

На правах рукописи

БАКОЕВ НЕКРУЗ ФАРХОДОВИЧ

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ПРОДУКТИВНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ ОВЕЦ ТОНКОРУННЫХ ПОРОД**

06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

пос. Персиановский – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном
бюджетном образовательном учреждении высшего образования
«Донской государственной аграрный университет»

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **Колосов Юрий Анатольевич**

Официальные оппоненты: **Моисейкина Людмила Гучаевна**, доктор
биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Калмыцкий государственный университет им.
Б.Б. Городовикова», профессор кафедры
зоотехнии и ветеринарии
Скорых Лариса Николаевна, доктор
биологических наук, доцент, ВНИИОК – филиал
ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный
научный аграрный центр», главный научный
сотрудник отдела овцеводства и козоводства
лаборатории овцеводства с сектором козоводства
и пастушеского собаководства

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский государственный
аграрный университет имени Н.И. Вавилова»
(г. Саратов)

Защита состоится 18 января 2022 г. в 10:00 часов на заседании
диссертационного совета Д 220.028.01, созданного на базе ФГБОУ ВО
«Донской государственной аграрный университет» по адресу: 346493, РФ,
Ростовская область, Октябрьский (с) район, пос. Персиановский, ул.
Кривошлыкова 27, тел./факс 8(86360) 3-61-50.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет»:
<http://www.dongau.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор с.-х. наук, доцент

Третьякова О.Л.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В современных условиях развития нашего государства стоит задача наращивания объёмов сельскохозяйственного производства на основе отечественных инновационных технологий. Это актуально для создания высокотехнологичного и конкурентоспособного агропромышленного комплекса. Для преодоления кризисных явлений в АПК Правительством Российской Федерации принимаются необходимые меры. Согласно Указа Президента №20 от 21.01.2020 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации», с целью решения поставленных задач, требуется совершенствование научно-технической политики в АПК, что отражено в Программе фундаментальных научных исследований на долгосрочный период (2021 - 2030 годы) (от 31 декабря 2020 г. № 3684-р). На ближайшие 10 лет главной целью научно-технологического развития АПК РФ будет являться создание, распространение и применение новейших достижений науки и технологий.

Одной из важных задач животноводческого сектора является повышение качества и количества племенных животных, которые не будут уступать импортному поголовью, а по приоритетным параметрам даже его превосходить (Ю.А. Колосов и др. 2019). Для этого необходимо разрабатывать новые методы селекции, а также приемы технологии ведения различных отраслей животноводства, на основе использования современных информационных и геномных технологий. В данном аспекте перспективным для нужд селекции выглядит привлечение информации о полиморфных локусах ядерной и митохондриальной ДНК, которые могут выступать маркерами для оценки геномного разнообразия пород и племенной ценности животных. ДНК-маркеры также могут применяться для поиска ассоциаций с селекционно-ценными признаками (Г.Е. Сулимова и др., 2011, J.R.S. Meadows et al., 2011; М.А. Елькина и др., 2011). Поэтому тематика диссертационной работы, с учётом указанных тенденций в овцеводстве, является актуальной.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета: «Разработка и внедрение методов молекулярной селекции в животноводстве для повышения эффективности селекционно-племенной работы, создания отечественных конкурентоспособных пород и линий сельскохозяйственных животных» (2015); «Поиск и обоснование репрезентативности молекулярно-генетических маркеров для оценки племенной ценности и генетического разнообразия с.-х. животных (свиней, овец)» (2017). Данные исследования были отражены в гранте президента №14.w01.17.1030-мк от 22 февраля 2017 г.

Степень разработанности темы. Результаты исследований, направленных на изучение молекулярно-генетических маркеров биоразнообразия и продуктивности овец отражены в работах: Н.И. Ефимова и др. (2011), Ю.А. Столоповского и др. (2008), Н.С. Марзанов и др. (2010), Е.Ю. Телегиной и др. (2012), Н.В. Широковой и др. (2013), Ю.А. Юлдашбаева и др. (2013), М.И. Селионовой и др. (2017), Ю.А. Колосова др. (2017), А.В. Доцева и др. (2017), Т.Е. Денисковой и др. (2017), В.И. Трухачева и др. (2018), Яцык О.А. и др. (2018), А.Я. Куликовой др. (2003), Л.А. Калашниковой и др. (2000), С.А. Хататаева и др. (2006), В. Г. Двалишвили и др. (2009), М.Б. Павлова и др. (2013), Л. Н. Чижовой и др. (2009) и др. Исследования молекулярно-генетического разнообразия и его взаимосвязи с селекционными признаками овец, в частности тонкорунных пород, ведутся в таких странах как Австралия, Новая Зеландия, Аргентина, Китай и др., которые являются ведущими производителями продукции овцеводства на мировом рынке, в том числе генетических ресурсов. Разработаны общемировые базы данных, основанные на результатах проведённых оценок молекулярно-генетического разнообразия пород и популяций овец, которые постоянно пополняются и уточняются.

Цель и задачи исследования. Целью работы явилось исследование генетической структуры пород овец сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская на наличие маркеров продуктивности в ядерной и митохондриальной ДНК и изучение продуктивных качеств овец при различных аллельных вариантах генов *CAST*, *GH*, *LEP* и *GDF9*, а также их использование в качестве маркеров отбора.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- дать характеристику продуктивности популяции овец сальской породы на современном этапе её совершенствования;
- определить генетическую структуру стада овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская по генам *CAST*, *GH*, *LEP* и *GDF9*;
- оценить продуктивные качества овец сальской породы при различных аллельных вариантах генов *CAST*, *GH* и *LEP*;
- оценить воспроизводительные качества овец волгоградской породы при различных аллельных вариантах гена *GDF9*;
- определить генетическое разнообразие овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская на основе D-петли мтДНК;
- дать экономическую оценку использования генов-маркеров мтДНК для разработки селекционных программ.

Научная новизна работы. Впервые изучены молекулярно-генетические особенности отечественных тонкорунных пород овец по широкому спектру ДНК-маркеров. Проведено исследование полиморфизма генов *GDF9*, *GH*, *CAST* и *LEP* и изучены ассоциативные связи с селекционными признаками овец. Получены данные о нуклеотидной

последовательности фрагмента D-петли мтДНК у племенных овец пород сальская, ставропольская, советский меринос, волгоградская и определено их генетическое разнообразие.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическое значение работы заключается в получении новых данных генетического полиморфизма ядерной и митохондриальной ДНК у овец пород сальская, ставропольская, волгоградская и советский меринос. На основе полученных данных, определены желательные генотипы по генам *GDF9*, *GH*, *CAST* и *LEP*, связанные с показателями мясной и воспроизводительной продуктивности овец, которые могут использоваться для повышения экономической эффективности отрасли. Результаты работы внедрены в ООО «Белозерное» Сальского района Ростовской области и могут служить моделью для их практического применения в селекционно-племенной работе других племенных хозяйств, занимающихся разведением тонкорунных овец.

