. Шульга, А. Ф. Ткаченко, Н. Е. Бейко, А. И. Хоменко, А. С. Андрияш // Biotechnol. acta. – 2010. – № 3.

152. Шумаенко, С. Н. Эффективность линейного разведения в хозяйствах-оригинаторах породы российский мясной меринос // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. С. 59–65.

153. Эйдригевич, Е. В. Интерьер сельскохозяйственных животных / Е. В. Эйдригевич, В. В. Раевская. – М.: Колос, 1966. – 108 с.

154. Юсупов, Ш. Я. Некоторые элементы технологии выращивания ягнят / Ш. Я. Юсупов // Овцы, козы, шерстяное дело. – № 1. – 2006. – С. 4–9.

155. Яблуновский, М. Ю. Целенаправленная селекция – основа повышения продуктивности овец / М. Ю. Яблуновский, Н. А. Усчеев, Н. К. Надбитов, М. С. Зулаев // Вестник ИКИАТ. – 2012. – № 2 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselenapravlyennaya-selektsiya-osnova-povysheniya-produktivnosti-ovets> (дата обращения: 30.05.2020).

156. Яковлев, А. Ф. ДНК-технологии в селекции сельскохозяйственных животных / А. Ф. Яковлев, М. Г. Смарагдов, В. С. Матюков // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8.

157. Янович, В. Г. Обмен липидов у животных в онтогенезе / В. Г. Янович, П. З. Лагодюк. – М.: Агропромиздат, 1991. – 316 с.
158. Яшина, М.Л. Здоровое питание населения России: реалии и перспективы [Электронный ресурс] / М.Л. Яшина // Экономические исследования. – 2013. – № 4.
159. Ajmone-Marsan, P. Genetic distances within and across cattle breeds as indicated by biallelic AFLP markers / P. Ajmone-Marsan, R. Negrini, E. Milanesi, R. Bozzi, I.J. Nijman [et al.] // *Animal Genetics*. – 2002. – Vol. 33. – P. 280–286.
160. Akey, J.M. Interrogating a high-density SNP map for signatures of natural selection / J.M. Akey, G. Zhang, K. Zhang, L. Jin, M.D. Shriver // *Genome Research*. – 2002. – Vol. 12(12). – P. 1805–1814.
161. AL-Khuzai, H.M. Relationship of POU1F1 gene polymorphism with some of economical traits in Iraqi awassi ewes / H.M. AL-Khuzai, N.N. AL-Anbari // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. – 2018. – № 6 (2). – P. 2082–2085.
162. Andersson, L. Genetic dissection of phenotypic diversity in farm animals. *Nature reviews* / L. Andersson // *Genetics*. – 2001. – № 2. – P. 130–138.
163. Baumung, R. Genetic diversity studies in farm animals – a survey / R. Baumung, H. Simianer, I. Hoffmann // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. – 2004. – Vol. 121. – P. 361–373.
164. Beaumont, M.A. Identifying adaptive genetic divergence among populations from genome scans / M.A. Beaumont, D. J. Balding // *Molecular Ecology*. – 2004. – Vol. 13(4). – P. 969–980.
165. Beja-Pereira, A. Genetic characterization of southwestern European bovine breeds: a historical and biogeographical reassessment with a set of 16 microsatellites / A. Beja-Pereira, P. Alexandrino, I. Bessa, Y. Carretero, S. Dunner [et al.] // *Journal of Heredit*. – 2003. – Vol. 94. – P. 243–250.

166. Bolormaa, S. Non-additive genetic variation in growth, carcass and fertility traits of beef cattle / S. Bolormaa, J.E. Pryce, Y. Zhang, A. Reverter, W. Barendse [et al.] // *Genetics Selection Evolution*. – 2015. – Vol. 47.

167. Bruford, M.W. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication / M.W. Bruford, D. G. Bradley, G. Luikart // *Nature Reviews Genetics*. – 2003. – Vol. 4. – P. 900–910.

