

*На правах рукописи*

**Никитеев Павел Андреевич**

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ  
МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СКОТА  
КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

п. Персиановский, 2025

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Федоров Владимир Христофорович**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

Официальные оппоненты: **Калашникова Любовь Александровна**  
доктор биологических наук, профессор,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», главный научный сотрудник.  
**Скокова Антонина Владимировна**  
кандидат биологических наук, ФГБНУ  
Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства - филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра РАН, ведущий научный сотрудник.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина», (г. Краснодар)

Защита состоится «30» июня 2025 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета 35.2.014.01 на базе ФГБОУ ВО «Донского государственного аграрного университета» по адресу: 346493, Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ДонГАУ» и на сайтах: [www.dongau.ru](http://www.dongau.ru); [vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, доктор  
биологических наук, доцент

Широкова Надежда Васильевна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Одной из ключевых задач программы стратегии развития агропромышленного комплекса России является модернизация животноводства на основе внедрения современных технологий кормления и генетики животных.

Важным акцентом является использование новых методов селекции в формировании продуктивных стад мясного скота. Этот подход служит дополнительным инструментом для выбора и подбора племенных животных (Долматова И.Ю. и др., 2018).

В ходе исследований донских ученых было обнаружено, что у калмыцкого скота, который содержится в условиях Ростовской области, не достаточно данных о связи между определенными генетическими вариациями и характеристиками, связанными с мясной продуктивностью калмыцкого скота, особенно по скорости набора веса и составу мяса. (Федоров В.Х., Приступа В.Н., Бабкин О.А., Горосян Д.С., 2021)

**Степень разработанности темы.** Исследование, проведенное на племенных фермах, которые занимаются разведением калмыцкого скота в Ростовской области, показало, что в возрасте восьми месяцев средняя масса бычков составляет от 190 до 220 кг. В 12 месяцев этот показатель увеличивается до 270–290 кг, а в 16 месяцев достигает 370–390 кг. Однако эти данные не соответствуют современным стандартам интенсивного мясного скотоводства. У калмыцкого скота имеется значительный потенциал для улучшения продуктивности, который можно раскрыть с помощью современных технологий выращивания и откорма. К сожалению, в хозяйствах, занимающихся этой породой, такие методы пока не используются в полном объеме, что негативно сказывается на результатах селекционно-племенной работы.

**Цель работы:** Цель работы - научно-практическое обоснование использования генетических маркеров при выращивании крупного рогатого скота калмыцкой породы для производства высококачественной говядины.

Задачи исследований:

- разработать новый способ ранней диагностики племенных качеств крупного рогатого скота калмыцкой породы;
- определить происхождение и генетическую структуру заводских линий калмыцкого скота, при анализе разнообразия участков ДНК, в которых присутствуют короткие повторяющиеся последовательности;
- определить частоту различных версий генов и их фрагментов (аллелей) у крупного рогатого скота заводских линий калмыцкой породы, а также установить связь между этими генами и характеристиками роста, развития и мясной продуктивности;
- изучить влияние определённого варианта генов *GH*, *LEP* и *TG5* на характеристики роста, развития и качества мясной продуктивности заводских линий калмыцкого скота;
- проанализировать экономическую эффективность использования заводских линий калмыцкого скота с различными генетическими характеристиками для получения говядины высокого качества.

**Научная новизна исследований.** Впервые была проведена всесторонняя оценка генетического потенциала линий калмыцкого скота с точки зрения их роста, развития и мясной продуктивности.

Выявлено, что генетические маркеры SNP *GH-L127V*, *LEP-A422B* и *TG5-C548T* оказывают значительное влияние на мясную продуктивность молодняка калмыцкого скота и проведено сравнение генетической структуры и уровня генетического разнообразия заводских линий калмыцкой породы.

**Практическая значимость работы.** В ходе исследования были получены новые сведения о том, как меняются мясные характеристики у разных линий калмыцкого скота в зависимости от их генотипа и формирование данных признаков в процессе роста и развития. Полученные данные позволяют улучшать существующие и создавать новые заводские линии, используя методы геномной селекции. Это позволяет полностью раскрыть генетический потенциал определенных генотипов по генам *GH*, *LEP* и *TG5*.

Предложен новый метод ранней диагностики племенных качеств крупного рогатого скота калмыцкой породы для создания новых программ селекции, направленных на улучшение мясной продуктивности в условиях современного животноводства. Внедрение этих исследований в практику позволит значительно повысить эффективность производства мяса и его качество, что, безусловно, скажется на экономических показателях отрасли.

**Методология и методы исследования.** Объект исследования – крупный рогатый скот калмыцкой породы различных заводских линий. Предмет исследования – биологические, продуктивные и основные хозяйственно полезные показатели бычков различных линий в сравнительном аспекте. Исследования проводили с использованием общепринятых зоотехнических, аналитических и вариационно-статистических методов.

**Основные положения, выносимы на защиту:**

1. Хозяйственно-биологические особенности заводских линий калмыцкого скота, разводимого в условиях степной зоны Ростовской области;
2. Генетическая структура заводских линий калмыцкого скота по SNP *GH-L127V*, *TG5-C548T*, *LEP-A422B*;
3. Влияние SNP *GH-L127V*, *TG5-C548T*, *LEP-A422B* на показатели роста, развития, мясных качеств у бычков различных заводских линий калмыцкого скота;
4. Экономическая целесообразность выращивания бычков заводских линий калмыцкого скота в зависимости от их генотипа по генам: *GH*, *TG5* и *LEP*.

**Степень достоверности и апробация работы.** Основные положения диссертации были доложены, обсуждены на Международной научно-практической конференции «Инновации в животноводстве и современные технологии производства продуктов питания, проблемы экологической, производственной и гигиенической безопасности» (пос. Персиановский, ФГОУ ВО «Донской ГАУ», 24 мая 2024 года); Международной научно-практической конференции «Современное животноводство, инновации в производстве продуктов питания, гигиеническая и производственная безопасность» (пос. Персиановский, ФГОУ ВО «Донской ГАУ», 24 ноября 2023 года).

**Публикация результатов исследования.** Основные научные результаты по теме диссертации опубликованы в 10 печатных работах, из них 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (патент), подана заявка на получение патента на изобретение: «Способ ранней диагностики племенной ценности крупного рогатого скота калмыцкой породы».

**Структура и объем работы.** Работа изложена на 237 с. компьютерной вёрстки, содержит 78 таблиц и 2 рисунка. Диссертация состоит из разделов: обзора литературы, материалов, методов и условий проведения исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, библиографического списка, который включает 382 наименований, в том числе 103 работы иностранных авторов, и приложений.

## 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В период с 2021 по 2024 год в СПК племзавод «Мир» Ремонтненского района и ООО «Солнечное» Орловского района Ростовской области проводился научный эксперимент. Его целью было исследовать, влияние полиморфизма генов GH, TG5 и LEP на формирование мясных качеств в процессе роста и развития.

Исследование проводилось на бычках калмыцкой породы трёх заводских линий: Дуплета 825 (КС\_Дуплета), Моряка 12054 (КС\_Моряка) и Пирата 6626 (КС\_Пирата), которые выращивались на выпасе с матерями. Для формирования опытных групп использовался метод подбора по живой массе и уровню развития. В каждой группе было по 120 голов из каждой заводской линии. Молодняк родился в марте.

План исследования изображён на рисунке 1.

