

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции»

На правах рукописи

Убушиева Виктория Саналовна

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСА БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ
ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА**

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных
наук,
профессор, академик РАН
Горлов Иван Федорович

Элиста – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Характеристика крупного рогатого скота калмыцкой породы.....	10
1.2 Генетические факторы, влияющие на мясную продуктивность крупного рогатого скота.....	15
1.3 Характеристика молекулярно-генетических маркеров мясной продуктивности крупного рогатого скота.....	24
1.3.1 Ген гормона роста (GH) и его влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота.....	24
1.3.2 Ген кальпастина (CAST) и его влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота.....	27
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	29
2.1 Общая схема исследований.....	29
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	33
3.1 Генетическая характеристика подопытных бычков по микросателлитным локусам и однонуклеотидным полиморфизмам..	33
3.1.1 Генетическая характеристика подопытных бычков по микросателлитным маркерам.....	33
3.1.2 Генетическая характеристика подопытных бычков по гену GH.....	38
3.1.3 Генетическая характеристика подопытных бычков по гену CAST...	40
3.2 Кормление и содержание подопытных бычков.....	42
3.3 Рост и развитие подопытных животных.....	45
3.3.1 Динамика живой массы и интенсивность роста подопытных бычков.....	45

3.3.2	Динамика живой массы, интенсивность роста, экстерьерные показатели бычков в зависимости от генотипа по гену GH.....	46
3.3.3	Динамика живой массы, интенсивность роста, экстерьерные показатели бычков в зависимости от генотипа по гену CAST.....	53
3.4	Мясная продуктивность подопытных животных.....	60
3.4.1	Убойные показатели и морфологический состав туш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену GH.....	60
3.4.2	Убойные показатели и морфологический состав туш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST.....	63
3.5	Качественные характеристики мяса подопытных бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST.....	66
3.5.1	Органолептическая оценка мяса бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST.....	66
3.5.2	Гистологическая характеристика мяса подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST.....	70
3.5.3	Физико-химические показатели мяса подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST.....	73
3.6	Экономическая эффективность откорма бычков калмыцкой породы разных генотипов.....	82
	ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
	РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	97
	ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	97
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	98
	СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА.....	124
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	125

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Ускорение роста производства говядины в настоящее время является актуальным направлением для увеличения ресурсов мяса в стране. Развитие специализированного мясного скотоводства позволяет увеличить производство мясной продукции (С.В. Логинов, 2018).

Мясное скотоводство входит в число приоритетных направлений сельского хозяйства в Республике Калмыкия (Л.Г. Моисейкина, 2022). Развитие данной отрасли в регионе обуславливает рациональное использование генетического потенциала крупного рогатого скота калмыцкой породы (Ф.Г. Каюмов, 2019). Повышение мясной продуктивности данной породы является актуальной задачей селекционно-племенной работы в хозяйствах республики.

В настоящее время в мясном скотоводстве всё чаще применяются молекулярно-генетические методы в селекции крупного рогатого скота мясных пород. Многими авторами изучены гены-маркеры, взаимосвязанные с продуктивными качествами мясного скота (Ф.Г. Каюмов, 2018; de Oliveira LG, 2019; В.М. Габидулин, 2019; Н.П. Герасимов, 2020; В.И. Колпаков, 2020; Laura Flore, 2023; М.И. Селионова, 2020; Ш.А. Макаев, 2020; Л.В. Евставьева, 2022). Идентификация данных маркеров у крупного рогатого скота способствует раннему выявлению животных с высоким потенциалом продуктивности.

В связи с тем, что интенсификация мясного скотоводства представляет собой важную государственную задачу, особую актуальность приобретает увеличение численности поголовья мясного скота с высоким генетическим потенциалом. Эффективное использование генетического потенциала мясных пород невозможно без всестороннего изучения особенностей формирования продуктивных качеств у животных разных генотипов (Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова, 2020).

Учитывая растущий спрос на говядину по сравнению с другими видами мяса, ключевой целью животноводства в России стало наращивание темпов ее

производства. Поскольку технологический процесс производства говядины базируется на откорме и выращивании молодняка, чрезвычайно важным становится исследование генетических факторов, определяющих мясную продуктивность крупного рогатого скота.

Степень разработанности темы исследования. Поскольку скотоводческие предприятия Республики Калмыкия преимущественно специализируются на разведении крупного рогатого скота калмыцкой породы, важным направлением исследований становится изучение ее генетического потенциала и выявление генетических маркеров, ассоциированных с мясной продуктивностью.