168. Campbell, D. Generic scan using AFLP markers as a means to assess the role of directional selection in the divergence of sympatric whitefish ecotypes / D. Campbell, L. Bernatchez // *Molecular Biology and Evolution*. – 2004. – Vol. 21 (5). P. 945–956.

169. Chalupa, W. A model to describe ruminal metabolism and intestinal digestion of fatty acids / W. Chalupa, P. Moate, R. Boston // *Proceedings of the 50th Maryland Conference for Feed Manufacturers*. – Maryland, 2003. – P. 79–105.

170. Ciepłoch, A. Genetic disorders in beef cattle: a review / A. Ciepłoch et al. // *Genes Genomics*. – 2017. – Vol. 39. – № 5. – P. 461–471.

171. Corva, P.M. Association of CAPN1 and CAST gene polymorphisms with meat tenderness in *Bos taurus* beef cattle from Argentina / P.M. Corva, L. Soria, A. Schor, E. Villarreal, M.P. Cenci [et al.] // *Genet. Mol. Biol.* – 2007. Vol. 30 – P. 1064–1069.

172. Davey, J.W. Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing / J.W. Davey, P.A. Hohenlohe, P.D. Etter, J.Q. Boone [et al.] // *Nature Reviews Genetics*. – 2011. – V. 12. – № 7. – P. 499–510.

173. Dayton, V.P. Muscle tissue growth in beef cattle / V.P. Dayton, M.P. Hathaway // *34th International Congress on Science and Technology of the Meat Industry*. – 1989. – P. 21–31.

174. De, S. Detection of quantitative trait loci for marbling and backfat in Wagyu×Limousin F2 crosses using a candidate gene approach / S. De, M.D. MacNeil, X.L. Wu [et al.] // *Amer. Soc. Anim. Sci.* – 2004. – V. 55. – P. 95–98.

175. Deniskova, T. E. Validation of the SNP panel for parentage assignment in local Russian sheep breeds / T.E. Deniskova, A.V. Dotsev, E.A. Gladyr', A.A. domestication / M.W. Bruford, D. G. Bradley, G. Luikart // *Nature Reviews Sermyagin, V.A. Bagirov [et al.] // Agricultural Biology.* – 2015. – № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/validation-of-the-snp-panel-for-parentage-assignment-in-local-russian-sheep-breeds> (дата обращения: 30.05.2020).

176. Dominik, S. Factors influencing the efficiency of a markerassisted 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.

177. Dubovskova, M.P. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls / MP. Dubovskova, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, A.K. Mikhailenko, M.A. Dolgashova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2019. – Vol. 341(1). – Article 012052.

178. Eftekhari Shahroudi, F.E. Genetic polymorphism at MTR1A, CAST and CAPN loci in Iranian Karakul sheep / F.E. Eftekhari Shahroudi, M.R. Nassiry, R. Valizadh, A.H. Moussavi [et al.] // *Iran J. Biotechnol.* – 2006; 4. – P. 117–122.

179. Evrony, G.D. Single-neuron sequencing analysis of 11 retrotransposition and somatic mutation in the human brain / G.D. Evrony, X. Cai, E. Lee [et al.] // *Cell* 2012. – V. 151. – № 3. – P. 483–496.

180. Freeman, A.R. Combination of multiple microsatellite data sets to investigate genetic diversity and admixture of domestic cattle / A.R. Freeman, D.G. Bradley, S. Nagda, J.P. Gibson // *Animal Genetics.* – 2006. – Vol. 37. – P. 1–9.

181. Garton, G. A. Effect of diet and rumen development on the composition of adipose tissue triglycerides of the calf / G. A. Garton, W. R. H. Duncan // *Brit J. Nutr.* – 1969. – P. 421.

182. Goddard, M. E. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes / M.E. Goddard, B. J. Hayes // *Nature Reviews Genetics*. – 2009. – № 10. – P. 381–391.