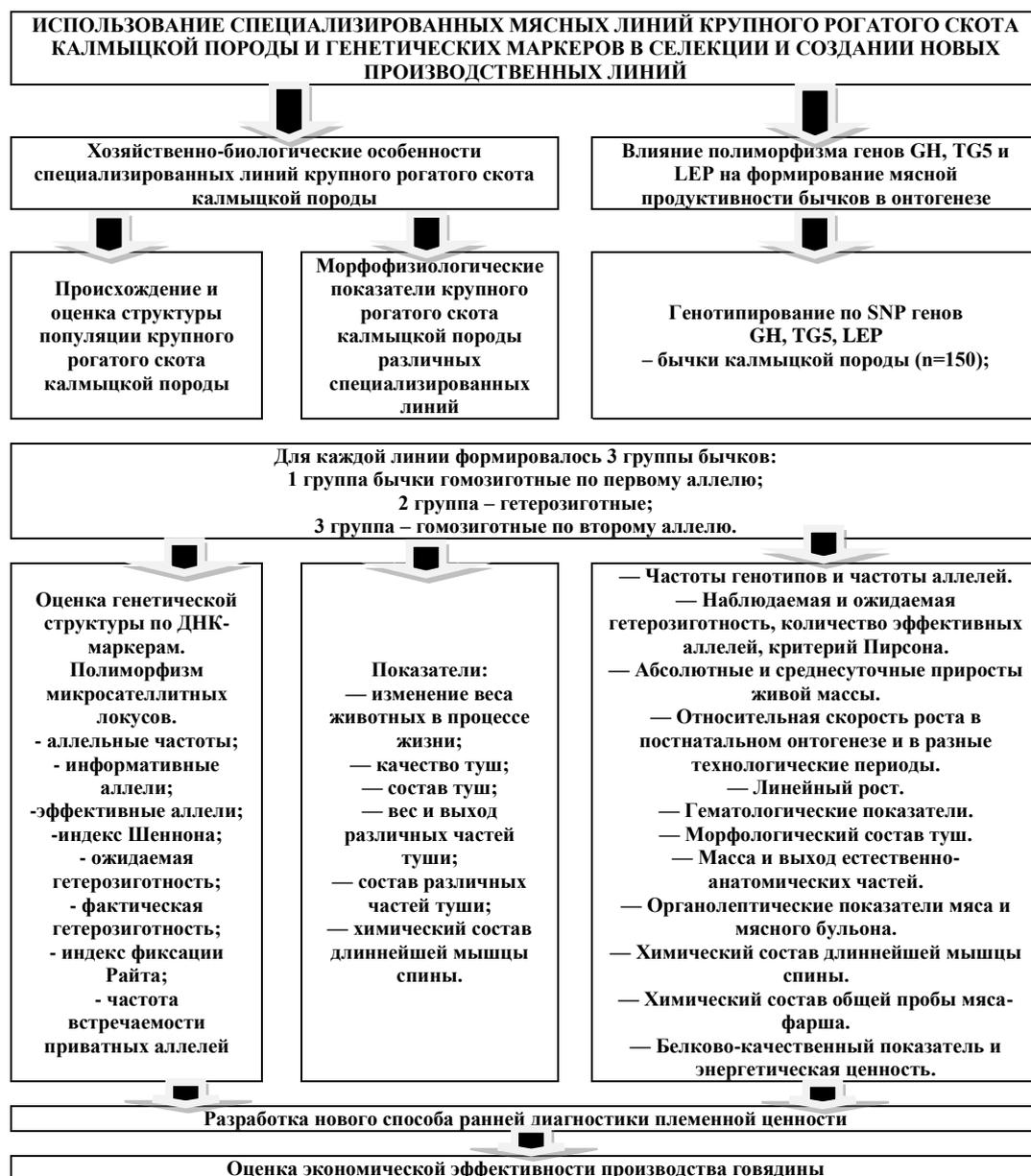


Рисунок 1 – Схема исследования заводских линий КРС калмыцкой породы. Родословная бычков-производителей, коров основного стада и животных, участвующих в эксперименте, была установлена на основе племенных карточек и данных зоотехнического учета.

Для оценки их мясной продуктивности были зафиксированы следующие параметры: динамика увеличения живой массы, среднесуточные и общие приросты, относительная скорость роста, живая масса на момент отъема и перед убоем.

Исследования полиморфизма микросателлитных локусов и генотипирование проводились в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Регионального информационно-селекционного центра Ростовской области и в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ФГБОУ ВО «Донского ГАУ».

Материалом для исследования служила цитрированная кровь.

Для выделения ДНК использовали комплект реагентов D1Atom™ DNA Prep100, предоставленный компанией «Лаборатория Изоген» (Россия). Процесс ПЦР проводился в соответствии с методиками, разработанными в ВИЖ.

Генотипирование животных осуществлялось с применением девяти микросателлитных маркеров: TGLA126, TGLA122, TGLA227, ILST005, ETH185, ETH10, ETH225, BM1818 и BM2113. Амплифицированные результаты анализировались с использованием генетического анализатора ABI Prism 3130xl компании «Applied Biosystems» из США. Биометрическая обработка и анализ данных выполнялись с помощью программного обеспечения GenAIEх версии 6.4 и PAST.

Экстракция ДНК проводилась с применением набора реактивов ДНК-Экстран-2, выпущенного ЗАО «Sintol». Для изучения генов, которые имеют отношение к мясной продуктивности, использовались методики полимеразной цепной реакции (ПЦР) и анализ полиморфизма длин рестриционных фрагментов (ПДРФ) ДНК.

В рамках научного исследования была проведена работа по выявлению связей между полиморфизмом генов GH, TG5 и LEP с характеристиками откормочных и мясных качеств.

Были отобраны молодые бычки из каждой категории по принципу парных аналогов. На их основе сформировали три группы с различными комбинациями аллелей исследуемых генов: первая группа состояла из гомозигот по первому аллелю, вторая группа включала гетерозиготы, третья группа — гомозиготы по второму аллелю.

Контрольный убой бычков производился в завершение откорма, когда возраст животных достигал 20 месяцев. Оценка после убоя проводилась на мясоперерабатывающем заводе ООО «Виктория», расположенном в Песчанокоспском районе Ростовской области. Классификация туш и определение категории говядины проводились в соответствии со стандартом ГОСТ 33818-2016 «Мясо. Говядина высшего качества. Технические требования».

Все исследования проводились на биохимическом анализаторе SYNCHRON CX4 PRO, который был разработан компанией Beckman Coulter из США. Для анализа белковых фракций использовался автоматический капиллярный электрофорез на аппарате MINICAP, произведенном французской компанией Sebia.

Энергетическую ценность мяса определяли по методике, предложенной В. М. Александровым.

Полученные результаты были обработаны с помощью программы 1С: Предприятие. Учет и отчетность в лаборатории иммуногенетики и ДНК-диагностики, а биометрический анализ результатов был осуществлён с применением стандартного метода и программы «BioStat».

Для расчёта экономической эффективности опирались на ключевые показатели деятельности хозяйства. При анализе структуры себестоимости продукции учитывали затраты на выращивание и откорм молодняка, а также на содержание коров и быков. Кроме того, принимали во внимание цены на говядину в сопоставимых значениях.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Полиморфизм гена гормона роста (*GH*) и его влияние на формирование фенотипических показателей крупного рогатого скота в процессе их роста и развития

Гормон роста, или соматотропин, вырабатывается в передней доле гипофиза и отвечает за регуляцию роста и метаболизма в организме животных. У крупного рогатого скота он способствует увеличению массы тела, улучшая как жировые, так и мышечные показатели. Благодаря его воздействию на клеточные процессы, животные способны более эффективно усваивать питательные вещества из корма, что в свою очередь способствует оптимизации продуктивности.

В таблице 1 показаны итоги изучения вариаций гена гормона роста у бычков, принадлежащих к заводским линиям калмыцкого скота.

Таблица 1 – Генотипирование бычков по гену гормона роста

Заводская линия	Количество животных	Генотипы						Частоты аллелей	
		<i>LL</i>		<i>LV</i>		<i>VV</i>		<i>L</i>	<i>V</i>
		гол	%	гол	%	гол	%		
Дуплета 825	120	57	47,5	48	40	15	12,5	0,72	0,28
Моряка 12054	120	58	48,3	52	43,3	10	8,4	0,74	0,26
Пирата 6626	120	43	35,8	53	44,1	24	20,1	0,57	0,43

Из таблицы 1 следует, что у бычков всех линий наибольшее распространение имеет гомозиготный генотип  $GH^{LL}$ .

Тем не менее, между различными линиями наблюдаются некоторые отличия. В таблице видно, что у бычков линии Пирата 6626 наблюдается незначительное преобладание гетерозиготного генотипа  $GH^{LV}$  (44,1%) по сравнению с гомозиготным генотипом  $GH^{LL}$  (43,8%), что составляет 0,3%. В то же время у молодняка линии Дуплета 825 генотип  $GH^{LL}$  (47,5%) был более распространён, чем  $GH^{LV}$  на 7,5%. У бычков линии Моряка 12054 разница между указанными генотипами составила 5%.

Доля животных с генотипом  $GH^{VV}$  в популяциях всех линий не имеет значительных отличий. Однако данный генотип был более распространён среди бычков линии Пирата 6626.

Частота аллеля у бычков линии Пирата 6626 составила 0,43, тогда как у бычков линии Дуплета 825 она равнялась 0,28. Исследование показало, что ген, который контролирует синтез гормона роста, не связан с линиями животных.

В таблице 2 можно увидеть результаты анализа фактической и ожидаемой гетерозиготности по гену гормона роста. Чтобы оценить генетическую изменчивость популяции, нужно обратить внимание на количество гетерозигот.