В настоящее время получить достоверные данные о генетическом потенциале животных позволяет молекулярно-генетический анализ. Метод ДНК-маркирования служит инструментом идентификации генов, влияющих на мясные качества. Наиболее широко в качестве молекулярных маркеров используются однонуклеотидные полиморфизмы (SNP). Многие отечественные и зарубежные авторы идентифицировали SNP, достоверно связанные с мясной продуктивностью крупного рогатого скота (R. Hanset, C. Michaux, 1985; М.И. Селионова и др., 2017; J. Lee et al., 2019; G.L. Bennett et al., 2019; Л. Загидуллин и др., 2020; М.П. Дубовскова, 2020; Е. Konovalova et al., 2021; А.Ф. Шевхужев и др., 2022; A. Basson et al., 2022; М.И. Селионова и др., 2023; И.Ф. Горлов и др., 2023; Д. Евлагина и др., 2023; П.О. Щеголев и др., 2023; К.М. Dzhulamanov, N.P. Gerasimov, 2024; S.R. Ayuti et al., 2024; O. Limon-Morales et al., 2025; Р.Ф. Третьякова, Ф.Г. Каюмов, 2025).

Влияние некоторых SNP на мясную продуктивность и качество мяса крупного рогатого скота калмыцкой породы изучены в работах Л.Г. Сурундаевой с соавторами (2017), Д.Б. Косян с соавторами (2017, 2018), А.В. Харламова с соавторами (2019), Ф.Г. Каюмова с соавторами (2021), А.Н. Фролова с соавторами (2022), А.Ф. Шевхужева, Л.Н. Скорых (2023), И.Ф. Горлова с соавторами (2023), Шевхужева с соавторами (2023), Х.А. Амерханова с соавторами (2023), В.В. Кулинцева с соавторами (2023), Н.В. Чимидовой с соавторами (2022, 2024). Полученные авторами результаты свидетельствуют о положительном влиянии некоторых генов на такие продуктивные качества калмыцкого скота, как живая

масса и линейный рост, убойные показатели, качество мясной продукции, а также об эффективности использования ДНК-маркеров в селекционно-племенной работе с данной породой.

Цель и задачи исследования. Цель работы заключается в изучении продуктивных и мясных качеств крупного рогатого скота калмыцкой породы в зависимости от генотипа. Настоящее исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №075-03-2025-420/3 (ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова») и гранта Российского научного фонда №22-16-00041-П (ГНУ НИИММП).

В связи с этим на решение были поставлены следующие задачи:

1. Дать генетическую характеристику подопытных бычков калмыцкой породы;
2. Изучить динамику живой массы подопытных бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по генам GH и CAST;
3. Провести анализ интенсивности роста подопытных бычков разных генотипов по генам GH и CAST;
4. Определить экстерьерные показатели бычков в зависимости от генотипа по генам GH и CAST;
5. Дать оценку мясной продуктивности бычков калмыцкой породы разных генотипов по генам GH и CAST;
6. Провести органолептическую оценку мяса подопытных бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST;
7. Проанализировать гистологическую структуру мышечной ткани подопытных бычков разных генотипов по гену CAST;
8. Исследовать физико-химический состав мяса подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST;
9. Оценить экономическую эффективность откорма крупного рогатого скота разных генотипов.

Научная новизна. Представленная работа вносит существенный вклад в развитие генетических подходов в селекционно-племенной работе в мясном

скотоводстве Республики Калмыкия. Впервые на базе Регионального научно-производственного центра проведена комплексная оценка генотипа и продуктивных качеств калмыцкого скота. В рамках исследования для калмыцкой породы крупного рогатого скота была систематизирована связь полиморфизма L127V гена GH с динамикой живой массы, интенсивностью роста и экстерьерными показателями, полиморфизма C282G гена CAST с качественными показателями мяса бычков калмыцкой породы. Разработан и апробирован комплексный подход к оценке генотип-фенотипических взаимосвязей, включающий молекулярно-генетические, биохимические и гистологические методы.

Разработана методика проведения секвенирования по методу Сенгера для определения полиморфизма L127V гена GH калмыцкого скота с последующей интерпретацией результатов на генетическом анализаторе Нанофор 05, получены оригинальные данные о распространенности аллелей и генотипов по данному локусу.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные в результате проведенного исследования имеют теоретическую и практическую значимость в совершенствовании селекционно-племенной работы в племенных хозяйствах Республики Калмыкия, занимающихся разведением крупного рогатого скота калмыцкой породы. Выявленные ассоциации генотипа с фенотипическими признаками позволяют понять молекулярно-генетические механизмы, регулирующие рост и развитие, формирование мышечной и костной ткани скота, а также качественные характеристики мяса.

Исследование демонстрирует эффективность применения ДНК-маркеров с целью прогнозирования мясной продуктивности калмыцкого скота. Полученные данные о распределении аллелей полиморфизмов генов GH и CAST в изученной популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы дают возможность оценить генетическое разнообразие внутри породы и являются важными для планирования селекционных программ.

Выявленные генетические маркеры по генам GH и CAST способствуют проведению ранней диагностики потенциала животных, отбору особей с высокими

продуктивными показателями, повышению точности племенной оценки. Полученные данные позволят поддержать генетическое разнообразие породы и целенаправленно совершенствовать ее мясные качества. Доказано, что животные с генотипом LV гена GH имели большую живую массу на 5,99%, убойный выход на 12,56%, массе мякоти на 13,24%, носители генотипа GG гена CAST отличались более нежной консистенцией мяса, наименьшей плотностью мышечных волокон на 1 мм, носители генотипа CG гена CAST имели наиболее сбалансированный аминокислотный состав.