183. Gorlov, I.F. CAST / MspI gene polymorphism and its impact on growth traits of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the South European part of Russia / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, A.V. Randelin, V.N. Voronkova, N.I. Mosolova [et al.] // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. – 2016. – T. 40, № 4. – P. 399–405.

184. Gorlov, I.F. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina [et al.] // *Small Ruminant Research*. – 2017. – T. 150. – P. 11–14.

185. Hadeif, A. Biochemical markers of peripartum nutritional status in postpartum anoestrous ewes grazing natural pasture in north eastern Algeria / A. Hadeif, K. Miroud, R. Kaidi // *Annals of Biological Research*. – 2014. – № 5(9). – P. 31–37.

186. Hajihosseino, A. Effect of GH gene polymorphisms on biometric traits in Makooeish sheep / A. Hajihosseino, A. Semsarnejad, E. Abollow [et al.] // *Ann. Biol. Res*. – 2013. – 4(6). – P. 351–355.

187. Hanson, R. W. The citrate cleavage pathway and lipogenesis in the foetal and adult ruminant / R. W. Hanson, F. J. Ballard // *Feder. Proc*. – 1968. – P. 154.

188. Hanson, R. W. The relative significance of acetate and glucose as precursors for lipid synthesis in liver and adipose from ruminants / R. W. Hanson, R. J. Ballard // *Biochem. J*. – 1967. – 529 p. – P. 105.

189. Hayes, B. J. A novel multilocus measure of linkage disequilibrium to estimate past effective population size / B. J. Hayes, P.M. Visscher, H.C. McPartlan, M.E. Goddard // *Genome Research*. – 2003. – Vol. 13. – P. 635–643.

190. Kolosov, Yu. A. Polymorphism of the GDF9 Gene in Russian Sheep Breeds / Yu. A. Kolosov, L. V. Getmantseva, N. V. Shirockova [et al.] // *Cytol. & Histol.* 2015. 6: 305. DOI: 10.4172/2157 7099.1000305.
191. Kolosov, Yu. A. Biotechnological methods for studying the growth hormone polymorphism gene / Yu. A. Kolosov, N. V. Kobylatsky, P. S. Shirokova, L. V. Getmantseva, N. F. Bakoev // *Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2017. – Vol. 2, № 42. – P. 82–86.
192. Koochmaraie, M. The role of Ca_2^+ -dependent proteases (calpains) in postmortem proteolysis and meat tenderness / M. Koochmaraie // *Biochimie.* – 1992. – Vol. 74. – № 3. – P. 239–245.
193. Lan, L. Combined expression trait correlations and expression quantitative trait locus mapping / L. Lan, M. Chen, J.B. Flowers, B.S. Yandell, D.S. Stapleton [et al.] // *PLoS Genetics.* – 2006. – Vol. 2. – P. 51–61.
194. Larson, B.A. Serum growth hormone and prolactin during and after the development of the obese-hyperglycemic syndrome in mice / B. A. Larson, Y. N. Sinha, W.P. Vanderlaan // *Endocrinology.* – 1976. – 98. – P. 139–145.
195. Luikart, G. The power and promise of population genomics: from genotyping to genome typing / G. Luikart, P.R. England, D. Tallmon, S. Jordan, P. Taberlet // *Nature Reviews Genetics.* – 2003. – Vol. 4. – P. 981–994.
196. Matukumalli, L.K Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle / L.K Matukumalli, C.T. Lawley, R.D. Schnabel, J.F. Taylor, M.F. Allan, M.P. Heaton [et al.] // *PLoS ONE.* 2009. № 4(4): doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005350>
197. McRae, A.F. Mapping of multiple quantitative trait loci for growth and carcass traits in a complex commercial sheep pedigree / A.F McRae., S.C. Bishop, G.A. Walling, A.D. Wilson, P.M. Visscher // *Anim. Sci.* – 2005. № 80(2). – P. 135–141. doi: 10.1079/ASC41040135.