Таблица 2 – Фактическая и ожидаемая гетерозиготность по гену GH

Линия	Но	Не	F	$\chi^2$
Дуплета 825	0,471	0,470	0,001	0,051
Моряка 12054	0,365	0,420	-0,055	0,312
Пирата 6626	0,670	0,450	0,220	0,720

Данные, представленные в таблице 2, демонстрируют, что в популяциях быков, принадлежащих к различным заводским линиям, ожидаемая гетерозиготность по гену гормона роста в исследуемых локусах немного превышает наблюдаемую: на 0,001, 0,055 и 0,220 соответственно.

Значения критерия Пирсона незначительны. Количество эффективных аллелей примерно одинаково и находится в пределах статистической погрешности.

Данные результаты подчеркивают значимость полиморфизма гена роста в генетике организмов и его потенциальное влияние на фенотипические характеристики. Генотип  $GH^{LL}$ , обладая доминирующими признаками, может оказывать существенное влияние на скорость роста и развитие особей, что, в свою очередь, имеет важное значение для селекционного процесса в сельском хозяйстве. Учитывая текущее состояние популяционного равновесия, можно сделать выводы о том, что эти аллели сохраняют свою стабильность в конкретных условиях среды обитания.

В ходе исследования были сформированы экспериментальные группы бычков, различающиеся по генетическому типу, что позволило провести детальный анализ влияния генов, отвечающих за синтез гормона роста, на мясную продуктивность. За период наблюдений фиксировались изменения веса, что дало возможность проследить динамику роста и накопления мышечной массы у каждой группы.

В таблице 3 содержатся сведения о варьировании массы тела бычков различных генетических линий, касающихся гена гормона роста на разных этапах их развития. Эти сведения указывают на то, что показатели живой массы бычков из разных линий соответствуют установленным нормам для данной породы.

Таблица 3 – Живая масса бычков в зависимости от периода выращивания, кг

Возраст, мес	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	$LL$ (n=57)	$LV$ (n=48)	$VV$ (n=15)	$LL$ (n=58)	$LV$ (n=52)	$VV$ (n=10)	$LL$ (n=43)	$LV$ (n=53)	$VV$ (n=24)
При рождении	26,7± 0,60*	26,6± 0,71*	26,3± 0,66*	25,3± 0,84	25,2± 0,83	25,0± 0,71	23,4± 0,72	23,5± 0,56	23,1± 0,47
8	229,6± 4,36	227± 4,56	226± 4,78	224± 4,49*	222± 4,25	220± 4,56*	223± 4,70**	221± 4,47**	220± 4,82**
12	329,71± 6,22	325± 8,47	320± 8,68	324± 8,26	321± 8,90	318± 8,84	319± 8,09	314± 8,74	310± 8,83
16	415,7± 8,99	412± 10,47	408± 10,11	412± 10,47**	410± 10,53**	408± 10,69	412± 10,14	409± 11,88	406± 12,35
20	489,0± 12,89	486,0± 10,36	485,3± 9,36	472,0± 13,22	475,3± 10,36	470,2± 9,47	479,3± 8,34	475,2± 13,25	473,1± 11,12

\*P<0,05 \*\*P<0,01

Из таблицы 3 следует, что до достижения восьмимесячного возраста живая масса бычков линии Дуплета 825 с генотипом  $GH^{LL}$  достоверно ( $P < 0,05$ ) превосходила массу бычков с генотипом  $GH^{VV}$  на 0,12%.

Особи из линии Моряка 12054, обладающие генотипом  $GH^{LL}$ , демонстрировали статистически значимое увеличение массы тела по сравнению с особями с генотипом  $GH^{VV}$  в период с 16 до 20 месяцев — на 0,17%.

Во время опыта наблюдалась тенденция к снижению прироста массы тела у животных:  $GH^{LL} \rightarrow GH^{LV} \rightarrow GH^{VV}$ .

Все туши, полученные от бычков с разными генетическими признаками, были классифицированы как высший сорт А по стандартам ГОСТ 33818-2016. Это свидетельствует о том, что туши обладали правильной формой, а также хорошо развитыми, широкими мышцами и округлыми, выпуклыми контурами.

Результаты исследования показывают, что генетические факторы играют значительную роль в формировании мясных качеств и общей продуктивности бычков. Наличие определенных генов, таких как  $GH^{LL}$ , способствует улучшению не только размеров тела, но и количество мяса, что в свою очередь может оказать влияние на экономическую эффективность мясного производства.

В процессе оценки мясных качеств мы также учитывали такие параметры, как содержание жира и белка в мясе, а также морфологические характеристики мяса.

Результаты убоя бычков различных типов по гену *GH* представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Послеубойные показатели туш по гену гормона роста

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	<i>LL</i> (n=57)	<i>LV</i> (n=48)	<i>VV</i> (n=15)	<i>LL</i> (n=58)	<i>LV</i> (n=52)	<i>VV</i> (n=10)	<i>LL</i> (n=43)	<i>LV</i> (n=53)	<i>VV</i> (n=24)
Предубойная живая масса, кг	489,0± 12,89	486,0± 10,36	485,3± 9,36	472,0± 13,22	475,3± 10,36	470,2± 9,47	479,3± 8,34	475,2± 13,25	473,1± 11,12
Масса парной туши, кг	286,55± 5,37	278,47± 6,18	277,1± 5,49	276,12± 5,23	276,14± 7,45	269,42± 8,36	269,36± 7,36	266,58± 4,24	261,62± 9,89
Выход туши, %	58,6± 1,12	57,3± 0,89	57,1± 1,24	58,5± 1,10	58,1± 1,68	57,3± 1,74	56,2± 1,98	56,1± 2,13	55,3± 2,44
Масса внутреннего жира-сырца, кг	16,82± 2,34	11,27± 2,88	11,49± 2,27	11,07± 3,39	11,12± 4,67	11,45± 3,04	9,91± 1,31	10,63± 2,07	11,06± 2,60
Выход жира, %	3,44± 0,11	4,05± 0,18	4,15± 0,14	4,01± 0,19	4,03± 0,32	4,25± 0,21	3,68± 0,33	3,99± 0,45	4,23± 0,30
Убойная масса, кг	304,65± 18,75	297,43± 17,76	296,3± 16,74	279,89± 15,01	283,27± 14,69	275,53± 13,14	288,05± 15,15	283,21± 16,99	275,81± 14,35
Убойный выход, %	62,3± 2,11	61,2± 2,19	61,0± 3,15	59,3± 2,81	59,6± 3,78	58,6± 2,77	60,1± 2,74	59,6± 2,98	58,3± 3,71
Толщина подкожного жира, см	1,93± 0,08	1,87± 0,11	1,77± 0,11	1,90± 0,10	1,85± 0,09	1,75± 0,12	1,90± 0,10	1,85± 0,09	1,75± 0,12
Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	83,13± 0,45	82,08± 0,42	81,37± 0,33*	82,07± 0,30	81,52± 0,33	80,87± 0,23*	82,08± 0,42	81,37± 0,33*	80,87± 0,23*

\* – P<0,05

Основываясь на информации, представленной в таблице 4, можно заключить, что бычки, принадлежащие к заводским линиям калмыцкого скота и обладающие генотипом *GH<sup>LL</sup>*, демонстрируют увеличенные показатели предубойной массы (на 1,13% и 0,77% соответственно), массы туши (на 3,11% и 2,34%), а также убойной массы (на 3,21% и 2,08%) и выхода при убое. Кроме того, они обладают большей площадью мышечного сечения — на 1,03% и 1,15% соответственно.

Данные о энергетической ценности мяса представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Биологическая и энергетическая ценность мяса

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	<i>LL</i> (n=57)	<i>LV</i> (n=48)	<i>VV</i> (n=15)	<i>LL</i> (n=58)	<i>LV</i> (n=52)	<i>VV</i> (n=10)	<i>LL</i> (n=43)	<i>LV</i> (n=53)	<i>VV</i> (n=24)
Длиннейшая мышца спины									
Оксипоролин, мг/%	50,30± 1,36	50,96± 1,40	49,1± 1,52	50,1± 1,3	49,7± 1,26	48,2± 1,4	50,1± 1,3	49,7± 1,26	48,2± 1,4
Триптофан, мг/%	381,9± 28,92	376,2± 16,56	361,4± 24,08	373,0± 24,70	363,7± 27,26	354,1± 28,12	376,2± 16,56	361,4± 24,08	354,1± 28,12
Белково-качественный показатель	7,92± 0,98	7,56± 1,14	7,44± 1,32	7,40± 1,02	7,12± 1,11	7,06± 1,06	7,12± 1,11	7,12± 1,11	7,04± 0,89
Энергетическая ценность, ККал	144,54± 1,77	142,4± 2,22	136,6± 5,87	142,3± 7,13	137,7± 8,96	135,9± 5,14	142,3± 7,13	137,7± 8,96	135,9± 5,14
Общая проба мяса-фарша									
Энергетическая ценность, ККал	210,64± 4,88	209,38± 5,11	205,23± 6,14	199,58± 6,26	199,02± 5,73	198,12± 6,09	209,3± 5,11	205,2± 6,14	199,5± 6,26

Результаты представленные в таблице 5 показывают, что среди бычков различных генотипов по гену гормона роста не наблюдается значительных различий.