Методология и методы исследования. Методологическая база исследования сформирована на основе анализа трудов отечественных и зарубежных авторов, включающих теоретические и экспериментальные данные и посвященных анализу взаимосвязи генотипа и фенотипических показателей мясной продуктивности крупного рогатого скота калмыцкой породы, а также методам ее повышения. В работе применялся комплекс методов: общенаучные (экспериментальный подход и сравнительный анализ), специальные (зоотехнические, молекулярно-генетические, биохимические, гистологические, органолептические), методы вариационной статистики.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Генетическая характеристика крупного рогатого скота калмыцкой породы по генам GH и CAST;
2. Связь между полиморфизмом L127V гена GH с ростом, развитием и мясной продуктивностью бычков калмыцкой породы;
3. Ассоциация качественных показателей мяса подопытных бычков с полиморфизмом C282G гена CAST;
4. Органолептические, физико-химические и гистологические особенности мяса бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа C282G гена CAST;
5. Экономическая эффективность выращивания бычков калмыцкой породы разных генотипов.

Степень достоверности и апробация работы. Подтверждением достоверности работы является достаточное количество подопытных животных,

обеспечивающее репрезентативность выборки, применение общепринятых методик исследования, использование современного оборудования, биометрическая обработка экспериментальных данных, статистическая оценка достоверности межгрупповых различий бычков разных генотипов с использованием различного программного обеспечения (Excel, Microsoft Office, Statistica 10).

Экспериментальные исследования проведены в сертифицированной лаборатории в соответствии с общепринятыми методиками и межгосударственным стандартом.

Основные положения диссертационной работы доложены и положительно оценены на международных конференциях: «Стратегия развития АПК России на основе рационального использования региональных генетических и сырьевых ресурсов» (г. Волгоград, 2024 г.), «Время науки: актуальные вопросы, достижения и инновации» (г. Пенза, 2024 г.), «Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации» (г. Пенза, 2024 г.), «Научные основы создания и реализации современных технологий здоровьесбережения» (г. Ростов-на-Дону, г. Волгоград, 2024 г.), «Устойчивое технологическое развитие аграрно-пищевых систем – гарантия продовольственной безопасности» (г. Москва, 2025 г.), «Устойчивое технологическое развитие аграрно-пищевых систем – гарантия продовольственной безопасности» (г. Волгоград, 2025 г., приложение Г); на всероссийской конференции: «Новые подходы в развитии животноводства на основе использования региональных породных ресурсов» (г. Элиста, 2025 г.).

Реализация результатов исследований. Результаты проведенных исследований прошли практическую апробацию в производственных условиях НАО ПЗ «Кировский» и применяются в хозяйственной деятельности организации.

Публикация результатов исследования. По материалам диссертационной работы было опубликовано 20 научных работ, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 2 статьи в журналах, входящих в международные базы цитирования «Scopus», 1 свидетельство о регистрации базы данных (приложение Е).

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика крупного рогатого скота калмыцкой породы

Калмыцкая порода скота относится к числу древних пород. Крупный рогатый скот данной породы был привезен из Центральной Азии более чем 400 лет назад. Формирование калмыцкого скота происходило под влиянием резко континентального климата. Суровые условия обитания, естественный и искусственный отбор способствовали выработке у скота ценных хозяйственно-биологических особенностей. Крупный рогатый скот калмыцкой породы характеризуется хорошей скороспелостью, способностью к быстрому набору жира и его накоплению, высокой мясной продуктивностью, приспособленностью к резко континентальному климату, неприхотливостью в кормлении [8, 49]. Так, калмыцкий скот достаточно хорошо переносит неблагоприятные климатические условия – длительный мороз с холодными степными ветрами в зимнее время и жару в летнее время. Обладая уникальной способностью использовать скудную растительность, животные данной породы круглогодично содержатся на пастбище.

Исследования хозяйственно-биологических особенностей и происхождения калмыцкого скота были проведены рядом ученых: А.И. Гальпериным (1932), С.А. Кудряшовым (1935), А.С. Карповым и В.И. Федоровым (1937), А.В. Заркевичем (1961), М. Б. Нармаевым (1969), Э.Н. Доротюком (1981) и многими другими.

В научной работе М.О. Новлянского (1857) «О разведении и содержании крупного рогатого скота» представлен обширный материал, описывающий породы крупного рогатого скота, разводимые на территории России в то время. Его исследование считается первой научной публикацией, в которой описаны особенности калмыцкого скота.

Первым отечественным ученым, высказавшимся о происхождении калмыцкого скота, был П.Н. Кулешов (1947), который заложил научную основу в

изучении этой породы. Он отмечал, что скот калмыцкой породы может соответствовать стандартам мирового рынка, благодаря своей способности к откорму и качеству мяса.

Е.В. Щеглов отмечает, что калмыцкая порода крупного рогатого скота была сформирована в XVII веке, когда местный скот Джунгарии был приведен кочевниками в междуречье Урала, Волги и Дона [132].