198. Meena, A. S. Polymorphism of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep / A. S. Meena, R. S. Bhatt, A. Sahoo, S. Kumar // *Indian J. Anim. Res.* 2017. – 51 (3). – P. 469–473.
199. Mortimer, S. I. Genetic parameters for meat quality traits of Australian lamb meat / S.I. Mortimer, J.H.J. Werf, R.H. Jacob, D.L. Hopkins [et al.] // *Meat Sci.* – 2014. – 96(2): 1016–1024. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.09.007.
200. Nassiry, M.R. Calpastatin polymorphism and its association with daily gain in Kurdi sheep / M.R. Nassiry, M. Tahmoorespour, A. Javadmanesh, M. Soltani, F.S. Foroutani // *Iran J. Biotechnol.* – 2006; 4. – P. 188–192.
- postmortem proteolysis and meat tenderness / M. Koochmaraie // *Biochimie.* –
201. Palmer, B.R., Rapid communication: PCR-RFLP for MspI and NcoI in the ovine calpastatin gene /, B.R. Palmer, N. Roberts, J.G. Hickford, R. Bickerstaffe // *J. Anim. Sci.* – 1998; 76(5). – P. 1499–1500.
202. Palmer, B.R. Marker-assisted selection for meat quality and the ovine calpastatin gene / B.R. Palmer, J.D. Morton, N. Roberts, M.A. Ilian, R. Bickerstaffe // *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* – 1999. – V. 59. – P. 266–268.
203. Peakall, R. GenA1Ex 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update / R. Peakall, P.E. Smouse // *Bioinformatics.* – 2012. – № 28. – P. 2537–2539.
204. Piper, L. R. Effect of ovine growth hormone transgenesis on performance of Merino sheep at pasture. Growth and wool traits to 12 months of age / L. R. Piper, A. M. Bell, K. A. Ward, B. W. Brown // *Proc. Assoc. Adv. Anim. Breed. Gen.* – 2001; 14: 257–260.
205. Pospiech, M. Microscopic methods in food analysis / M. Pospiech, Z. Rezacova-Lukaskova, B. Tremlova, Z. Randulova, P. Bartl // *Maso international, Brno.* – 2011. – Vol. 1. – P. 27–34.

206. Roh, S.-G. Control of adipogenesis in ruminants / S.-G. Roh, D. Hishikawa, Y.-H. Hong // *Animal Science Journal*. – 2006. – Vol. 77. – № 5. – P. 472–477.

207. Schenkel, F.S. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle / F.S. Schenkel, S.P. Miller, Z. Jiang, I.B. Mandell, X. Ye [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2006. – V. 84, № 2. – P. 291–299.

208. Seabury, C.M. Genome-wide association study for feed efficiency and growth traits in U.S. beef cattle / C.M. Seabury, D.L. Oldeschulte, M. Saatchi, J.E. Beever, J.E. Decker [et al.] // *BMC Genomics*. – 2017. – Vol. 18. – P. 386–396.

209. Selionova, M. I. Features of gene polymorphism of growth hormone (GH), calpain (CAPN1) of beef herd sire / M. I. Selionova, L. N. Chizhova, M. P. Dubovskova, E. S. Surzhikova, L. V. Kononova, G. N. Sharko // *Bull. of Meat Cattle Breeding* – 2017. – Vol. 2. – P. 65–70.

210. Shakirov, S. K. Molecular and genetic aspects of meat cattle selection by marbling / S. K. Shakirov, R. Yulmetyeva, L. I. Gafurova // *Bull. of Meat Cattle Breed-shirt*. – 2014. – Vol. 2. – P. 59–64.

211. Skorykh, L. Immunogenetic Markers in Selection of Sheep / L. Skorykh, I. Kopylov, N. Efimova, G. Starodubtseva, V. Khainovskii // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2017. – 8(6). – P. 529–534.

212. Soloshenko, V. A. On the possibility of using genetic markers in selection of meat cattle to improve meat quality / V. A. Soloshenko, G. M. Goncharenko, A. A. Dvoryatkin, V. A. Pleshakov // *Bull. of Meat Cattle Breeding*. – 2013. – Vol. 1. – P. 37–40.