В длинной мышце спины бычков линии Дуплета 825 содержание триптофана самое высокое. Таким образом, с увеличением содержания триптофана в последовательности  $GH^{LL}$  повышается белково-качественный показатель.

Содержание триптофана в зависимости от генотипа уменьшается в следующем порядке:  $GH^{LL}$ ,  $GH^{LV}$  и  $GH^{VV}$ . У всех линий содержание триптофана у животных, гомозиготных по первому аллелю, выше на 2,34%.

Похожим образом меняется этот показатель у общей пробы мясного фарша по генотипам  $GH^{LL}$ ,  $GH^{LV}$  и  $GH^{VV}$ . Наивысшие значения отмечены у мяса бычков линии Дуплет 825, где энергетическая ценность варьируется от 205,23 до 210,64 ккал.

Результаты нашего исследования подчеркивают важность генетической селекции в мясном скотоводстве. Выбор животных с предпочтительными генотипами, такими как  $GH^{LL}$ , может значительно повысить продуктивность и качество мясной продукции, что в свою очередь имеет важное значение для всей отрасли.

### 3.2 Полиморфизм гена лептина ( $LEP$ ) и его влияние на формирование фенотипических показателей крупного рогатого скота в процессе их роста и развития

Лептин является гормоном жировой ткани, который регулирует энергетический, нейроэндокринный и метаболический аспекты организма. Это оказывает влияние на формирование продуктивных характеристик крупного рогатого скота, так как он является важным регулятором в этом процессе.

В таблице 6 представлены результаты исследования полиморфизма гена  $LEP$  у бычков заводских линий калмыцкого скота.

Таблица 6 – Генотипирование бычков по гену лептина

Заводская линия	Количество животных	Генотипы						Частоты аллелей	
		AA		AB		BB		A	B
		гол	%	гол	%	гол	%		
Дуплета 825	120	36	30,00	61	50,83	23	19,17	0,55	0,45
Моряка 12054	120	63	52,50	45	37,50	12	10,00	0,72	0,28
Пирата 6626	120	45	37,50	55	42,50	20	20,00	0,59	0,41

Преобладание генотипа  $LEP^{AA}$  в исследуемых заводских линиях калмыцкого скота подтверждается у представителей линии Моряка 12054.

Как следует из результатов, у бычков линии Дуплета 825 наблюдается значительное преобладание гетерозиготного генотипа  $LEP^{AB}$  (50,83%) над гомозиготным генотипом  $LEP^{AA}$  (30,00%) — разница составляет 20,83%. В то же время у молодняка линии Пирата 6626 наибольший показатель генотипа  $LEP^{BB}$  (20,00%) среди всех исследуемых животных. У крупного рогатого скота линии Моряка 12054 разница между указанными генотипами составила 10,00%, а преобладание гомозиготного генотипа по варианту  $BB$  над бычками линии Дуплета 825 было минимальным и составило 0,83%.

Наибольшая частота встречаемости аллеля  $A$  выявлена у линии Моряка 12054 (0,72), у бычков линии Дуплета 825 она составила 0,55, а у линии Пирата 6626 – 0,59.

По количеству гетерозигот можно определить генетическую изменчивость популяции. В таблице 7 представлены результаты оценки наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности по гену лептина.

Таблица 7 – Гетерозиготность по гену лептина (*LEP*)

Линия	Ho	He	F	$\chi^2$
Дуплета 825	0,508	0,495	0,013	0,003
Моряка 12054	0,375	0,403	- 0,028	0,001
Пирата 6626	0,425	0,483	- 0,058	0,006

Согласно данным таблицы 7, в популяциях быков различных заводских линий по гену *LEP* отмечается, что ожидаемая гетерозиготность для изучаемых локусов немного превышает наблюдаемую и составляет 0,013, 0,028 и 0,058 соответственно. Данный фактор свидетельствует о преобладании инбридинга, хоть и в малой степени.

Исследование мясной продуктивности бычков в зависимости от их генотипа по гену лептина основывалось на данных, полученных при взвешивании животных на протяжении всего периода их роста.

В таблице 8 представлены результаты исследования генотипов гена лептина в зависимости от возраста выращивания.

Таблица 8 – Динамика живой массы бычков различных генотипов, кг

Возраст, мес	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	AA (n=36)	AB (n=61)	BB (n=23)	AA (n=63)	AB (n=45)	BB (n=12)	AA (n=45)	AB (n=55)	BB (n=20)
При рождении	24,8± 0,52*	24,5± 0,73	24,4± 0,77*	24,6± 0,73	24,5± 0,80	24,3± 0,73	24,9± 0,69	24,4± 0,53	24,2± 0,56
8	227,7± 5,44	226,3± 5,43	225,9± 5,88	225,3± 5,36	222,2± 5,14	221,3± 5,45	225,3± 5,70	222,2± 4,53	219,3± 4,71
12	330,7± 7,34	328,2± 7,36	326,3± 8,53	328,7± 8,74**	326,3± 8,65	320,3± 8,36**	321,3± 8,75	318,4± 8,63	312,7± 8,92
16	418,7± 10,45	415,0± 11,76	408,3± 10,56	413,4± 10,78	412,3± 10,40	410,8± 10,36	413,4± 11,18	409,5± 12,41	404,7± 11,78
20	486,7± 12,45	485,8± 11,82	483,4± 10,88	475,2± 14,65	473,4± 13,78	470,3± 10,46	474,5± 11,13*	473,8± 14,88	472,9± 10,08*

\*P<0,05 \*\*P<0,01

Данные таблицы 8 указывают на соответствие показателей живой массы бычков различных линий, установленным стандартам породы.

У бычков различных исследуемых линий с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* выявлены наибольшие показатели живой массы. Так, в возрасте 20 месяцев у бычков линии Дуплета 825 с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* средняя живая масса составила 486,7±12,45, что превосходит сверстников с генотипом *LEP<sup>AB</sup>* на 0,19%, бычков с генотипом *LEP<sup>BB</sup>* на 0,68%.

В нашем исследовании было установлено, что бычки всех линий, которые имеют генотип *LEP<sup>AA</sup>*, обладали наибольшей живой массой во все возрастные периоды.

Послеубойные показатели туш бычков исследуемых линий в зависимости от генотипа по гену *LEP* приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Послеубойные показатели туш бычков по гену лептина

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	AA (n=36)	AB (n=61)	BB (n=23)	AA (n=63)	AB (n=45)	BB (n=12)	AA (n=45)	AB (n=55)	BB (n=20)
Предубойная живая масса, кг	486,7± 12,45*	485,8± 11,82	483,4± 10,88	475,2± 14,65*	473,4± 13,78	470,3± 10,46	474,5± 11,13*	473,8± 14,88	472,9± 10,08
Масса парной туши, кг	280,34 ±5,78	279,34 ±5,33	276,99 ±5,47	274,19 ±4,18	272,21 ±5,16	269,48 ±5,66	268,57 ±5,98	266,75 ±5,37	265,77 ±5,60
Выход туши, %	57,6± 0,35*	57,5± 0,33	57,3± 0,41	57,7± 0,51*	57,5± 0,23	57,3± 0,19	56,6± 0,42*	56,3± 0,41	56,2± 0,39
Масса внутреннего жира-сырца, кг	11,12± 2,15	11,33± 2,43	12,12± 2,74	16,18± 5,22	15,74± 4,31	14,88± 3,69	11,24± 1,68	11,69± 2,45	12,11± 2,67

Продолжение таблицы 9

Выход жира, %	3,12± 0,12	3,45± 0,19	4,10± 0,35	5,91± 0,26	5,45± 0,29	5,03± 0,19	3,86± 0,21	4,03± 0,33	4,46± 0,38
Убойная масса, кг	308,08 ± 10,18	306,05 ± 11,74	303,58 ± 12,10	285,12 ± 10,74	279,31 ± 10,69	275,13 ± 11,18	281,38 ± 12,34	280,49 ± 12,17	279,48 ± 11,79
Убойный выход, %	63,3± 2,23	63,0± 2,39	62,8± 2,37	60,0± 2,18	59,0± 2,89	58,5± 3,18	59,3± 2,25	59,2± 2,74	59,1± 2,59
Толщина подкожного жира, см	1,90± 0,07	1,81± 0,10	1,72± 0,13	2,45± 0,34	2,05± 0,56	1,88± 0,42	1,99± 0,19	2,18± 0,36	2,35± 0,43
Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	84,15± 0,49	83,28± 0,45	82,57± 0,37*	83,45± 0,33	82,67± 0,39	81,23± 0,18*	82,23± 0,34	81,63± 0,39	80,52± 0,27*

\* – P&lt;0,05

Согласно информации из таблицы 9, можно утверждать, что молодые бычки из разных заводских линий калмыцкого скота, обладающие гомозиготным генотипом варианта *A*, показывают более высокие результаты по нескольким критериям по сравнению с ровесниками, имеющими гомозиготный вариант *B*.