Коровы калмыцкой породы относятся к группе Турано-монгольских пород, о чем свидетельствует схожесть адаптивных, продуктивных и репродуктивных характеристик с представителями якутской, монгольской и др. пород [162, 226]. Профессор М.Б. Нармаев (1969) в своей работе пришел к выводу, что скот киргизской, монгольской, калмыцкой, якутской, тувинской и сибирской пород имеет общее древнее происхождение, и высказал предположение о месте их формирования – Центральной Азии [80].

Крупный рогатый скот калмыцкой породы в настоящее время является одной из многочисленных пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в России. Так, в 2023 году в племенных хозяйствах страны было пробонитировано 87003 гол., что составляет 33,5% от общего числа пробонитированного поголовья мясного скота [34].

Разведение калмыцкого скота широко распространено ввиду своей неприхотливости в содержании, способности адаптироваться к неблагоприятным условиям и высокой мясной продуктивности. Порода распространена на Северном Кавказе, Юго-Востоке, Поволжье, Урале и Дальнем Востоке, в Казахстане [81]. Основная часть поголовья скота данной породы сосредоточена в нижней части Волги [25].

В.Н. Приступа и др. (2022) отмечают, что калмыцкий скот является на данный момент одной из превалирующих пород мясного направления продуктивности и хорошо адаптирован к условиям засушливых степей, а также отмечается хорошая оплата корма продукцией [85].

Экстерьер калмыцкого скота играет важную роль при ведении селекционно-племенной работы. Данная порода имеет ярко-выраженные признаки экстерьера

[49, 180]. Характерными для калмыцкой породы признаками являются: вогнутость в черепной части вследствие отсутствия затылочного гребня, форма рогов – в виде полумесяца, мясистость шеи, широкая холка, грудь также широкая и глубокая, имеет крутореберный мускулистый средний подгрудок, крепкий костяк, развитая мускулатура, у коров небольшое вымя [49, 80].

Животные имеют красный окрас, а также белые отметины на голове. В зимнее время года коровы обрастают густой шерстью, благодаря которой они хорошо переносят холода.

По данным Ф.Г. Каюмова и Р.Ф. Третьякова (2020), молодняк крупного рогатого скота калмыцкой породы отличается толстой кожей, высоким количеством волосяных фолликулов, благодаря чему в зимнее время образуется густой волосяной покров с преобладанием пухового волокна, многочисленным содержанием сальных желёз в коже, а в летнее время – потовых желез, что обуславливает адаптацию животных к суровым климатическим условиям. Кроме того, авторами выявлено высокое содержание в коже коллагена 1-го типа [46].

Ранее А.В. Заркевич (1961), Э.Н. Доротюк (1981) в своих работах отмечали наличие у калмыцкого скота крепкого железистого аппарата. Секреция жира, смазывающего волос и кожу, сальными железами способствует снижению охлаждения организма животного в зимний период. В летнее время нормальной терморегуляции способствует функционирование потовых желез [28, 40].

Для калмыцкого скота характерны колебания живой массы и упитанности в зависимости от сезона. В зимний период живая масса коров может снижаться на 30-60 кг, в результате перед пастбищным периодом упитанность животных остается средней. Нагул на пастбище с хорошими кормовыми угодьями способствует повышению их упитанности [49, 124].

Ф.Г. Каюмов с соавторами (2017) отмечают, что весной на пастбище, благодаря нажировке, скот быстро восполняет массу, утраченную в зимнее время. В осеннее время для калмыцкого скота характерно повышенное накопление жира под кожей, на внутренних органах, внутри и между мышцами. Данные жировые отложения компенсируют недостаток кормов в зимнее время. Авторы отметили,

что, согласно исследованиям, большая часть жировых отложений (75%) у калмыцкого скота локализуется в туше, что, в свою очередь, повышает качество получаемого от них мяса [47].

I.N. Aitzhanova et al. (2022) отмечают, что мясо крупного рогатого скота калмыцкой породы обладает мраморностью и отличными вкусовыми качествами, которые соответствуют мировым стандартам. Авторы утверждают, что мясо калмыцкого скота тонковолокнистое и обладает высокой энергетической и биологической ценностью [137].

По данным А.К. Натырова и С.А. Сурковой (2018), средняя живая масса взрослого быка-производителя калмыцкой породы варьирует в пределах 800–950 кг, у взрослой коровы данный показатель составляет 450–480 кг. Авторы отмечают, что при откорме и нагуле молодняк к 16-18 месячному возрасту набирает массу до 360-450 кг [81].

Согласно исследованиям В.К. Еременко и др. (2005) и Ю.Д. Рубана (2011), показатели живой массы полновозрастного калмыцкого скота составляет 550 кг и более, быки-производители при этом могут достигать массы до 1150 кг и более. Вес новорожденных телят в среднем составляет 20-25 кг, к отъему (8 месяцев) их масса увеличивается до 170-210 и более [35, 91].

Данные исследований Ю.Д. Рубана (2011), И.Ф. Горлова и др. (2016), Р.А. Улимбашевой и др. (2018), А.И. Отарова и др. (2018), С.В. Кармаева и др. (2022) свидетельствуют о высоких откормочных качествах крупного рогатого скота калмыцкой породы.