Методология и методы исследования. Методологической базой для выполнения исследований являлись результаты предыдущих работ отечественных и зарубежных ученых в области зоотехнической науки и научные положения в области генетики, селекции и разведения сельскохозяйственных животных. В основу исследований была положена концепция повышения скорости селекционного процесса и точности оценки племенной ценности овец. Для выполнения работы применяли общепринятые методы: сравнительного анализа, зоотехнические, биологические, статистические. Лабораторные исследования проводили на сертифицированном современном оборудовании лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии ФГБОУ ВО Донского ГАУ и лаборатории молекулярных основ в селекции ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Основные положения, выносимые на защиту.

- генетическая структура овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская по генам *GH*, *CAST*, *LEP*, *GDF9*;
- мясная и шерстная продуктивность овец сальской породы при различных аллельных вариантах генов *CAST*, *GH* и *LEP*;
- воспроизводительные качества овец волгоградской породы при различных аллельных вариантах гена *GDF9*;
- генетическое разнообразие овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская на основе D-петли мтДНК.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность исследований подтверждена, репрезентативными выборками животных, использованными в эксперименте, статистическими методами обработки данных с использованием соответствующих программных пакетов. Экспериментальные данные получены на современном оборудовании. Результаты работы были представлены на конференциях и конкурсах различного уровня, в научных периодических изданиях, индексируемых в наукометрических базах РИНЦ, ВАК, Scopus и Web of Science.

Основные положения диссертации были представлены и обсуждены на международных научно-практических конференциях различного уровня

(2015 - 2019 гг.): «Актуальные проблемы биологии, nano технологий и медицины» (г. Ростов-на-Дону), «Ломоносов» (г. Москва), «Проблемы и перспективы развития овцеводства и козоводства в современных условиях» (г. Москва), «Инновационные разработки молодых ученых – развитие агропромышленного комплекса» (г. Ставрополь), «Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения» (г. Подольск), «Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции» (г. Ростов-на-Дону).

Результаты работы были представлены на международных и всероссийских выставках и форумах: «Молодежный инновационный конвент Ростовской области»; XVIII Агропромышленный форум юга России, конкурс «Инновации в агропромышленном комплексе» – бронзовая медаль; VI Фестиваль науки юга России «Фестиваль науки»; Федеральный акселератор технологических стартапов «GenerationS»; XII Международный биотехнологический Форум-выставка «РосБиоТех-2018» - золотая медаль; Всероссийская агропромышленная выставка «Золотая осень – 2017, 2019» - (золотые медали) за разработку методов оценки племенных и продуктивных качеств овец на основе геномной селекции. Результаты исследований отмечены Министерством инвестиций, промышленности и науки Московской области, а ее автор, в составе творческого коллектива, стал лауреатом ежегодной премии Губернатора Московской области в сфере науки и инноваций для молодых ученых (от 11.09.2020 г. № 267-РГ).

Публикация результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 17 печатных работ, отражающих основное содержание работы, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 5 – в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science, 1 – учебное пособие; 1 патент на изобретение; 2 – компьютерные программы и 2 - базы данных.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 115 страницах компьютерного текста, содержит 36 таблиц и 7 рисунков, включает в себя введение, обзор литературы, материал, методику и результаты исследований, выводы и предложения производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список литературы (насчитывающий 182 источника, в т. ч. 64 зарубежных).

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Диссертационная работа выполнена в период 2014-2020 гг. Исследования проводили на чистопородных овец сальской, волгоградской, советский меринос и ставропольской пород, разводимые в ООО «Белозерное», Ростовской области (сальская порода), СПК Племзавод «Ромашковский», Волгоградской области, (волгоградская порода), племенной репродуктор КРЕСТЬЯНСКОЕ ХОЗЯЙСТВО "ИСАЕВ" Ростовская область, Ремонтненский район, поселок Краснопартизанский (ставропольская и советский меринос). Молекулярно-генетические

исследования проводили на базе лаборатории молекулярно-генетической диагностики и биотехнологии с.-х. животных Донского ГАУ и в лаборатории молекулярных основ селекции ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в соответствии со следующей схемой (рис. 1).

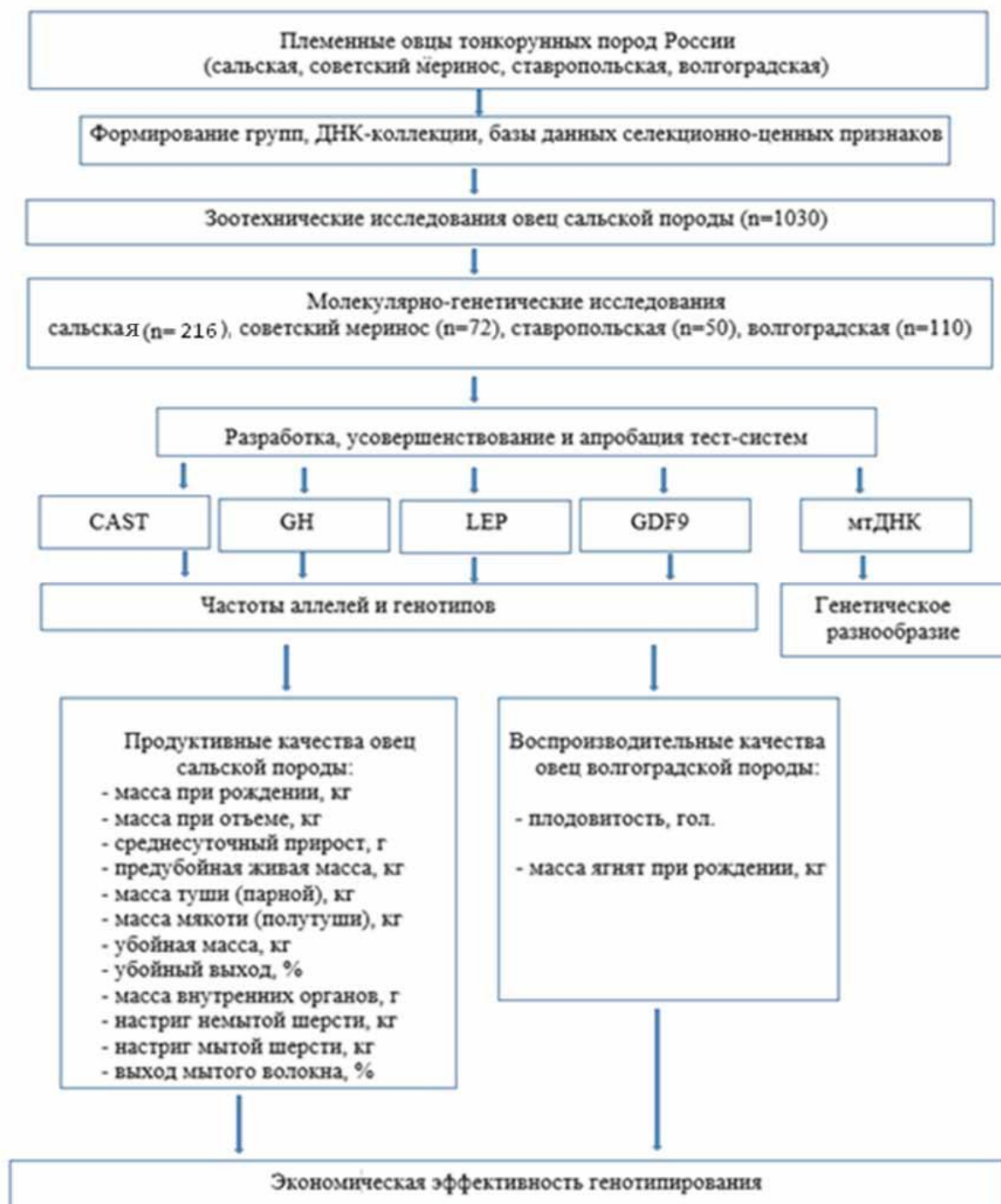


Рисунок 1. Схема исследований

Оценку количественных и качественных показателей продуктивности популяции овец сальской породы (n=1030) проводили в период бонитировки, по данным первичного племенного, зоотехнического и бухгалтерского учёта.