Так, бычки линии Моряка 12054 с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* имеют более высокую предубойную живую массу (на 1,12% и 0,78% соответственно), показатель выхода туши у бычков данной линии составляет 57,7 %, что на 0,2 % больше, чем у гетерозиготных бычков данной линии и на 0,4% больше бычков с генотипом *LEP<sup>BB</sup>*.

Исследования показали, что площадь мышечного глазка коррелирует с массой туши и данный показатель является важнейшим индикатором продуктивности крупного рогатого скота мясного направления.

Гармоничное развитие мышечной и соединительной тканей, а также скелета совместно с правильным распределением жировой ткани в организме животного способствуют оптимальному соотношению этих компонентов в туше. Это, в свою очередь, позволяет получить продукцию высшей категории, что является основным критерием продуктивности крупного рогатого скота мясного направления.

Сравнительный анализ качества белков и энергетической ценности мяса бычков различных генотипов представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Биологическая и энергетическая ценность мяса

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
Генотип	<i>AA</i> (n=36)	<i>AB</i> (n=61)	<i>BB</i> (n=23)	<i>AA</i> (n=63)	<i>AB</i> (n=45)	<i>BB</i> (n=12)	<i>AA</i> (n=45)	<i>AB</i> (n=55)	<i>BB</i> (n=20)
Длиннейшая мышца спины									
Оксипоролин, мг/%	50,15± 2,22*	50,24± 2,75	49,96± 2,59*	50,36± 1,89*	49,47± 1,99	48,36± 1,67*	50,24± 1,89*	49,09± 1,85	48,63± 2,24*
Триптофан, мг/%	383,8± 28,74	380,3± 18,06	376,8± 24,74	380,3± 24,36	373,6± 27,45	368,1± 28,77	379,3± 16,58	378,2± 25,87	370,6± 27,09
Белково- качественный показатель	7,88± 1,18	7,78± 0,99*	7,76± 1,02	7,61± 1,31	7,52± 1,45*	7,48± 1,78	7,55± 1,36	7,45± 1,47*	7,33± 0,98
Энергетическая ценность, ККал	145,77 ± 4,54	143,75 ± 4,08	141,36 ± 5,08	142,74 ± 7,01	137,87 ± 8,44	136,04 ± 5,75	143,57 ± 7,86	138,74 ± 8,05	135,35 ± 5,47
Общая проба мяса-фарша									
Энергетическая ценность, ККал	213,57 ± 4,44	210,55 ± 5,71	208,67 ± 6,38	208,57 ± 6,20	205,02 ± 5,67	201,82 ± 6,67	209,37 ± 5,19	205,87 ± 6,64	203,08 ± 6,88

\*P&lt;0,05

Полученные результаты исследования в таблице 10 показывают, что определенное изменение в однонуклеотидном полиморфизме (SNP) гена *LEP* у молодых бычков из исследуемых линий имеет значительную корреляцию с такими показателями, как итоговая живая масса в конце откорма, суточный прирост, предубойная масса, вес туши после обработки, процент выхода мякоти, содержание внутримышечного жира в длиннейшей мышце спины и общее содержание жира в мясной продукции.

Общее количество оксипоролина в длиннейшей мышце спины во всех исследованиях остается на одном уровне, содержание же триптофана уменьшается в зависимости от генотипа животного в следующем порядке от *LEP<sup>AA</sup>* к *LEP<sup>AB</sup>* и к *LEP<sup>BB</sup>*. У всех животных различных линий, которые являются гомозиготными по варианту *A* показатель триптофана выше на 1,86%, а наивысший показатель был зарегистрирован у бычков линии Дуплета 825 и составил 383,8 мг/%.

Обнаружена положительная корреляция между количеством триптофана и белково-качественным показателем, что в свою очередь положительно влияет на питательная ценность мяса.

Калорийность мяса длиннейшей мышцы спины у линии Дуплета 825 составляет от 141,36 до 145,77 ккал (в зависимости от генотипа), что является наивысшим показателем среди всех исследуемых животных, также самое большое значения энергетической ценности зафиксированы в пробах мяса-фарша, полученного от бычков линии Дуплета 825, где показатели колеблются между 208,67 и 213,57 ккал.

Энергетическая ценность мяса длиннейшей мышцы спины и мяса-фарша возрастает в зависимости от генотипа по направлению: *LEP<sup>BB</sup>*, *LEP<sup>AB</sup>*, *LEP<sup>AA</sup>*, во всех заводских линиях калмыцкой породы.

### 3.3 Полиморфизм гена тиреоглобулина (*TG5*) и его влияние на формирование фенотипических показателей крупного рогатого скота в процессе их роста и развития

Тиреоглобулин представляет собой гликопротеин, который служит основой для выработки тиреоидных гормонов — трийодтиронина (Т3) и тетраiodтиронина (Т4). Эти гормоны играют ключевую роль в формировании адипоцитов, клеток, участвующих в накоплении и использовании жиров внутри организма.

Влияние тиреоидных гормонов на обмен веществ подчеркивает важность их уровня для оптимизации продуктивности животных. Высокое содержание Т3 и Т4 способствует более эффективному использованию энергии, что, в свою очередь, может привести к улучшению роста и развития мышечной массы. Это особенно актуально в условиях интенсивного животноводства, где каждая единица корма должна максимально конвертироваться в продукцию.

Результаты исследования полиморфизма гена тиреоглобулина у бычков заводских линий калмыцкого скота представлены таблице 11.

Таблица 11 – Генотипирование бычков по гену тиреоглобулина

Заводская линия	Количество животных	Генотипы						Частоты аллелей	
		<i>CC</i>		<i>CT</i>		<i>TT</i>		<i>C</i>	<i>T</i>
		гол	%	гол	%	гол	%		
Дуплета 825	120	46	38,34	53	44,16	21	17,50	0,604	0,396
Моряка 12054	120	41	34,17	47	39,17	32	26,66	0,537	0,463
Пирата 6626	120	75	62,50	30	25,00	15	12,50	0,750	0,250

Анализ данных таблицы 11 показывает, что генотип  $TG5^{CC}$  встречается с высокой частотой у бычков калмыцкой породы: 38,34%, 34,17% и 62,50% соответственно.

Генотипирование по гену тиреоглобулина в разрезе частоты аллелей доказывает, что у всех заводских линий крупного рогатого скота калмыцкой породы аллель  $C$  преобладает над аллелью  $T$ , что согласуется с данными полученными при исследовании калмыцкого скота в работе Л.Г. Сурундаевой в 2016 году, где частота аллеля  $C$  достоверна установлена 0,705, а частота встречаемости аллеля  $T$  равнялась 0,295.

По количеству гетерозигот можно определить генетическую изменчивость популяции. В таблице 12 представлены результаты оценки надлюдаемой и ожидаемой гетерозиготности по гену тиреоглобулина.

Таблица 12 – Гетерозиготность по гену тиреоглобулина ( $TG5$ )

Линия	Но	Не	F	$\chi^2$
Дуплета 825	0,44166	0,478368	- 0,036708	0,002817
Моряка 12054	0,39166	0,497262	- 0,105602	0,022426
Пирата 6626	0,25	0,375	- 0,125	0,041667

Анализ информации представленной в таблице 12 показал, что в изучаемых линиях наблюдается нарушение генетического равновесия, что связано с воздействием искусственного отбора и жесткого внутрилинейного разведения. В частности, у животных линии Пирата 6626 зафиксировано нарушение генетического равновесия (-0,125), которое проявляется в избытке гомозигот и нехватке гетерозигот.

Во всех исследуемых линиях ожидаемая гетерозиготность превышает наблюдаемую. Это говорит о том, что в данных линиях, хотя и в незначительной степени, наблюдается инбридинг.