С.В. Шаталов и др. (2014) отмечают, что высокие показатели энергии роста, живой массы и длины тела у калмыцкого скота, формирующиеся в засушливых условиях резко континентального климата, генетически детерминированы. Ф.Г. Каюмов и др. (2017) утверждают, что энергия роста у молодняка в период откорма и нагула имеет хорошие показатели, что способствует достижению массы 369-460 кг в 16-18 месячном возрасте.

По мнению многих ученых, калмыцкий скот характеризуется высокими мясными качествами. По данным А.В. Ранделина и др. (2015), средний убойный выход бычков калмыцкой породы в возрасте 16 мес. составляет 58,6%.

Похожие результаты приводятся в исследовании И.Ф. Горлова и др. (2017). По данным авторов, убойный выход варьировался от 57,6% до 58,9% в зависимости от линейной принадлежности. В другом исследовании И.Ф. Горлова с соавторами (2017) установлено, что мясо бычков калмыцкой породы отличалось оптимальным соотношением содержания белка к жиру, а также высокими показателями энергии в 1 кг мякоти. При этом количество белка в средней пробе составляло 18,87%, а в длиннейшей мышце 19,93%, жира – 16,3% и 2,52%, энергетической ценности на 1 кг мякоти – 9,31 МДж и 4,39 МДж соответственно. Кроме того, авторы отмечают высокое содержание полноценных белков и незаменимых аминокислот в мясе калмыцких бычков [19, 20].

Одним из определяющих факторов эффективности производства в мясном скотоводстве является успешное воспроизводство стада, при этом теленок представляет собой товарную единицу. Получение телят с высоким показателем живой массы к моменту отъема при минимальных затратах на их содержание является приоритетной задачей при разведении мясных коров [106].

При изучении воспроизводительной способности телок калмыцкого скота Р.Ф. Третьякова и Ф.Г. Каюмов (2020) установили, что животные отличаются скороспелостью. В.В. Толочка (2017) в своем исследовании отмечает высокие показатели воспроизводства у телок калмыцкой породы, характеризующиеся легкими отелами, быстрым восстановлением полового цикла и хорошей оплодотворяемостью.

В. Э. Баринов (2017) установил, что у коров с наибольшей живой массой происходит раннее восстановление половой функции, наступление половой охоты отмечается в первом цикле послеродового эструса.

Исследование А.А. Мартынова с соавторами (2021) показало успешную адаптацию репродуктивной системы коров и телок калмыцкой породы к природно-

климатическим условиям Якутии. Авторы отметили быстроту восстановления организма животных после отела и непродолжительный сервис-период.

В работе Л.М. Половинко (1999) отмечается, что у калмыцкой породы скота снижение массы тела в зимний период не отражается на рождаемости и развитии молодняка к моменту отъема. На пастбищном содержании животные демонстрируют быстрое восстановление весовых показателей и кондиции. Кроме того, автор отмечает сохранение репродуктивной способности у представителей данной породы до 16 и более лет.

По данным исследований В.Н. Черномырдина, Ф.Г. Каюмова (2014), Ф.Г. Каюмова и др. (2014), Г.П. Легошина, Л.М. Половинко (2016), А.И. Отарова (2018), калмыцкий скот отличается высокими показателями выхода телят и их выживаемости. Так, по данным ВНИИплем за 2024 год выход телят на 100 коров в среднем составил 86 голов [34]. По мнению Э.Н. Доротюка (1981), низкий процент гибели новорожденных телят связан с бактерицидными свойствами молозива.

Таким образом, калмыцкая порода крупного рогатого скота является одной из лучших отечественных пород и обладает комплексом ценных хозяйственно-биологических качеств, широкое распространение на территории России и за ее пределами подтверждает производственное значение данных животных, а неприхотливость в содержании, высокие показатели мясной продуктивности и воспроизводства делает эту породу перспективной для развития мясного скотоводства в разных регионах.

1.2 Генетические факторы, влияющие на мясную продуктивность крупного рогатого скота

Учитывая растущий спрос на говядину по сравнению с другими видами мяса, ключевой целью животноводства в России стало наращивание ее производства. Поскольку технологический процесс производства говядины базируется на откорме и выращивании молодняка, особую актуальность приобретает

исследование генетических факторов, определяющих мясную продуктивность крупного рогатого скота [93].

В работах Е.Ф. Лискуна (1949), Н.П. Чивинского (1949), П.Д. Пшеничного (1954), Р.Т. Берга (1979), Л. Эрнста (1994), Н.Н. Забашты, Е.Н. Головки (2013) описаны особенности формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота. По мнению авторов, на данный показатель влияет комплекс различных факторов: генетические (наследственные), физиологические (состояние животного) и внешние (окружающие условия).

Среди ключевых генетических факторов, оказывающих влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота, особое место занимают породная принадлежность и применение межпородного скрещивания [130].