Плодовитость оценивалось по ГОСТ 25955-83, на основании результатов ягнения по количеству полученных ягнят. Расчёты проводили на 100 объягнвившихся маток. Сохранность молодняка рассчитывалась к моменту отбивки в 4-месячном возрасте, как процентное соотношение количества ягнят в этом возрасте к количеству ягнят при рождении. Для оценки роста и развития показателей у овец определяли живую массу при рождении и отъеме в 4 мес. (кг), среднесуточный прирост (г), живую массу ярок и баранчиков в 6,5 мес. и взрослых животных возрастом 2-3 года. Особенности экстерьера оценивали путем взятия промеров основных статей тело и вычисления индексов телосложения по общепринятой методике (Е.Я. Борисенко, 1984).

Мясную продуктивность оценивали по результатам контрольного убоя, который проводилось в девятимесячном возрасте. Учитывали предубойную живую массу (кг), массу туши (парной) (кг), массу мякоти (кг), убойную массу (кг), убойный выход (%), выход мякоти (%), выход костей (%), коэффициент мясности (по методике ВИЖ, 1978).

Для оценки шерстной продуктивности учитывали настриг невымытой шерсти (кг), настриг мытой шерсти (кг), выход мытого волокна (%) по результатам весенней стрижки и лабораторных исследований образцов (ВНИИОК, 1991). Воспроизводительные качества оценивали по количеству ягнят, полученных от овцематок (в том числе двоен) и массе ягнят при рождении за первый и второй окоты. Процент объягнвившихся маток, плодовитость маток на 100 гол. и сохранность ягнят определяли по ГОСТ 25955-83.

Количественные показатели были зарегистрированы в электронной базе данных и обработаны с использованием языка программирования R (пакет psych) (M. Warrens 2008).

Молекулярно-генетические исследования были проведены на биологическом материале, полученном от овец пород сальская (n=216), советский меринос (n=72), ставропольская (n=50) и волгоградская (n=110). Для анализов у животных были отобраны образцы ткани путем ушных выщипов (небольших кусочков кожи). ДНК (как ядерную, так и митохондриальную) выделяли коммерческими наборами ООО «СибЭнзим».

В качестве изучаемых генов были выбраны гормон роста (*GH*), кальпастанин (*CAST*), лептин (*LEP*) и дифференциальный фактор роста 9 (*GDF9*). Анализ проводили методом ПЦР-ПДРФ (полимеразной цепной реакции - полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) на основе протоколов, представленных в литературе с использованием собственных модификаций (табл. 1).

Таблица 1 - Метод определения полиморфизма генов

Ген	Метод	Рестриктаза	Литература
<i>CAST</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>MspI</i>	B.R. Palmer et al., 1998; I.F. Gorlov et al., 2016
<i>GH</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>HaeIII</i>	Amie Marini et al., 2012; I.F. Gorlov et al., 2017
<i>LEP</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>BspACI</i>	H. Zhou et al., 2008; Л.В. Гетманцева и др., 2018
<i>GDF9</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>BstHI</i>	J. Hanrahan et al., 2004; L. Getmantseva et al., 2019

По результатам генотипирования оценили частоты аллелей и генотипов по изучаемым генам. Влияние генотипов генов на продуктивные признаки определили на основе смешанных линейных моделей.

Исследование мтДНК проводили на овцах сальской (n=33), волгоградская (n=29), ставропольской (n=27) и советский меринос (n=12) породы. Для амплификации фрагментов D-петли мтДНК использовали праймеры: OA_D-loop_F GGTCTTGTAACACAGAGAAGGAG; OA_D-loop_R TGGAGTCAGTAGACTCATCTAGG. Визуализацию продуктов ПЦР проводили в 2% агарозном геле с добавлением бромистого этидия. Специфические фрагменты ПЦР выделяли набором «Cleanup Mini» для очистки ДНК из геля (ООО «Евроген», Россия). Секвенирование фрагментов проводили по методу Сэнгера в компания ОАО «Евроген». Последовательности выравнивали на основе референсного варианта Accession NC_001941.1 в программах BioEdit v7.2.6 и MEGA 7. Дополнительно в работе использовали последовательности мтДНК, которые относятся к различным гаплогруппам: DQ852286 (гаплогруппа А); DQ852282 (гаплогруппа В); DQ852284(гаплогруппа С); DQ852288 (гаплогруппа D); DQ852280(гаплогруппа Е). Эти последовательности представлены в международных базах в открытом доступе. Для оценки генетического разнообразия по мтДНК определяли количество гаплотипов (H), гаплотипическое (HD) и нуклеотидное (π) разнообразие, среднее количество нуклеотидных замен на сайт (k) и генетические дистанции между популяциями с использованием программы DnaSP 5.10 (J. Rozas и др. 1995). Расчеты и построение ML (максимального правдоподобия) выполнены с помощью программы MEGA 7.0 (К. Tamura и др. 2013).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Полиморфизм генов *CAST*, *GH*, *LEP* и *GDF9*

у тонкорунных пород овец ЮФО РФ

3.1.1. Полиморфизм гена *CAST* у овец различных пород

Полиморфизм *CAST* определен у овец пород сальская, советский меринос, ставропольская и волгоградская. Два аллельных варианта, N и M, определены во всех изучаемых породах овец (табл. 2).

Таблица 2 - Частота аллелей и генотипов гена *CAST* у овец тонкорунных пород

Порода	n	Частота аллеля		Частота генотипов, %		
		M	N	MM	MN	NN
Сальская	216	0,89	0,11	78,30	21,70	-
Советский меринос	72	0,88	0,12	81,90	12,00	6,10
Ставропольская	50	0,91	0,09	82,30	17,70	-
Волгоградская	110	0,85	0,15	70,30	29,70	-

У овец волгоградской породы частота аллеля N была выше, относительно других пород, и составила 15%. Но, несмотря на это, у них определено два генотипа MM, MN с частотами 70,3 и 29,7%, а генотип NN отсутствовал. У овец пород сальская и ставропольская генотип NN также отсутствовал. Частоты генотипов MM и MN составили у овец сальской породы 78,3 и 21,7%, ставропольской - 82,3 и 17,7 %, соответственно. Три генотипа MM, MN и NN имели только овцы породы советский меринос с частотами 81,9, 12,0 и 6,1, соответственно.