Информация об изменении массы тела бычков разных генотипов, касающаяся гена тиреоглобулина, в зависимости от этапа их роста, приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Живая масса бычков в зависимости от периода выращивания, кг

Возраст, мес	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	$CC$ ( $n=46$ )	$CT$ ( $n=53$ )	$TT$ ( $n=21$ )	$CC$ ( $n=41$ )	$CT$ ( $n=47$ )	$TT$ ( $n=32$ )	$CC$ ( $n=75$ )	$CT$ ( $n=30$ )	$TT$ ( $n=15$ )
При рождении	25,62± 0,48	25,24± 0,18	24,98± 0,48	24,78± 0,83	24,86± 0,78	24,45± 0,78	24,87± 0,71	24,56± 0,64	24,36± 0,57
8	228,32± 5,56	227,24± 5,78	226,85± 5,38	227,71± 5,66	225,87± 6,37	224,88± 5,99	226,12± 5,34	224,78± 6,03	222,54± 5,76
12	330,16± 7,45	329,34± 7,01	328,56± 8,08	329,67± 8,55	327,12± 7,34	325,51± 8,04	324,41± 7,18	322,23± 8,07	320,61± 8,47
16	416,41± 10,36	412,07± 11,55	409,46± 10,91	411,33± 10,47	409,05± 10,07	407,44± 10,27	407,11± 11,66	405,18± 12,70	402,34± 11,44
20	488,88± 12,12	485,41± 11,73	484,11± 10,07	480,46± 13,18	478,67± 12,40	474,36± 11,67	475,24± 11,78	472,07± 14,57	469,98± 12,38

Показатели живой массы бычков различных заводских линий в каждом возрастном периоде соответствуют классу – Рекорд.

Согласно данным таблицы 13 результаты исследований не выявили существенных различий между группами. У большинства изученных заводских линий наблюдается тенденция к незначительному увеличению живой массы по генотипам от  $TG5^{TT}$  к  $TG5^{CT}$ , и от  $TG5^{CT}$  к  $TG5^{CC}$ .

Среди бычков разных исследуемых линий были обнаружены особи с самым высоким показателем живой массы, имеющие генотип  $TG5^{CC}$ . Например, в возрасте 20 месяцев бычки линии Пирата 6626 с генотипом  $TG5^{CC}$  имели среднюю живую массу  $475,24 \pm 11,78$  кг, что на 0,67% больше, чем у их сверстников с генотипом  $TG5^{CT}$ , и на 1,12% больше, чем у бычков с генотипом  $TG5^{TT}$ .

В таблице 14 представлены данные о характеристиках туш бычков, принадлежащих к разным линиям, в зависимости от их генотипа по гену *TG5*.

Таблица 14 – Послеубойные показатели туш по гену гормона тиреоглобулина

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	<i>CC</i> ( <i>n</i> =46)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =53)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =21)	<i>CC</i> ( <i>n</i> =41)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =47)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =32)	<i>CC</i> ( <i>n</i> =75)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =30)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =15)
Предубойная живая масса, кг	488,88± 12,12*	485,41± 11,73	484,11± 10,07*	480,46± 13,18*	478,67± 12,40	474,36± 11,67*	475,24± 11,78*	472,07± 14,57	469,98± 12,38*
Масса парной туши, кг	284,04± 10,18	280,08± 10,02	278,36± 9,87	279,15± 10,27	276,67± 9,87	273,23± 10,36	271,84± 10,87	269,08± 11,58	266,01± 12,54
Выход туши, %	58,1± 0,3	57,7± 0,4	57,5± 0,5	58,1± 0,6	57,8± 0,2	57,6± 0,3	57,2± 0,5	57,0± 0,7	56,6± 0,5
Масса внутреннего жира-сырца, кг	12,01± 1,12	12,16± 1,23	12,50± 1,36	12,17± 1,25	12,64± 1,76	13,33± 2,18	12,53± 1,36	12,97± 2,03	13,43± 2,45
Выход жира, %	4,23± 0,81	4,34± 1,13	4,49± 1,24	4,36± 0,92	4,57± 1,23	4,88± 1,34	4,61± 0,88	4,82± 1,02	5,05± 1,56
Убойная масса, кг	308,48± 11,24	304,35± 11,46	302,57± 11,75	298,37± 10,73	294,38± 11,38	290,78± 12,1	290,85± 11,45	284,66± 12,45	280,58± 10,89
Убойный выход, %	63,1± 0,2	62,7± 0,4	62,5± 0,3	62,1± 0,2	61,5± 0,5	61,3± 0,4	61,2± 0,3	60,3± 0,4	59,7± 0,6
Толщина подкожного жира, см	1,71± 0,09	1,82± 0,11	1,94± 0,14	2,05± 0,39	2,22± 0,43	2,74± 0,55	2,37± 0,48	2,56± 0,58	2,88± 0,57
Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	84,13± 0,53	83,65± 0,61	82,86± 0,43	83,22± 0,74	82,51± 0,62	81,87± 0,74	83,2± 0,57*	82,47± 0,73	81,6± 0,87*

\* –  $P < 0,05$

На основании информации, представленной в таблице 14, можно достоверно сделать вывод, что бычки, принадлежащие к различным заводским линиям калмыцкого скота и имеющие гомозиготный генотип варианта *C*, демонстрируют более высокие результаты по ряду параметров.

Представители линии Пирата 6626 с генотипом *TG5<sup>CC</sup>* превосходят на 2,32% по выходу мякоти, чем их собратья с гомозиготным типом *T* и уступают по показателю массы сухожилий и хрящей на 5,07%.

В таблице 15 представлены результаты сравнительного анализа качества белков и энергетической ценности мяса бычков разных генотипов.

Таблица 15 – Биологическая и энергетическая ценность мяса

Показатель	Заводская линия								
	Дуплета 825			Моряка 12054			Пирата 6626		
	<i>CC</i> ( <i>n</i> =46)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =53)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =21)	<i>CC</i> ( <i>n</i> =41)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =47)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =32)	<i>CC</i> ( <i>n</i> =75)	<i>CT</i> ( <i>n</i> =30)	<i>TT</i> ( <i>n</i> =15)
Длиннейшая мышца спины									
Оксипоролин, мг/%	51,48± 2,79	51,56± 3,32	51,29± 3,16	51,69± 2,46	50,80± 2,56	49,69± 2,24	51,57± 2,46	50,42± 2,42	49,96± 2,81
Триптофан, мг/%	385,13± 29,31	381,63± 18,63	378,13± 25,31	381,63± 24,93	374,93± 28,02	369,43± 21,34	380,63± 17,15	379,53± 26,44	371,93± 27,66
Белково-качественный показатель	7,48± 0,23	7,40± 0,25	7,37± 0,29	7,38± 0,21	7,38± 0,24	7,43± 0,25	7,38± 0,20	7,53± 0,25	7,44± 0,31
Энергетическая ценность, ККал	147,10± 5,11	145,08± 4,65	142,69± 5,65	144,07± 7,58	139,20± 9,01	137,37± 6,32	144,90± 8,43	140,07± 8,62	136,68± 6,04
Общая проба мяса-фарша									
Энергетическая ценность, ККал	214,90± 5,01	211,88± 6,28	210,00± 5,95	209,90± 6,77	206,35± 6,24	203,15± 7,24	210,70± 5,76	207,20± 7,21	204,41± 7,45

В процессе анализа данных, представленных в таблице 15, было установлено, что содержание триптофана снижается в зависимости от генотипа животного в следующем порядке: от  $TG5^{CC}$  к  $TG5^{CT}$  и от  $TG5^{CT}$  к  $TG5^{TT}$ .

У всех животных, которые являются гомозиготными по варианту А, уровень триптофана выше в среднем на 4,02%. Наибольшее значение было зафиксировано у бычков линии Дуплета 825 и составило 385,13 мг/‰.

Была обнаружена взаимосвязь между содержанием триптофана и белково-качественным показателем, что, в свою очередь, положительно сказывается на питательной ценности мяса.

Калорийность мяса длиннейшей мышцы спины у линии Пирата 6626 составляет от 136,68 до 144,90 ккал в зависимости от генотипа. А самая высокая энергетическая ценность была зафиксирована в пробах мяса-фарша, полученных от бычков линии Дуплета 825. Здесь показатели колебались от 210,00 до 214,90 ккал.

Энергетическая ценность мяса длиннейшей мышцы спины и мяса-фарша увеличивается в зависимости от генотипа по направлению:  $TG5^{TT} \rightarrow TG5^{CT} \rightarrow TG5^{CC}$ . во всех заводских линиях калмыцкой породы.

Результаты исследования демонстрируют, что определённое изменение в однонуклеотидном полиморфизме (SNP) гена  $TG5$  у молодых бычков из исследуемых линий имеет тесную связь с такими показателями, как итоговая живая масса в конце откорма, суточный прирост, предубойная масса, вес туши после обработки, процент выхода мякоти, содержание внутримышечного жира в длиннейшей мышце спины и общее содержание жира в мясной продукции.