Породная принадлежность представляет собой важный наследственный фактор, который определяет основные параметры мясной продуктивности – качественные и количественные показатели. Мясные породы крупного рогатого скота отличаются устойчивой наследственностью, быстрой скороспелостью, адаптируемостью к экстремальным условиям среды, высоким выходом и качеством мяса [93, 165].

В работе В.М. Юдина (1966) доказана прямая связь между породной принадлежностью и уровнем продуктивности крупного рогатого скота. Результаты исследования показали существенные различия в темпах роста молодняка разных пород при одинаковых условиях содержания и кормления. Наибольшей живой массой в 15-месячном возрасте отличалась симментальская порода скота и составляла 400 кг, показатель черно-пестрой составлял 368 кг, холмогорской 346 кг.

В исследовании И.В. Марковой (2013) также была изучена мясная продуктивность пород молочного (черно-пестрая, красная степная) и мясного (калмыцкая) направления при идентичных условиях содержания. Автор установила, что бычки отличались по живой массе и убойным показателям. Так, живая масса бычков калмыцкой породы в возрасте 18 месяцев составляла в среднем

483,5 кг, черно-пестрой – 463,8 кг, красной степной – 439,0 кг; убойный выход – 56,6%, 55,6%, 54,6% соответственно.

И.Ф. Горлов с соавторами (2019) представили в своей работе сравнительную характеристику мясной продуктивности бычков разных пород: русской комолой, казахской белоголовой, калмыцкой. Авторы выявили различия в живой массе, среднесуточных приростах, убойных и гематологических показателях.

Ранее существовало убеждение, что получение высококачественной говядины возможно только от специализированных пород. В это время во всем мире была распространена британская мясная порода. Однако мясо, получаемое от чистопородных особей, не отвечало изменяющимся требованиям качества, что и стало причиной использования межпородного (промышленного) скрещивания.

Суть промышленного скрещивания заключается в получении помесей первого поколения путем скрещивания животных из неродственных пород, что позволяет достичь более высокие показатели продуктивности чем у исходных пород. В зависимости от числа участвующих пород выделяют простое и сложное скрещивание: первое предполагает использование помесей от двух пород, второе – от трех и более [93].

Значительный вклад в развитие промышленного скрещивания внес И.В. Мичурин (1929), который изучал помесные растения, полученные путем скрещивания одного вида и имеющие дальнородственную связь. Он считал, что такие помеси обладают высоким потенциалом адаптации и продуктивности.

В скотоводстве скрещивание представляет собой эффективный инструмент совершенствования мясных качеств скота [161]. В исследованиях Gregory et al. (1966), Cundiff (1970), Williams et al. (2010) отмечается, что животные, полученные с помощью скрещивания, отличаются быстрым ростом и лучшей адаптационной способностью. Высокий уровень продуктивности обусловлен сочетанием таких факторов, как комплементарность пород, аддитивный эффект и гетерозис [184].

Гетерозис представляет собой сложное биологическое явление, проявляющееся при скрещивании представителей разных пород и видов [36]. Получение эффекта гетерозиса является одной из основных целей промышленного

скрещивания. Его положительные аспекты выражаются в улучшении физиологических показателей помесей, включая продуктивность, устойчивость к болезням и воспроизводительные функции [3, 88, 89]. Однако проявление гетерозиса отличается по отдельным признакам в разной степени, кроме того, получение эффекта возможно не в каждом скрещивании [75].

В исследовании L.T. Gama et al. (2013) был изучен эффект гетерозиса при скрещивании двух видов крупного рогатого скота – *Bos taurus* и *Bos indicus*. Авторы выявили положительное влияние скрещивания на качество мяса помесей при зерновом и пастбищном откорме. Отмечается, что благоприятные качества, приобретаемые в результате гетерозиса, различались в зависимости от системы откорма. Так у помесей, находившихся на зерновом откорме, было выявлено положительное влияние эффекта гетерозиса на химический состав мяса. Показатели данной группы животных отличались пониженным содержанием жиров (на 1,4 г/100 г в сравнении с чистопородными) и холестерина (на 3,9 мг/100 г), увеличением содержания полинасыщенных жирных кислот, а также низким индексом атерогенности в сравнении с чистопородными животными. У помесей на пастбищном откорме положительное влияние гетерозиса отмечалось на показателе нежности мяса [165].

Промышленный прогресс и потребность в научных разработках способствовали комплексному изучению всех аспектов межпородного скрещивания в скотоводстве. В работах А.Ф. Шевхужева, В.И. Панасенко (1995), В.И. Косилова и др. (2010), А.Ф. Шевхужева, Б.А. Эльдарова (2013), И.Ф. Горлова и др. (2019), М.В. Тамаровской и др. (2020) изучены особенности проявления продуктивных и адаптивных качеств животных, полученных путем скрещивания. По данным авторов, помесные особи обладают более развитыми механизмами адаптации и высоким жизненным потенциалом, превосходят чистопородных животных по показателям роста, убойной массы.

Еще один важный фактор, который определяет мясную продуктивность крупного рогатого скота, – генетический потенциал, улучшение которого возможно только через целенаправленную селекционную работу с поголовьем [38].