3.1.2. Продуктивные качества овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *CAST*

Тестирование аллельных вариантов гена *CAST* с признаками продуктивности показало, что аллельный вариант N (гетерозиготный генотип MN) у овец сальской породы ассоциируется с большими среднесуточными приростами на 16,3 г и большей массой при отъеме в 4 месяца на 2,61 кг (табл. 3).

Таблица 3 – Живая масса овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *CAST*

Генотипы (n)	При рождении, кг	При отъеме, кг	Среднесуточный прирост, г
MM (n=168)	3,90 ± 0,17	26,19 ± 0,27	185,75 ± 5,79
NM (n=48)	4,00 ± 0,18	28,80 ± 0,28**	202,05 ± 2,01**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Результаты контрольного убоя не выявили достоверных различий между животными генотипов MM и NM по предубойной массе, массе туши, массе мякоти, убойной массе, убойному выходу и массе внутренних органов. Было установлено также, что ассоциации между генотипами гена *CAST* и показателями роста овец сальской породы не влияют на шерстную продуктивность овец.

3.1.3. Полиморфизм гена *GH* у овец пород сальская, советский меринос, ставропольская и волгоградская

В изучаемой выборке овец частота минорного аллеля B находилась в диапазоне 0,26 – 0,30 (табл. 4).

Таблица 4– Частота аллелей и генотипов гена *GH* у овец тонкорунных пород

Порода	n	Частота аллеля		Частота генотипов, %		
		A	B	AA	AB	BB
Сальская	216	0,73	0,27	55,56	34,26	10,19
Советский меринос	72	0,74	0,26	56,94	33,33	9,72
Ставропольская	50	0,70	0,30	50,00	40,00	10,00
Волгоградская	110	0,71	0,29	55,45	30,91	13,64

Во всех породах определены три генотипа АА, АВ и ВВ. Можно отметить, что независимо от породы, наибольшую частоту (выше 50%) имел гомозиготный генотип АА, а наименьшую генотип ВВ.

3.1.4. Продуктивные качества овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *GH*

Гетерозиготный генотип АВ у баранчиков сальской породы оказывает положительное влияние на темпы роста молодняка. Среднесуточный прирост у баранчиков с генотипом АВ был больше на 15,0 и 15,6 г ($p \leq 0,05$), по сравнению со сверстниками с генотипами АА и ВВ.

В результате живая масса баранчиков с генотипом АВ при отъеме превосходила аналогов с генотипами АА и ВВ на 1,70 и 2,18 кг ($p \leq 0,01$) соответственно (табл. 5).

Таблица 5 – Живая масса овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *GH*

Генотипы	При рождении, кг	При отъеме, кг	Среднесуточный прирост, г
АА (n=120)	4,01 ± 0,06	28,43 ± 0,17	203,50 ± 10,32
АВ (n=74)	3,91 ± 0,13	30,13 ± 0,45 ^{d**}	218,50 ± 6,32 ^{d*}
ВВ (n=22)	3,60 ± 0,17	27,95 ± 0,32	202,91 ± 11,17

Примечание: *d* – доминантный эффект ($(AB - (AA+BB)/2)$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Результаты контрольного убоя молодняка сальской породы в год рождения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты контрольного убоя баранчиков при различных аллельных вариантах гена *GH*

Показатели	Генотип		
	АА (n=60)	АВ (n=37)	ВВ (n=11)
Предубойная живая масса, кг	41,95 ± 1,78	46,71 ± 2,85 ^{d*}	41,05 ± 1,54
Масса туши (парной), кг	16,10 ± 1,11	17,92 ± 1,05 ^{d*}	15,76 ± 1,24
Масса мякоти (полутуши), кг	5,24 ± 0,31	5,85 ± 0,75	5,13 ± 0,40
Убойная масса, кг	17,01 ± 0,58	19,52 ± 0,81 ^{d**}	16,58 ± 1,54
Убойный выход, %	40,55	41,79*	40,39

Примечание: *d* – доминантный эффект ($(AB - (AA+BB)/2)$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Как следует из приведённых данных, более высокую мясную продуктивность имели баранчики генотипа АВ. Предубойная живая масса у баранчиков с генотипами АВ была больше на 4,76 и 5,66 кг ($p \leq 0,05$), а масса туши на 1,82 и 2,16 кг ($p \leq 0,05$) соответственно аналогов с генотипами АА и ВВ. Убойная масса и убойный выход у баранчиков генотипа АВ превышали на 2,51 и 2,94 кг ($p \leq 0,01$) или 1,24 и 1,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно данные показатели у баранчиков с генотипами АА и ВВ.

Наличие генотипа АВ у баранчиков связано с большей массой печени на 250,53 и 270,34 г ($p \leq 0,05$) и почек на 75,44 и 92,32 г ($p \leq 0,05$) относительно

генотипов AA и BB соответственно (табл. 7). При оценке настрига шерсти и выхода волокна, различий, связанных с генотипами гена *GH*, определено не было.

Таблица 7 - Масса внутренних органов баранчиков при различных аллельных вариантах гена *GH*

Внутренние органы, г	Генотип		
	AA (n=60)	AB (n=37)	BB (n=11)
Селезенка	115,23 ± 20,81	132,32 ± 30,21	121,20 ± 22,26
Легкие	650,26 ± 32,01	753,86 ± 50,12	650,22 ± 43,26
Сердце	220,57 ± 18,32	245,78 ± 25,54	240,41 ± 17,27
Печень	950,34 ± 50,35	1200,87 ± 89,58 ^{d*}	930,53 ± 61,13
Почки	200,12 ± 24,21	275,56 ± 25,12 ^{d*}	183,24 ± 23,78

Примечание: *d* – доминантный эффект ($AB - (AA+BB)/2$); * $p \leq 0,05$

3.1.5. Полиморфизм гена *LEP* у овец пород сальская, советский меринос, ставропольская и волгоградская

В изучаемой выборке овец аллели А и В представлены частотами в диапазоне 0,37 – 0,44 и 0,56 – 0,63 соответственно (табл. 8). Во всех породах определены три генотипа AA, AB и BB.

Таблица 8 – Частота аллелей и генотипов гена *LEP* у овец тонкорунных пород

Порода	n	Частота аллеля		Частота генотипов, %		
		A	B	AA	AB	BB
Сальская	216	0,37	0,63	8,33	57,41	34,26
Советский меринос	72	0,40	0,60	8,33	62,50	29,17
Ставропольская	50	0,38	0,62	8,00	60,00	32,00
Волгоградская	110	0,44	0,56	12,73	62,73	24,54

3.1.6. Продуктивные качества овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *LEP*

Масса при рождении у баранчиков с генотипами AA и AB, относительно аналогов с генотипом BB, была больше в среднем на 0,3 кг ($p \leq 0,05$) (табл. 9). При отъеме баранчики с генотипами AA и AB превосходили аналогов с генотипом BB на 2,47 и 1,88 кг ($p \leq 0,01$), соответственно.