### **3.4 Влияние различных генотипов на экономическую эффективность использования крупного рогатого скота калмыцкой породы для производства говядины**

Оценка экономической эффективности содержания и выращивания бычков различных генотипов, проведенная с использованием ДНК-маркеров мясной продуктивности, была выполнена методом расчета затрат.

Применение генетического тестирования с использованием ДНК-маркеров позволило более точно отбирать бычков с наилучшими показателями мясной продуктивности. Это, в свою очередь, способствовало увеличению рентабельности, так как отбор лучших особей для откорма обеспечил более высокие темпы роста и улучшенные характеристики мяса.

Комплексный подход, включающий генетический отбор, ресурсосберегающие технологии и современные методы управления, обеспечил высокую экономическую эффективность в мясном скотоводстве, что открывает перспективы для дальнейшего развития отрасли и увеличения её конкурентоспособности на рынке.

В таблицах 16-18 представлены итоги анализа экономической эффективности производства говядины, полученной от бычков с различными генотипами по гену гормона роста, гормона лептина, гормона тиреоглобулина.

Расчеты экономической эффективности приведены из стоимости говядины в закупке (430,0 рублей), при себестоимости производства (133,78 рублей за кг) и общих затрат на производство мяса (47370,0 рублей).

Таблица 16 – Оценка экономической эффективности производства говядины различных генотипов по гену гормона роста

Генотип		Показатель			
		Масса туши, кг	Реализация продукции, руб.	Чистая прибыль, руб.	Рентабельность, %
Линия Дуплета 825	<i>LL</i> (n=57)	286,55±5,37	123216,5	75846,5	61,5
	<i>LV</i> (n=48)	278,47±6,18	119742,1	72372,1	60,4
	<i>VV</i> (n=15)	277,10±5,49	119153,0	71783	60,2
Линия Моряка 12054	<i>LL</i> (n=58)	276,12±5,23	118731,6	71361,6	60,1
	<i>LV</i> (n=52)	276,14±7,45	118740,2	71370,2	60,1
	<i>VV</i> (n=10)	269,42±8,36	115850,6	68480,6	59,1
Линия Пирата 6626	<i>LL</i> (n=43)	269,36±7,36	115824,8	68454,8	59,1
	<i>LV</i> (n=53)	266,58±4,24	114629,4	67259,4	58,6
	<i>VV</i> (n=24)	261,62±9,89	112496,6	65126,6	57,8

Экономический анализ производства говядины в таблице 16, полученной от бычков разных генотипов, показал, что выращивание бычков генотипа *GH<sup>LL</sup>* является более рентабельным. В частности, у бычков линии Дуплета 825 рентабельность составила 61,5%. Уровень рентабельности говядины, полученной от бычков линии Моряка 12054 с разными генотипами по гену *GH*, составляет 60,1%. Этот показатель остаётся неизменным как в случае гомозиготного варианта по первому типу, так и в случае гетерозиготного варианта. При одинаковых затратах на производство мяса уровень рентабельности выше у бычков генотипа *GH<sup>LL</sup>* во всех исследуемых заводских линиях калмыцкой породы скота.

Таблица 17 – Оценка экономической эффективности производства говядины различных генотипов по гену гормона лептина

Генотип		Показатель			
		Масса туши, кг	Реализация продукции, руб.	Чистая прибыль, руб.	Рентабельность, %
Линия Дуплета 825	<i>AA</i> (n=36)	280,34±5,78	120546,2	73176,2	54,48
	<i>AB</i> (n=61)	279,34±5,33	120116,2	72746,2	53,57
	<i>BB</i> (n=23)	276,99±5,47	119105,7	71735,7	51,44
Линия Моряка 12054	<i>AA</i> (n=58)	276,12±5,23	118731,6	71361,6	50,65
	<i>AB</i> (n=52)	276,14±7,45	118740,2	71370,2	50,67
	<i>BB</i> (n=10)	269,42±8,36	115850,6	68480,6	44,57
Линия Пирата 6626	<i>AA</i> (n=43)	268,57±5,98	115485,1	68115,1	43,79
	<i>AB</i> (n=53)	266,75±5,37	114702,5	67332,5	42,14
	<i>BB</i> (n=24)	265,77±5,60	114281,1	66911,1	41,25

Экономический анализ производства говядины в таблице 17, полученной от бычков разных генотипов, показал, что выращивание бычков генотипа *LEP<sup>AA</sup>* является более рентабельным, у бычков линии Дуплета 825 рентабельность составила 54,48%.

Средний уровень рентабельности, полученного от бычков линии Моряка 12054 с различными генотипами по гену *LEP*, составляет 48,62%. Эффективность производства говядины, полученной от бычков показал, что принадлежащих к линии Пирата 6626 с различными генотипами по гену *LEP*, существенно ниже, чем у заводских линий, которые были взяты для сравнения. В своём максимальном состоянии, когда генотип является гомозиготным по первому аллелю, рентабельность достигает 43,79%.

При одинаковых расходах на производство мяса бычки с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* демонстрируют более высокую рентабельность во всех исследуемых заводских линиях калмыцкой породы скота по гену лептина.

Таблица 18 – Оценка экономической эффективности производства говядины различных генотипов по гену гормона тиреоглобулина

Генотип		Показатель			
		Масса туши, кг	Реализация продукции, руб.	Чистая прибыль, руб.	Рентабельность, %
Линия Дуплета 825	<i>CC (n=46)</i>	284,04±10,18	122137,2	74767,2	57,84
	<i>CT (n=53)</i>	280,08±10,02	120434,4	73064,4	54,24
	<i>TT (n=21)</i>	278,36±9,87	119694,8	72324,8	52,68
Линия Моряка 12054	<i>CC (n=41)</i>	279,15±10,27	120034,5	72664,5	53,40
	<i>CT (n=47)</i>	276,67±9,87	118968,1	71598,1	51,15
	<i>TT (n=32)</i>	273,23±10,36	117488,9	70118,9	48,02
Линия Пирата 6626	<i>CC (n=75)</i>	271,84±10,87	116891,2	69521,2	46,76
	<i>CT (n=30)</i>	269,08±11,58	115704,4	68334,4	44,26
	<i>TT (n=15)</i>	266,01±12,54	114384,3	67014,3	41,47

Исследование экономической эффективности производства говядины в таблице 18, полученной от бычков различных генотипов, выявило, что выращивание бычков с генотипом *TG5<sup>CC</sup>* является наиболее прибыльным. Рентабельность производства говядины от бычков линии Дуплета 825 составила 57,84%.

Средняя прибыльность мяса, полученного от бычков линии Моряка 12054 с разными генотипами по гену *TG5*, составляет 50,86%, а максимальный уровень (53,40%) был отмечен в гомозиготном генотипе первого аллеля.

Экономическая эффективность производства мяса, происходящих от быков линии Пирата 6626 с различными вариантами гена *TG5*, ниже, чем у животных заводских линий, которые были использованы в исследовании. При этом, как и во всех предыдущих исследованиях, генотип являющийся гомозиготным по первому аллелю, достигает максимальной рентабельности и составляет 46,76%.

При одинаковых затратах на производство мяса бычки с генотипом *TG5<sup>CC</sup>* демонстрируют более высокую рентабельность во всех исследуемых заводских линиях калмыцкой породы скота по гену гормона тиреоглобулина.

### 3.5 Разработка нового способ ранней диагностики племенных качеств крупного рогатого скота калмыцкой породы

Известен способ отбора крупного рогатого скота по мясной продуктивности (RU 2366170, дата публикации 10.09.2009), заключающийся в процессе определения эритроцитарных антигенов, которые могут указывать на повышенную или пониженную энергию роста у телок симментальской породы. Если в генотипе животного преобладают маркеры, связанные с повышенной энергией роста, то оно отбирается для дальнейшей селекции.

Данный метод имеет ограничение в обнаружении антигенов-маркеров продуктивности у пород скота, выращиваемых для производства молока и молока с мясом, которые не являются индикаторами производства мяса.

Предлагаемый способ основан на определении генотипов по генам *GH*, *TG5* и *LEP*. Генотипы передаются от родителей потомкам как наследственные единицы.

В результате анализа конкретных генотипов и их комплексов можно определить ключевые элементы, определяющие особенности организма, включая их влияние на продуктивные качества. Исследование генотипов дает возможность оценить вклад наследственности от родителей и предков в формирование генотипа потомства. Таким образом, мы изучали их селекционное значение в качестве маркеров генотипа при анализе передачи хозяйственно-полезных характеристик.

Способ заключается в том, что в любом возрасте выявляют генотипы по генам *GH*, *TG5* и *LEP*. При наличии в генотипе животных маркеров продуктивности высокорослого типа, к которым относится гомозиготный вариант по первому аллелю у всех вышеуказанных генов производят отбор животных.