В настоящее время повышение эффективности селекционно-племенной работы тесно связано с применением современных методов генетики [27]. Так, молекулярно-генетический анализ помогает получить достоверную информацию о генетическом потенциале животных. Точность результатов анализа способствует оптимальному использованию животных с высоким генетическим потенциалом, что обеспечивает непрерывное улучшение продуктивных качеств в последующих поколениях [31].

Многие продуктивные качества животных контролируются различными генами, в связи с этим во многих экономически развитых странах активно применяют селекцию, основанную на данных о генотипе особей. Поиск генетических маркеров, ассоциированных с продуктивными качествами животных, способствует раннему выявлению животных с высоким потенциалом продуктивности. Стабильность генетических маркеров на протяжении всей жизни, их независимость от внешних факторов и наличие кодового типа наследования, обеспечивает возможность эффективного генетического контроля [56].

До недавнего времени для селекции сельскохозяйственных животных большой интерес представляли иммуногенетические маркеры (эритроцитарные антигены), которые связывали с их продуктивностью [102]. Эритроцитарные антигены формируют группы крови, наследование которых происходит в виде целостной генетической структуры от родителя к потомку [57]. И.В. Ткаченко, В.Ф. Гридин (2014) отмечают, что группы крови взаимосвязаны с генами, которые контролируют ценные хозяйственные признаки животных.

Иммуногенетический анализ успешно применялся для подтверждения достоверности происхождения, изучения генетического разнообразия популяций крупного рогатого скота, исследования влияния групп крови на продуктивные качества, подбора оптимальных пар животных [2, 42, 64, 114, 120]. В работе Д.Н. Кольцова с соавторами (2019) отмечается, что у крупного рогатого скота изучено 12 систем крови (локусов), которые состоят из более 100 факторов крови [92]. Е.Б. Шукюрова (2020) выделяет 13 систем групп крови у крупного рогатого скота.

Х.З. Валитов, С.В. Кармаев (2011) отмечают, что основными генетическими маркерами, используемыми в селекции скота, являются аллели системы групп крови EAB. Авторы установили связь некоторых аллелей локуса EAB с молочной продуктивностью и продолжительностью хозяйственного использования коров.

Схожие результаты привела в своем исследовании М.А. Часовщикова (2013). Автор выявила взаимосвязь эритроцитарных антигенов системы EAB с продуктивным долголетием коров. Так, влияние антигена B2 проявилось в улучшении показателей продуктивного долголетия скота, в то время как антигены Q', G2 системы EAB и H'' системы EAC оказывали отрицательную корреляцию с этим показателем.

В исследовании Л.Н. Чижовой, А.М. Петрова (2011) выявлено положительное влияние блока аллелей I2Y2ZWV, G2Y2C2R2, WX2F'VS на живую массу, среднесуточные приросты и энергию роста молодняка крупного рогатого скота.

По данным Е.И. Алексеевой (2018), коровы имеющие разные аллели в системе крови FV, имели различные показатели продуктивности. Автором установлено, что коровы-носители комбинации фактора F-F имели большую живую массу и индексы телосложения чем их сверстницы с аллелями V-V и F-V.

На сегодняшний день в селекции крупного рогатого скота наиболее широко распространены молекулярно-генетические методы анализа. Использование молекулярно-генетической оценки животных – неотъемлемый компонент современной племенной работы в мясном скотоводстве [56].

Для подтверждения происхождения в животноводстве сегодня широко используется метод полилокусного генотипирования по микросателлитным маркерам (STR-локусы), которые представляют собой короткие tandemные повторы размером 2 – 6 п.н. и обладают высокой специфичностью для каждого вида животного. Данный метод пришел на смену генотипирования по группам крови и является более точным для проведения генетической паспортизации животных [16, 189].

Микросателлитные маркеры характеризуются высоким уровнем полиморфизма и стабильным аутосомным кодоминантным типом наследования. Эти свойства обеспечивают их эффективность при исследовании генома сельскохозяйственных животных. Помимо подтверждения достоверности происхождения они используются как маркеры наследственных заболеваний [94].

Проявление хозяйственно-полезных признаков у животных определяется совокупностью QTL – локусов (Quantitative Trait Loci), или локусов количественных признаков, распределенных по всему геному. При этом у высокопродуктивных особей отмечается большее количество предпочтительных аллельных вариантов. [97]

Для определения потенциала мясной продуктивности проводится оценка посредством метода ДНК-маркирования, позволяющего выявлять гены, ответственные за мясные качества животных [56]. Наиболее широко в качестве молекулярных маркеров используются однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), которые характеризуются распространённостью в геноме. Анализ вариаций данных SNP является одним из ключевых направлений геномных исследований в скотоводстве, нацеленных на повышение мясной продуктивности животных и качества получаемой от них продукции [188].

В современной селекции мясного скота особое внимание уделяется исследованию SNP следующих генов: миостатина (MSTN), кальпаина (CAPN1), кальпастатина (CAST), соматотропина (GH), лептина (LEP), тиреоглобулина (TG5), белка, связывающего жирные кислоты (FABP4), стерол-С₆ деструктазы (SCD), диацил-глицерол-ацилтрансферазы (DGAT1) [96].