213. Sorimachi, H. Molecular cloning of a novel mammalian calcium-dependent protease distinct from both m- and mu-types. Specific expression of the mRNA in skeletal muscle / H. Sorimachi, S. Imajoh-Ohmi, Y. Emori, H. Kawasaki, S. Ohno [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1989. – 264(33). – P. 20106–20111.

214. Stubbe, H. *Über mono- und digger beringte* / H. Stubbe // *Heterosis bei Antierbimem magus und Abstamm – und Vererbungst.* – 1953. – S. 450–478.
215. Suleman, M. *Calpastatin (CAST) gene polymorphism in Kajli, Lohi and Thalli sheep breeds* / M. Suleman // *Afr. J. Biotechnol.* – 2012; 4(47). P. 10655–10660.
216. Sunnucks, P. *Efficient genetic markers for population biology* / P. Sunnucks // *American Journal of Plant Sciences.* – 2001. – Vol. 15. – P. 199–203.
217. Surundaeva, L.G. *Use of DNA markers to define CAPNI gene polymorphism of beef cattle* / L.G. Surundaeva, L.A. Maevskaya, D.B. Kosyan // *Bull. of Meat Cattle Breeding.* – 2012. – Vol. 4. – P. 41–45.
218. Taye, M. *Adaptability and productivity of washera rams and its crosses with farta sheep in south gonder zone of Amhara region, Ethiopia* / M. Taye, A. Yitayew, S. Mekuriaw, A. Bitew // *Online Journal of Animal and Feed Research.* – 2011. – Vol. 1. – № 6. – P. 400–406.
219. Terrile, C.E. *Whattmills need in the U.S.A.* / C.E. Terrile // *The paper of the lat world merino conf., Melbourne, 1982.* – P. 148–151.
220. Thatsher, L.P. *Systems to produce Leaner sheep meat* / L.P. Thatsher // *J. Woll Technology and sheep breeding,* 1984. – Vol. 72. – № 3. – P. 135–139.
221. Trukhachev, V.I. *Genetic markers of sheep meat productivity (ovisariesl.). Report I. Myostatin, Calpain, Calpastatin* / V. I. Trukhachev, M. I. Selionova, A. Ya. Krivoruchko, A. M. Aybazov // *Agricultural Biology.* – 2018. – Vol. 53, – № 6. – P. 1107–1119.
222. Tucher, E.M. *The blood system and its influence on red cells potassium levels in sheep* / E.M. Tucher, J.C. Ellory // *Anim. Blood Jroups Biochem Jenet,* 1970. – Vol. 1. – P. 101–102.
223. VanRaden, P.M. *International genomic evaluation methods for dairy cattle* / P.M. VanRaden, Sullivan P.G. // *Genet. Sel. Evol.* – 2010. – 42: 7. doi: 10.1186/1297-9686-42-7).

224. Wallis, M. Duplicate growth hormone genes in sheep and goat / M. Wallis, A. Lioupis, O.C. Wallis // *Journal of Molecular Endocrinology*. – 1998. – 21(1). – P. 1–5.

225. Walsh, S.T. The high- and low-affinity receptor binding sites of growth hormone are allosterically coupled / S.T. Walsh, J.E. Sylvester, A. Kossiakoff // *PNAS*. – Dec. 7, 2004. – 101 (49): 17078–17083; doi.org/10.1073/pnas.0403336101.

226. Yilmaz O. Polymorphism of the ovine calpastatin gene in some Turkish sheep breeds. *Turk J Vet Anim* 2014. – Sci. 38. – P. 354-357.

227. Yudin, N. S. Molecular Genetic Markers Of Economically Important Traits In Dairy Cattle / N.S. Yudin, M.I. Voevoda // *Russian Journal of Genetics*. – 2015. – T. 51. – № 5. – P. 506–517.