В момент отбора животных, у которых обнаружены желаемые генетические маркеры используют для дальнейшего разведения, а особей у которых, данные маркеры отсутствуют или имеются в рецессивном состоянии – выбраковывают, направляют на откорм для получения говядины.

Такой подход к отбору не только позволяет улучшить мясные качества скота, но и способствует более эффективному использованию генетического потенциала. Важно отметить, что генетический анализ помогает выявить не только высокопродуктивных животных, но и тех, которые могут передавать свои положительные качества потомству, что особенно важно для долгосрочной селекционной работы.

Внедрение таких технологий дает возможность более точно прогнозировать результаты бонитировки, что, в свою очередь, позволяет снизить риски и затраты, связанные с непредсказуемыми результатами традиционного селекционного процесса.

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### 4.1 Выводы

1. Частота аллеля 238 локуса EТН185 увеличивается от 0,2 – у животных линии Дуплета 825 и Моряка 12054, до 0,6 – у животных линии Пирата 6626.

У животных линии Дуплета 825 и Моряка 12054 наблюдается увеличение частоты аллеля 215 локуса EТН10 и аллеля 264 локуса ВМ1818, которые составляют 0,2–0,5 и 0,3–0,8, соответственно.

В целом, количество аллелей в микросателитных локусах варьируется от 2 (ILST005) до 8 (TGLA122, ВМ1818).

В локусе ВМ 2113 была выявлена аллель 137, которая встречалась исключительно у животных линии Пирата 6626. Это может указывать на недавние события дивергенции или спецификации селекции. Понимание этих генетических различий может способствовать разработке более эффективных стратегий охраны и восстановлению популяций, особенно в условиях активного воздействия человека на экосистемы.

2. У представителей всех линий калмыцкого скота чаще всего встречается генотип  $GH^{LL}$ . На втором месте по распространённости — генотип  $GH^{LV}$ , а на третьем — генотип  $GH^{VV}$ .

Наибольшая частота встречаемости генотипа  $GH^{LL}$  была установлена у бычков линии Дуплета 825 — 48%, линии Моряка 12054 — 52%, а также у бычков линии Пирата 6626 — 36%. Эти значения превышали показатели аналогичного генотипа  $GH$  у второго гомозиготного аллеля на 36%, 44% и 16%, соответственно.

3. При изучении генетического разнообразия животных всех заводских линий был обнаружен высокий уровень присутствия аллеля  $GH^L$  в гене гормона роста. Его частота встречаемости составила 0,65, 0,76 и 0,64 по сравнению с аллелем  $GH^V$ , соответственно, 0,35, 0,24 и 0,36.

4. У бычков линии Пирата 6626 наблюдается небольшое преобладание гетерозиготного генотипа  $GH^{LV}$  (44,1%) над гомозиготным генотипом  $GH^{LL}$  (43,8%) — разница составляет 0,3%. В то же время у молодняка линии Дуплета 825 преобладал генотип  $GH^{LL}$  (47,5%) над генотипом  $GH^{LV}$  на 7,5%. У бычков линии Моряка 12054 разница между указанными генотипами составила 5%.

В популяциях всех линий процент особей с генотипом  $GH^{VV}$  примерно одинаков. Но именно этот генотип был наиболее распространён среди бычков линии Пирата 6626.

5. Установлена взаимосвязь полиморфизма генов гормона роста ( $GH$ ), лептина ( $LEP$ ) и териоглобулина ( $TG5$ ) с показателями мясной продуктивности. Наибольшее влияние на живую массу бычков линии Дуплета 825 оказывает полиморфизм гена  $GH$ . В возрасте 12 месяцев его доля составляет 0,28.

У молодняка, принадлежащего к линиям Моряка 12054 и Пирата 6626, максимальное влияние на живую массу полиморфизма гена  $GH$  отмечено в возрасте 16 месяцев и составляет 0,22 и 0,19, соответственно.

На протяжении всего периода выращивания у бычков линии Дуплета 825 наблюдается наибольшее влияние полиморфизма гена  $LEP$  на абсолютные приросты живой массы. Кроме того, высокий показатель был отмечен у других линий в возрасте от 8 до 20 месяцев — 0,24.

Также было выявлено значительное воздействие полиморфизма гормона *TG5* на среднесуточные приросты живой массы. У бычков линии Дуплета 825 этот показатель составляет 0,38 за весь период выращивания и 0,24 после отъёма.

6. Рентабельность производства говядины, полученной от бычков линии Пирата 6626 разных генотипов по гену *TG5*, значительно ниже, чем у исследуемых заводских линий. Она составляет 50,4% в своём максимальном состоянии — гомозиготном по первому варианту *C*.

При одинаковых затратах на производство мяса уровень рентабельности выше у бычков генотипа *GH<sup>LL</sup>* во всех исследуемых заводских линиях калмыцкой породы скота.

Экономический анализ производства говядины, полученной от бычков разных генотипов, показал, что выращивание бычков генотипа *GH<sup>LL</sup>* является более рентабельным. В частности, у бычков линии Дуплета 825 рентабельность составила 61,5%.

7. Новый способ ранней диагностики племенной ценности крупного рогатого скота калмыцкой породы заключается в том, что в любом возрасте можно выявить генотипы по генам *GH*, *TG5* и *LEP*. При наличии у животных маркеров продуктивности, к которым относится гомозиготный вариант по первому аллелю у всех вышеуказанных генов, производят отбор животных, с целью дальнейшего разведения.

## 4.2 Предложения производству

1. Помимо традиционных методов селекции и разведения калмыцкого мясного скота, мы рекомендуем применять методы маркерной селекции, с целью получения желаемых генотипов и создания новых заводских линий.

2. Рекомендуем для разведения крупного рогатого скота калмыцкой породы использовать тех животных, в генотипе которых присутствует гомозиготный вариант по первому аллелю генов *GH<sup>LL</sup>*, *TG5<sup>CC</sup>*, *LEP<sup>AA</sup>*.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Федоров, В. Х. Состояние и пути развития селекционно-племенной работы в Ростовской области / В. Х. Федоров, П. А. Никитеев, В. В. Федюк // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(46). – С. 97-104.
2. Генетическая характеристика калмыцкого скота в племенных хозяйствах Ростовской области / В. Х. Федоров, П. А. Никитеев, Ю. Г. Тамбиева, В. В. Федюк // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4(50). – С. 100-107.
3. Никитеев, П. А. Учет и отчетность в лаборатории иммуногенетической экспертизы / П. А. Никитеев, Ю. Г. Тамбиева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1(139).
4. Никитеев, П. А. Генотипирование бычков различных заводских линий по гену гормона тиреоглобулина (*TG5*) / П. А. Никитеев // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1 (50). – С. 62-69.
5. Никитеев, П. А. Полиморфизм гена гормона роста (*GH*) и его влияние на формирование мясных качеств у бычков различных заводских линий калмыцкого скота / П. А. Никитеев, В. Х. Федоров // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2025. – № 1 (50). – С. 69-78.

### **Статьи в сборниках научных трудов, материалах конференций и других изданиях**

1. Никитеев, П. А. Цифровой сервис для учета и регистрации результатов экспертиз в лаборатории иммуногенетического анализа / П. А. Никитеев, П. Б. Должанов // Промышленность и сельское хозяйство. – 2024. – № 14(79). – С. 25-29.
2. Никитеев, П. А. Определение оптимальных сроков выращивания молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы / П. А. Никитеев, П. Б. Должанов // Промышленность и сельское хозяйство. – 2024. – № 14(79). – С. 30-35.
3. Никитеев, П. А. Генетические маркеры ассоциированные с мясными показателями различных специализированных линий крупного рогатого скота калмыцкой породы / П. А. Никитеев // Промышленность и сельское хозяйство. – 2024. – № 14(79). – С. 36-40.
4. Никитеев, П. А. Оценка генетического разнообразия заводских линий крупного рогатого скота калмыцкой породы / П. А. Никитеев // Промышленность и сельское хозяйство. – 2025. – № 1 (80). – С. 40-45.
5. Никитеев, П. А. Оценка мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы при различных сроках выращивания / П. А. Никитеев, П. Б. Должанов // Промышленность и сельское хозяйство. – 2025. – № 1 (80). – С. 46-49.

### **Выявленные результаты интеллектуальной деятельности**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665543 Российская Федерация. Учет и отчетность в лаборатории иммуногенетической экспертизы : №2023664709 : заявл. 12.07.2023 : опубл. 18.07.2023 / П. А. Никитеев, С. А. Нестеренко, А. В. Васильев ; заявитель Государственное бюджетное учреждение Ростовской области "Ростовская областная станция по борьбе с болезнями животных с противоэпизоотическим отрядом".