Таблица 9 – Динамика живой массы овец сальской породы при различных аллельных вариантах гена *LEP*

Генотипы	При рождении, кг	При отъеме, кг	Среднесуточный прирост, г
AA (n=18)	3,92 ± 0,06 ^{a*}	29,58 ± 0,45 ^{a*}	214,85 ± 8,65
AB (n=124)	4,10 ± 0,13 ^{d*}	30,22 ± 0,58 ^{d*}	217,60 ± 10,32
BB (n=74)	3,60 ± 0,14	27,11 ± 0,31	194,91 ± 12,17

Примечание: *a* – аддитивный эффект ($AA-BB$); *d* – доминантный эффект ($AB - (AA+BB)/2$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Предубойная живая масса у баранчиков с генотипом АА была больше на 5,34 ($p \leq 0,05$) по сравнению с баранчиками с генотипом ВВ (табл.10).

Таблица 10 – Результаты контрольного убоя баранчиков при различных аллельных вариантах гена *LEP*

Показатели	Генотип		
	АА (n=9)	АВ (n=62)	ВВ (n=37)
Предубойная живая масса, кг	46,35 ± 2,18 ^{a*}	46,71 ± 1,95	41,01 ± 1,74
Масса туши (парной), кг	18,81 ± 1,11 ^{a*}	17,68 ± 1,05	16,01 ± 0,95
Масса мякоти (полутуши), кг	5,64 ± 0,48	5,75 ± 0,55	5,27 ± 0,78
Убойная масса, кг	19,01 ± 0,88 ^{a*}	19,42 ± 1,05	16,53 ± 0,73
Убойный выход, %	41,55	40,98	40,47

Примечание: а- аддитивный эффект (АА-ВВ); * $p \leq 0,05$

Также от баранчиков с генотипом АА были получены большая масса туши на 2,80 кг ($p \leq 0,05$) и убойная масса на 2,48 кг ($p \leq 0,01$), относительно аналогов с генотипом ВВ. Оценка массы внутренних органов и признаков шерстной продуктивности не показало достоверных различий, связанных с генотипами гена *LEP*.

3.1.7. Полиморфизм гена *GDF9* у овец пород сальская, советский меринос, ставропольская и волгоградская

Полученные результаты частот аллелей и генотипов гена *GDF9* показали очень низкий уровень полиморфизма гена (табл. 11).

Таблица 11 - Частота аллелей и генотипов гена *GDF9* у овец

Порода	n	Частота аллеля		Частота генотипов, %		
		А	G	АА	AG	GG
Сальская	216	0,05	0,95	-	10,00	90,00
Советский меринос	72	0,03	0,97	-	6,94	93,06
Ставропольская	50	0,05	0,95	-	10,00	90,00
Волгоградская	110	0,08	0,92	-	16,36	83,60

У овец пород сальская, советский меринос и ставропольская частота минорного аллеля А составила 0,05 и менее. У овец волгоградской породы частота минорного аллеля составила 0,08 и частоты генотипов GG и AG – 83,6 и 16,4% соответственно.

3.1.8. Воспроизводительные качества овец волгоградской породы при различных аллельных вариантах гена *GDF9*

Плодовитость маток генотипа AG по первому окоту составила 1,08 гол., но уже по второму окоту средняя плодовитость маток была 1,50 гол. Результаты маток генотипа GG составили по первому окоту –

1,02 гол. и по второму – 1,03 гол. По второму окоту матки генотипа AG имели на 0,48 гол. ($p \leq 0,01$) плодовитость выше, относительно аналогов генотипа GG. В среднем по двум окотам плодовитость маток генотипа AG была выше на 0,27 гол. ($p \leq 0,01$) (табл. 12).

Таблица 12 – Плодовитость овец различных генотипов гена *GDF9*

Номер окота	Первый		Второй		В среднем по двум	
	AG	GG	AG	GG	AG	GG
М	1,08	1,02	1,50**	1,02	1,29**	1,02
m	0,00	0,02	0,17	0,05	0,10	0,03

Примечание: **- $p \leq 0,01$

3.1.9. Генетическое разнообразие овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская на основе D-петли мтДНК

У всех исследуемых животных были установлены 4 tandemных повтора длиной 75 п.н. На основании 101 фрагмента D-петли мтДНК установлено 109 полиморфных сайтов, из них 76 у овец сальской породы, 81 - волгоградской породы, 70 - ставропольской породы и 66 - советского мериноса. В результате было определено 83 гаплотипа (табл. 13).

Таблица 13 – Показатели генетического разнообразия овец

Порода	N	S	H	HD	k	π
Сальская	33	76	25	0,979±0,014	16,008	0,01358±0,00232
Волгоградская	29	81	28	0,998±0,010	20,099	0,01711±0,00262
Ставропольская	27	70	24	0,989±0,015	19,000	0,01613±0,00255
Совет. Мерин.	12	66	9	0,939±0,058	25,121	0,02131±0,00325
Всего	101	109	83	0,995± 0,002	19,181	0,01635±0,00136

Примечание: N-количество выборки; S-количество полиморфных сайтов; H-количество гаплотипов; HD-разнообразия гаплотипов; k-среднее количество нуклеотидных замен на сайте; π -нуклеотидное разнообразие.

Разнообразие гаплотипов у сальской породы составило 0,979; у советского мериноса - 0,939; у ставропольской - 0,989; у волгоградской - 0,998. Наибольшее количество нуклеотидных замен на сайт было определено в породе советского мериноса ($k=25,121$).

Нуклеотидное разнообразие в целом по исследуемой группе составило 0,01635. У советского мериноса нуклеотидное разнообразие составило 0,02131, что превышало данные показатели остальных пород овец. Гаплотип Нар-5 определен у овец пород ставропольская и сальская, а гаплотипы Нар-36 и Наз-53 у ставропольской и волгоградской (табл. 14).