228. Zhang, H.M. Rapid communication: Polymerase chain reaction restriction fragment length polymorphism analysis of the bovine somatotropin gene / H.M. Zhang, D.R. Brown, S.K. DeNise, R.L. Ax // *J. Anim. Sci.* – 1993. – № 71. – P. 2276.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Утверждаю

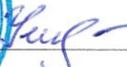
Директор ВНИИОК – филиала
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
Доктор сельскохозяйственных наук

 А.И. Суров
« 15 » октября 2020 г.

Утверждаю

Председатель СПК «Русь»



 И.С. Узденов
« 15 » октября 2020 г.

АКТ

о внедрении законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство

Мы, нижеподписавшиеся, представители Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», и.о. заместителя директора по научной работе, кандидат с.-х. наук Шумаенко С.Н., заведующий лабораторией иммуногенетики и ДНК-технологий доктор с.-х. наук, профессор Чижова Л.Н., аспирант-соискатель ученой степени кандидата биологических наук (по направлению 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика с.-х. животных) лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Луцива Е.Д., с одной стороны, и представители сельскохозяйственного производственного кооператива колхоза – "Русь" Изобильненского района Ставропольского края главный зоотехник Кратов М.Г., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в период с 2019 по 2020 г. проведена научно-исследовательская работа по теме: «Полиморфизм генов соматотропина, кальпастина и анализ ассоциаций их генотипов с показателями липидного обмена, иммунного статуса, продуктивности овец в онтогенезе». Данная работа является одним из разделов научно-исследовательской работы, осуществляемой в соответствии с Государственным тематическим планом научных исследований ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по теме «Усовершенствовать биотехнологические методы генетического контроля и управления селекционным процессом при создании новых селекционных форм сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, овец, коз, свиней) и разработать технологии их содержания» №0725-2019-0024.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Изучение полиморфизма генов соматотропина (GH) и кальпастина (CAST) ассоциированных с показателями липидного обмена, иммунного статуса, продуктивностью овец ставропольской породы разных генотипов СПК «Русь» Ставропольского края (общее поголовье подопытных животных составило 100 гол.), с использованием утвержденных генетических, зоотехнических методик.

Выполнены исследования жирнокислотного состава плазмы крови, как метаболитов энергетического обмена. Изучена связь генетических профилей

с показателями продуктивности, прослежена динамика живой массы молодняка разных аллельных вариантов; представлены убойные показатели ягнят разных генотипов и рассчитана экономическая эффективность реализации продукции.

От выполненных экспериментальных работ и внедрения их результатов в производство получен следующий эффект:

1. Определена генетическая структура популяции овец ставропольской породы по генам GH и CAST. Выявлено, что число носителей желательных гомозиготных генотипов в генах GH и CAST составило 7% и 6%. Гетерозиготный вариант составил 10% и 23%, нежелательный генотип имел значения 83% и 71%.

2. Установлено, что ягнята с генотипами BB и NN в 240 дней весили в среднем 32,1 и 33,1 кг, тогда как их сверстники с генотипами AA и MM — 30,9 и 30,1 кг. Преимущество на 3,9% и 10% имели носители генотипа BB и NN. Достоверная разница установлена между BB, NN и AB, MN генотипами.

3. Установлено, что интенсивность липидного обмена у ягнят ставропольской породы зависела от генотипа в генах GH и CAST. У гомозиготных GH^{BB} и $CAST^{NN}$ генотипов сумма ненасыщенных жирных кислот в плазме крови была выше, чем у гомозиготных GH^{AA} и $CAST^{MM}$ генотипов. Большой уровень ненасыщенных жирных кислот над насыщенными определил у первых по отношению ко вторым меньшие значения индекса направленности липидного обмена (ИНЛ) — 2,96 и 2,49 против 2,64 и 2,43. Сравнительный анализ величины индекса интенсивности обмена липидов (ИИОЛ) показал, что она оказалась выше у генотипов GH^{BB} и $CAST^{NN}$ на 6,0; 4,6%, чем у носителей генотипа GH^{AA} и $CAST^{MM}$. Значения коэффициента интенсивности метаболизации КЭМ у генотипов GH^{BB} оказался выше на 4,5% в сравнении с генотипом GH^{AA} , у носителей генотипов $CAST^{NN}$ коэффициент интенсивности липидов был больше на 19,3% в сравнении с $CAST^{MM}$ генотипом.