Таблица 14 – Распределение гаплотипов по породам

Гаплотип	Породы	n	Гаплотип	Породы	N	Гаплотип	Породы	n
Нар-1	SAL	4	Нар-29	VOL	1	Нар-57	STV	1
Нар-2	SAL	1	Нар-30	VOL	1	Нар-58	STV	1
Нар-3	SAL	1	Нар-31	VOL	2	Нар-59	STV	1
Нар-4	SAL	1	Нар-32	VOL	1	Нар-60	STV	1
Нар-5	SAL/STV	1/1	Нар-33	VOL	1	Нар-61	STV	1
Нар-6	SAL	1	Нар-34	VOL	1	Нар-62	STV	1
Нар-7	SAL	2	Нар-35	VOL	1	Нар-63	STV	1
Нар-8	SAL	1	Нар-36	VOL/STV	1/1	Нар-64	STV	1
Нар-9	SAL	2	Нар-37	VOL	1	Нар-65	STV	1
Нар-10	SAL	1	Нар-38	VOL	1	Нар-66	STV	1
Нар-11	SAL	2	Нар-39	VOL	1	Нар-67	STV	1
Нар-12	SAL	2	Нар-40	VOL	1	Нар-68	STV	1
Нар-13	SAL	1	Нар-41	VOL	1	Нар-69	STV	1
Нар-14	SAL	1	Нар-42	VOL	1	Нар-70	STV	1
Нар-15	SAL	1	Нар-43	VOL	1	Нар-71	STV	1
Нар-16	SAL	1	Нар-44	VOL	1	Нар-72	STV	1
Нар-17	SAL	1	Нар-45	VOL	1	Нар-73	STV	1
Нар-18	SAL	1	Нар-46	VOL	1	Нар-74	STV	1
Нар-19	SAL	1	Нар-47	VOL	1	Нар-75	SOV	3
Нар-20	SAL	1	Нар-48	VOL	1	Нар-76	SOV	2
Нар-21	SAL	2	Нар-49	VOL	1	Нар-77	SOV	1
Нар-22	SAL	1	Нар-50	VOL	1	Нар-78	SOV	1
Нар-23	SAL	1	Нар-51	VOL	1	Нар-79	SOV	1
Нар-24	SAL	1	Нар-52	VOL	1	Нар-80	SOV	1
Нар-25	SAL	1	Нар-53	VOL/STV	1/3	Нар-81	SOV	1
Нар-26	VOL	1	Нар-54	STV	1	Нар-82	SOV	1
Нар-27	VOL	1	Нар-55	STV	2	Нар-83	SOV	1
Нар-28	VOL	1	Нар-56	STV	1			

По результатам построенного филогенетического дерева (рис. 2), исследуемые породы овец распределились на две гаплогруппы: А и В. Гаплотипов, принадлежащих к гаплогруппам С, D, и Е, в исследуемой выборке овец не определено.

Более 80% изучаемого поголовья овец относятся к гаплогруппе В, что характерно для европейских пород овец. При этом около 20% гаплотипов относятся к азиатской гаплогруппе А. Наименьшее количество гаплотипов (12,2%), принадлежавших гаплогруппе А, определено у овец сальской породы. У овец волгоградской и ставропольской породы частоты гаплотипов гаплогруппы А составили 20,7 и 22,3%.

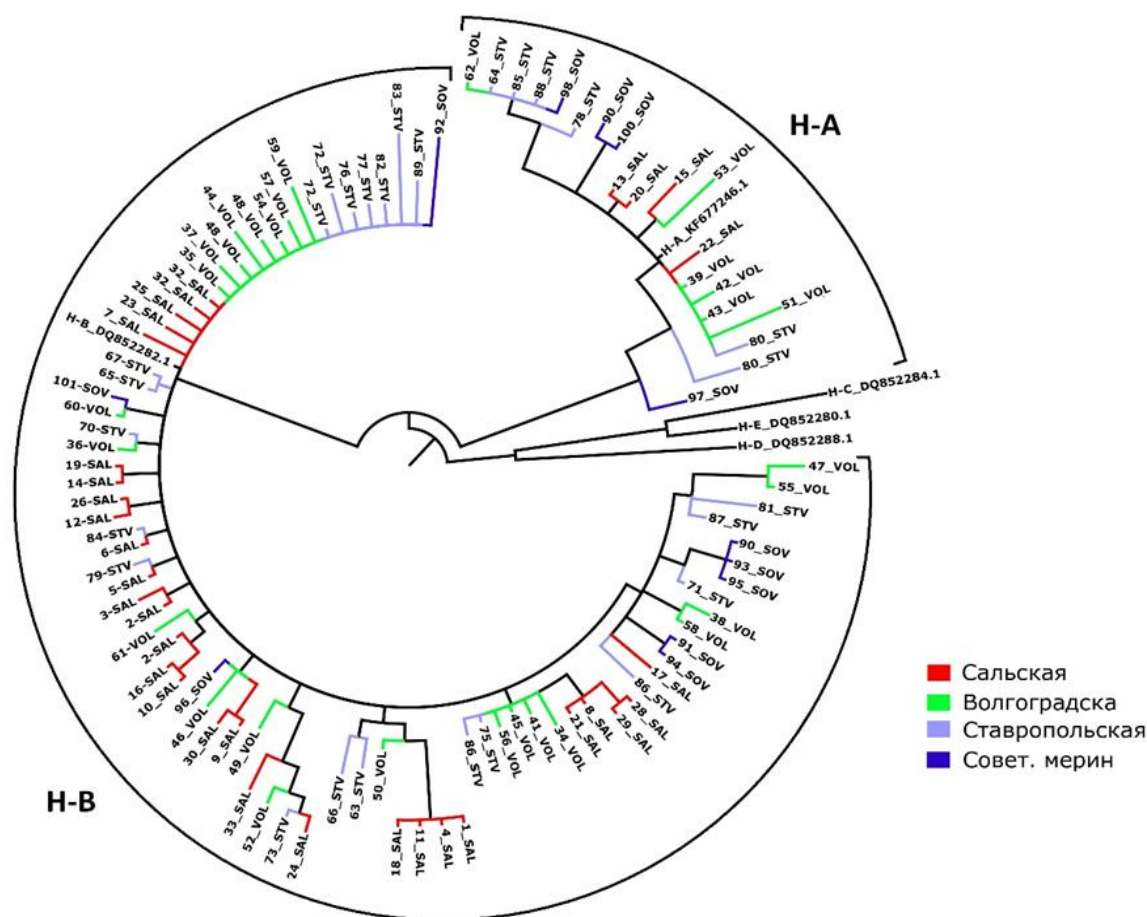


Рис. 2 - Филогенетическое дерево

Примечание: SAL–сальская, SOV–советский меринос, STV–ставропольская, VOL–волгоградская

В свою очередь, овцы породы советский меринос, относительно других изучаемых пород, показали самую высокую частоту гаплогруппы А, составившую 33,3%. (табл. 15).

Таблица 15 – Частота гаплогрупп А и В распределения гаплогрупп по породам овец

Породы	Гаплогруппы			
	А		В	
	n	%	n	%
Сальская	4	12,2	29	87,8
Советский меринос	4	33,3	8	66,7
Ставропольская	6	22,3	21	77,7
Волгоградская	6	20,7	23	79,3
Всего	20	19,8	81	80,2

Наличие гаплогруппы А может быть связано как в целом с происхождением мериносовых пород, прародителями которых являются

овцы, разводившиеся в древности в Малой Азии, так и с прилитием «крови» австралийских меринсов.

3.1.10. Экономическая эффективность генотипирования в селекции овец сальской породы

Нами была выбрана экономическая модель, учитывающая специфику исследований и полученные результаты. С учетом указанных предпосылок экономическая модель анализа эффективности применения ДНК-маркеров предусматривала определение затрат на производство полученной продукции с использованием фактических прямых затрат, произведенных в хозяйстве. При определении реализационной стоимости продукции были взяты фактические реализационные рыночные цены, сложившиеся в период проведения исследований, 90 рублей за 1 кг шерсти в оригинале, 85 рублей за 1 кг поярковой шерсти, а также 100 рублей за 1 кг живой массы овец. В качестве критерия эффективности использовалась разница в прибыли из расчета на одну овцематку. В частности, если рассмотреть ДНК-маркер GH, то желательный генотип АВ характеризуется более высокими показателями мясной продуктивности по сравнению со средними значениями в других группах (табл.16).

Таблица 16 – Экономическая эффективность генотипирования

Показатели	Генотип		
	АА	АВ	ВВ
Настриг шерсти от 1 матки, кг	5,41	5,41	5,41
Живая масса баранчиков в-9 мес, кг.	41,95	46,71	41,05
Реализационная стоимость ягненка, руб.	4195	4671	4105
Деловой выход ягнят от 1 матки, гол	1,27	1,27	1,27
Выручка от матки всего, руб.:	6288,9	6866,2	6217,1
в т.ч. за шерсть от матки + поярковая шерсть, руб.	961,2	944,0	1003,7
за деловой выход ягнят от матки, руб.	5327,7	5932,2	5213,4
Затраты всего, руб.:	4361	4361	4361
в т.ч.: на содержание матки, руб.	2260	2260	2260
на выращивание ягненка, руб.	1754	1754	1754
на генотипирование 1гол., руб.	347	347	347
Прибыль, руб.	1927,9	2505,2	1856,1
Рентабельность, %	44,2	57,5	42,6

Прибыль, полученная от животных с генотипом АВ, существенно превосходит этот показатель по животным с другими генотипами. Максимальная прибыль в расчете на 1 матку была получена от баранчиков с генотипом АВ, а уровень рентабельности произведенной продукции на 13,3-14,9% выше, чем у животных с генотипами АА и ВВ, соответственно.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4.1. Выводы

1. Результаты исследований исходного поголовья сальской породы показали, что в соответствии с требованиями «Порядка и условий проведения бонитировки племенных овец» (приказ от 2010 г., ред. от 2013 г.), предъявляемые к тонкорунным породам шерстного направления продуктивности, все протестированные животные принадлежали к первому классу и элита. Настриг шерсти с баранов составляет 14-15 кг, с маток 5-6 кг. Выход чистой шерсти достигает 51-52%. Живая масса баранов-производителей -95-110 кг, маток-50-55 кг, баранчиков в 9-месячном возрасте – 46 - 47 кг, а ярок 36 - 37 кг. Плодовитость сальских овец составляет 126 -127 %.
2. Определена генетическая структура сальской, ставропольской, советский меринос и волгоградской пород по генам *GH*, *CAST*, *LEP* и *GDF9*. По гену *CAST* частоты аллелей М и N; генотипов MM; MN и NN составили у сальской породы 0,89 и 0,11; 78,3; 21,7 и 0,0; советского мериноса 0,88 и 0,12; 81,9; 12,0 и 6,1; ставропольской 0,91 и 0,09; 82,3; 17,7 и 0,0; волгоградской 0,85 и 0,15; 70,3; 29,7 и 0,0, соответственно.
По гену *GH* частоты аллелей А и В; генотипов AA; АВ и ВВ составили у сальской породы 0,73 и 0,27; 55,6; 34,3 и 10,2; советского мериноса 0,74 и 0,26; 56,9; 33,3 и 9,7; ставропольской 0,70 и 0,30; 50,0; 40,0 и 10,0; волгоградской 0,71 и 0,29; 55,5; 30,9 и 13,6, соответственно.
По гену *LEP* частоты аллелей А и С; генотипов AA; АВ и ВВ составили у сальской породы 0,37 и 0,63; 8,3; 57,4 и 34,3; советского мериноса 0,40 и 0,60; 8,3; 62,5 и 29,2; ставропольской 0,38 и 0,62; 8,0; 60,0 и 32,0; волгоградской 0,44 и 0,56; 12,7; 62,7 и 24,5, соответственно.
По гену *GDF9* частоты аллелей А и G; генотипов AG и GG составили у сальской породы 0,05 и 0,95; 10,0 и 90,0; советского мериноса 0,03 и 0,97; 6,9 и 93,1; ставропольской 0,05 и 0,95; 10,0 и 90,0; волгоградской 0,08 и 0,92; 16,4 и 83,6, соответственно.
3. Статистически значимые различия, связанные с аллельными вариантами гена *CAST*, установлены по среднесуточным приростам и массой при отъеме в 4 месяца у овец сальской породы. Баранчики с генотипом *CAST_NM*, относительно аналогов с генотипом *CAST_MM*, показали лучшие среднесуточные приросты на 16,3 г ($p<0,01$) и массу при отъеме в 4 месяца на 2,61 кг ($p<0,01$).
4. Статистически значимые различия, связанные с аллельными вариантами гена *GH*, установлены по среднесуточным приростам, массе при отъеме в 4 месяца, результатам контрольного убоя и массе внутренних органов у овец сальской породы. Живая масса при отъеме баранчиков с генотипом *GH_AB* превосходила массу баранчиков с генотипами *GH_AA* и *GH_BB* на 1,70 и 2,18 кг ($p\leq 0,01$) соответственно. Среднесуточный прирост у баранчиков с гетерозиготным генотипом *GH_AB* также был больше на 15,0 и 15,6 г ($p\leq 0,05$), по сравнению со сверстниками с генотипами *GH_AA* и *GH_BB*. Предубойная живая масса у баранчиков генотипа *GH_AB* была больше на 4,76 и 5,66 кг ($p\leq 0,05$) соответственно, а также от них были получены большая масса туши на 1,82 и 2,16 кг ($p\leq 0,05$). Убойная масса, убойный выход, масса печени и почек у баранчиков с генотипом *GH_AB* превышали на 2,51 и 2,94 кг ($p\leq 0,01$), 1,24 и 1,40 % ($p\leq 0,05$), 250,53 и 270,34 г ($p\leq 0,05$) и 75,44 и 92,32 г ($p\leq 0,05$)