4. Оценивая жирнокислотный состав липидов мышечной ткани, следует отметить, выявленная закономерность нашла отражение в величине индекса насыщенности липидов мышечной ткани генотипа $CAST^{NN}$ показатель был больше на 30,3%, чем у генотипа $CAST^{MM}$. Индекс интенсивности обмена липидов мышечной ткани ягнят свидетельствует о большей его величине у генотипа $CAST^{NN}$, чем у аналогов $CAST^{MM}$ на 31,9%. Значение коэффициента эффективности метаболизации у $CAST^{NN}$ генотипа преобладало на 43,4%, чем у $CAST^{MM}$ генотипа. Все представленные данные на основе ранее вычисленных показателей статистически высокодостоверны.

5. Анализ убойных показателей выявил, что наибольшая предубойная и убойная масса туш была получена от гомозиготных носителей $CAST^{NN}$ генотипа и их превосходство над сверстниками генотипа $CAST^{MM}$ было достоверно и составило: 10,0 и 13,6%. Убойный выход ягнят носителей генотипа $CAST^{NN}$ составил: 46,3% и превосходил по данному показателю сверстников с другой группы $CAST^{MM}$ на 1,5 абсолютных процента.

6. Был проведен анализ морфологического состава туш ярок подопытных групп. Выявлено, что выход мяса мякоти животных группы CAST^{NN} составил 74,8% и превосходил по этому показателю своих сверстниц группы носителей генотипа CAST^{MM} на 2,1 абсолютных процента. Расчет коэффициента мясности показал, что по данному показателю более высокие данные были получены в группе носителей CAST^{NN} генотипа и составил 2,97, в группе животных носителей CAST^{MM} генотипа этот показатель составил 2,67.

7. Для определения мясных качеств, были отобраны ярки генотипа CAST^{NN} и CAST^{MM}. Животные генотипа GH^{AA} и GH^{BB} были реализованы в живом виде. Условная рентабельность животных с генотипом GH^{BB} выше на 4,1 абс. проц. по сравнению со сверстниками носителями нежелательного AA-генотипа. Что касается эффективности разведения ярок ставропольской породы генотипов гена CAST, максимальная рентабельность среди всех опытных групп, установлена от ярок с генотипом CAST^{NN}, составившая всего 15,4%.

Предложение по дальнейшему внедрению результатов работы:

В программу селекционно-племенной работы с овцами ставропольской породы следует включать генотипирование по генам соматотропина (GH) и кальпастина (CAST). В селекционные группы отбирать носителей аллелей В и N соответственно в генах кальпастина (CAST) и соматотропина (GH), при этом учитывать, что наиболее ценными для селекции являются животные, в генотипе которых желательные аллели присутствуют в обоих генах в гомозиготном состоянии. Проводить прижизненную оценку мясной продуктивности, качества мяса на основе биохимических интегральных показателей крови в раннем возрасте.

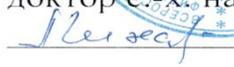
Перспективно направление по разработке регламентов и методик по контролю качественных показателей мясной продуктивности овец на основе ДНК-диагностики.

**Представители
ВНИИОК – филиала ФГБНУ
«Северо-Кавказский ФНАЦ»**

И.о. заместителя директора по научной
работе, кандидат с.-х. наук

 С.Н. Шумаенко

Заведующий лабораторией иммуногенетики
и ДНК-технологий,

доктор с.-х. наук, профессор
 Л.Н. Чижова

Аспирант

 Е.Д. Луцива

**Представители
СПК производственного
кооператива колхоза «Русь»**

Главный зоотехник

 М.Г. Кратов