- соответственно данные показатели у баранчиков с генотипами *GH_AA* и *GH_BB*.
5. Статистически значимые различия, связанные с аллельными вариантами гена *LEP*, установлены по массе при рождении, массе при отъеме в 4 месяца и результатам контрольного убоя у овец сальской породы. Масса при рождении у баранчиков с генотипами *LEP_AA* и *LEP_AC*, относительно аналогов с генотипом *LEP_BB*, была больше в среднем на 0,3 кг ($p \leq 0,05$). При отъеме баранчики с генотипами *LEP_AA* и *LEP_AB* превосходили аналогов с генотипом *LEP_BB* на 2,47 и 1,88 кг ($p \leq 0,01$), соответственно. Предубойная живая масса у баранчиков с генотипом *LEP_AA* была больше на 5,34 ($p \leq 0,05$) по сравнению с баранчиками с генотипом *LEP_BB*. Также от баранчиков с генотипом *LEP_AA* были получены большая масса туши на 2,80 кг ($p \leq 0,05$) и убойная масса на 2,48 кг ($p \leq 0,01$), относительно аналогов с генотипом *LEP_BB*.
 6. Статистически значимые различия, связанные с аллельными вариантами гена *GDF9*, установлены по воспроизводительным качествам овец волгоградской породы. По двум окотам плодовитость маток с генотипами *GDF9_AG* была выше на 0,27 гол. ($p \leq 0,01$). У маток с генотипом *GDF9_AG* масса ягненка при рождении в первом окоте был выше на 0,15 кг ($p \leq 0,05$) по сравнению с матками с генотипом *GDF9_GG*. Во втором окоте масса ягнят, полученных от маток с генотипом *GDF9_AG* был выше на 0,18 кг ($p \leq 0,05$).
 7. Определено генетическое разнообразие овец пород сальская, ставропольская, советский меринос и волгоградская на основе D-петли мтДНК. Установлено 109 полиморфных сайтов, из них 76 у сальской породы, 81 у волгоградской породы, 70 у ставропольской породы и 66 у советского мериноса. В результате было выявлено 83 гаплотипа. Более 80% изучаемого поголовья овец относятся к гаплогруппе В, что характерно для европейских пород овец. При этом около 20% гаплотипов относятся к азиатской гаплогруппе А. Наименьшее количество гаплотипов (12,2%), принадлежавших гаплогруппе А, определено у овец сальской породы. У овец волгоградской и ставропольской породы частоты гаплотипов гаплогруппы А составили 20,7 и 22,3%, соответственно. Овцы породы советский меринос, относительно других изучаемых пород, показали самую высокую частоту гаплогруппы А, составившую 33,3%.
 8. Расчет экономической эффективности показал, что применение ДНК-маркеров может повысить уровень рентабельности производства продукции на 14,9%.

4.2. Практические предложения

Для повышения эффективности отбора рекомендуется использовать в селекционных программах ДНК-диагностику овец по генам *GH*, *CAST*, *LEP*, *GDF9* и реализовывать полученную информацию в качестве интегрированного комплексного критерия определения уровня племенной ценности овец. Данные по мтДНК использовать для разработки селекционных программ по сальской, советский меринос, ставропольской и волгоградской породам.

4.3. Перспективы дальнейшей разработки темы

Перспективным в аспекте дальнейшей разработки темы являются исследования ядерной и митохондриальной ДНК для оценки генетического разнообразия овец отечественных пород и поиск генетических вариантов, ассоциированных с селекционно-ценными признаками овец.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и ScopusShirokova

1. N.V. Genetic structure of the herd by genes *gdf9*, *gh*, *cast* in merino sheep of the north caucasus region of russia / N.V. Shirokova, A.Yu. Kolosov, Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, E.S. Vorontsova, N.N. Kolosova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. 52-56. (личное участие автора 65%) (Scopus).
2. Getmantseva L. Effect of the *GDF9* gene on the weight of lambs at birth / L. Getmantseva, N. Bakoev, S. Bakoev, N. Shirokova, M. Kolosova, A. Y. Kolosov, A. Usatov, V. Shevtsova // Bulgarian Journal of Agricultural Science. -2019. Т. 25. № 1. -С. 153-157.
3. Gorlov I.F. *GDF9* gene polymorphism and its association with litter size in two russian sheep breeds / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Y. Kolosov // Rendiconti Lincei. -2018.- Т. 29. № 1. -С. 61-66.
4. 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, Y.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Y. Kolosov // Small Ruminant Research. -2017. -Т. 150. -С. 11-14.
5. 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, E.Y. Zlobina, Y.A. Kolosov, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, S.Y. Bakoev, A.Y. Kolosov, L.V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. -2016. -Т. 40. № 4. -С. 399-405.

В ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

6. Широкова Н.В. Продуктивные качества овец волгоградской породы различных генотипов гена *CAST* / Н.В. Широкова, Л.В. Гетманцева, Н.Ф. Бакоев // Научная жизнь. -2018. -№ 10. -С. 164-172.
7. Колосов Ю.А. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста /Ю.А.Колосов, П.С. Кобыляцкий, Н.В. Широкова, Л.В. Гетманцева, Н.Ф. Бакоев // Дальневосточный аграрный вестник. -2017. - № 2 (42). -С. 82-86.
8. Широкова Н.В. Оптимизация техники проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования овец /Н.В. Широкова, Ю.А. Колосов, Л.В. Гетманцева, А.В. Радюк, Н.Ф. Бакоев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. -2015- № 113. -С. 1473-1481.

В журналах, индексируемые в РИНЦ,

сборниках научных трудов и международных научно-практических конференциях

9. Широкова Н.В. Исследование нуклеотидной последовательности d-петли мтднк у овец мериносовых пород РФ/ Н.В. Широкова, Н.Ф. Бакоев, М.А. Колосова, Л.В. Гетманцева, Ю.А. Колосов // Международный научно-исследовательский журнал. -2018.- № 11-2 (77). -С. 21-25.
10. Бакоев Н.Ф. Особенности нуклеотидной последовательности d-петли мтднк у овец мериносовых пород отечественной и зарубежной селекции. /Н.Ф., Бакоев, Л.В. Гетманцева // В книге: Генетика - фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции. Материалы VIII научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2019. С. 201-202.
11. Бакоев Н.Ф. Генетические маркеры в овцеводстве / Н.Ф. Бакоев, Н.В. Широкова // В сборнике: Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. -2018. -С. 138-142.
12. Бакоев Н.Ф. Генетическое разнообразие овец сальской породы на основе ядерных и митохондриальных днк маркеров / Н.Ф. Бакоев, Т.С. Романец // В книге: Сборник тезисов участников форума "Наука будущего - наука молодых". -2017. -С. 9-10.

Программы ЭВМ

13. Колосов Ю.А. Сбор и подготовка данных для геномных исследований овец юга России. /Ю.А. Колосов, А.Ю. Колосов, Л.В. Гетманцева, С.Ю. Бакоев, Н.Ф. Бакоев, М.А. Колосова, Н.В. Широкова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021610558, 15.01.2021. Заявка № 2020667919 от 30.12.2020.

Базы данных

14. Колосов Ю.А. База данных продуктивности и генотипов овец юга России / Ю.А. Колосов, А.Ю. Колосов, Л.В. Гетманцева, С.Ю. Бакоев, Н.Ф. Бакоев, В.С. Шевцова, Н.В. Широкова // Свидетельство о регистрации базы данных 2020622531, 04.12.2020. Заявка № 2020622386 от 25.11.2020.
15. Широкова Н.В. База данных генотипов овец по генам *GDF9(G1)*, *GH*, *CAST* / Н.В. Широкова, Ю.А. Колосов, Л.В. Гетманцева, Т.С. Романец // Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2017621130 Заявка № 2017620843 от 07.08.2017.

Патенты

16. Гетманцева Л.В. Способ оценки высокой мясной продуктивности овец сальской породы. / Л.В. Гетманцева, Н.В. Широкова, Ю.А. Колосов, Т.С. Романец // Патент на изобретение RU 2662679 C1, 26.07.2018. Заявка № 2016129290 от 19.07.2016.

Научно- и учебно-методические пособия

17. Гетманцева Л.В. Молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных животных методом ПЦР-ПДРФ / Л.В. Гетманцева, Колосова М.А. // пос. Персиановский, Донской ГАУ, Учебное пособие С. 1-118. 2018.