Ген миостатина играет ключевую роль в регуляции процессов роста и развития мышечной ткани у сельскохозяйственных животных. Мутации в данном гене ассоциируются с QTL – локусами, определяющими фенотипические характеристики скота, которые связаны с «мышечной гипертрофией» [141, 191, 218].

По мнению E. Konovalova et al. (2021), интерес представляют полиморфизмы nt821(del11) и F94L гена MSTN, которые связаны с «двойной мускулатурой»

крупного рогатого скота, что проявляется повышенным развитием мышечной ткани.

По данным R.Hanset, C. Michaux (1985), полиморфизм nt821(del11) гена MSTN ассоциирован с повышенным содержанием жира в тушах, что положительно отражается на качестве мяса.

В исследовании J. Lee et al. (2019) была установлена связь полиморфизма F94L гена MSTN с живой массой при рождении и отъеме, а также легкостью отела и надоями у различных пород крупного рогатого скота (Limousin, cross-bred Limousin with Angus, pure-bred Angus).

Результаты исследований различных научных групп демонстрируют согласованность данных. В частности, Sellick et al. (2007) установили положительное влияние полиморфизма F94L гена MSTN на показатель выхода туши, Esmailizadeh et al. (2008) на массу получаемого мяса, Alexander et al. (2009) выявили его связь с площадью длиннейшей мышцы спины.

Гены кальпаина и кальпастина играют ключевую роль в процессе посмертного протеолиза, что, в свою очередь, влияет на важный качественный показатель мяса – нежность [170]. Многие исследования подтверждают роль гена CAPN1 и CAST в формировании нежности мяса [146, 192]. Также имеются данные о положительном влиянии гена CAPN1 на живую массу крупного рогатого скота [21].

S.N. White et al. (2005) в своем исследовании выявили высокую корреляцию полиморфизмов CAPN1 4751 и CAPN1 316 с нежностью мяса крупного рогатого скота различных подвидов и пород (*Bos taurus*, *Bos indicus*, Brangus, Beefmaster, Bosmara, Romosinuano, Hereford, Angus).

В исследовании A. Basson et al. (2022) было выявлено несколько SNP в генах CAPN1 и CAST, ассоциированных с нежностью мяса крупного рогатого скота. Авторы отметили положительное влияние на размягчение мяса следующих полиморфизмов CAPN1 184, CAPN 187, CAPN1 4751, CAPN1 780, CAST 736, CAST 763.

Ген соматотропина, или гормон роста, стимулирует рост и развитие организма, влияет на метаболические процессы и лактацию животных [39]. Наибольший интерес представляет полиморфизм GH L127V, который описан во многих исследованиях, зарубежных и отечественных работах [29, 30, 32, 158, 169]. Отмечается положительное влияние гомозиготного генотипа VV полиморфизма GH L127V на показатели мясной продуктивности. В частности, на убойные и качественные показатели мяса, живую массу скота [21, 101, 108, 127].

Ген LEP кодирует гормон лептин, выработка которого производится белой жировой тканью. Имеет важную роль в регуляции ключевых физиологических процессов: наборе живой массы, потреблении корма, энергетическом обмене, липидном метаболизме, в работе иммунной и репродуктивной систем [183]. По данным различных исследований, имеется взаимосвязь полиморфизмов гена LEP с ростовыми и убойными показателями, а также с репродуктивной функцией [163, 178, 183, 190, 210, 221, 224].

Так, в исследовании Н. Matsumoto et al. (2022) описано положительное влияние генотипа C/C полиморфизма A80V гена LEP (с.239 C>T) на мраморность, нежность и сорт мяса японского бурого крупного рогатого скота. Т. Kurllyana et al. (2023) в своей работе отмечают взаимосвязь генотипа CC полиморфизма g.2913C>T гена LEP с наибольшей живой массой крупного рогатого скота с острова Бали.

Ген TG5 кодирует гликопротеиновый гормон, который вырабатывается щитовидной железой [220]. Отмечается, что полиморфизм g.422C>T гена TG5 связан с повышенным отложением внутримышечного жира у крупного рогатого скота и служит маркером мраморности мяса у скота мясного направления продуктивности [149, 206, 207, 215].

Ген FABP4 кодирует белок, связывающий жирные кислоты, который относится к группе консервативных внутриклеточных белков, играет важную роль в метаболизме липидов [96]. По данным многих исследований, наибольший интерес представляет полиморфизм g.17924A>G, влияющий на содержание жира в туше и содержание насыщенных, полиненасыщенных и мононенасыщенных

жирных кислот в мясе, что, в свою очередь, определяет его вкусовые качества [147, 193, 195, 197, 199, 204, 208, 209, 214, 219].

Ген SCD1 кодирует фермент стеароил-КоА-десатуразу, который отвечает за преобразование насыщенных жирных кислот в мононенасыщенные [175, 177, 200]. Многие авторы отмечают полиморфизм g.8586C>T, который достоверно влияет на состав мононенасыщенных жирных кислот у разных пород крупного рогатого скота, на упитанность туши и содержание жирных кислот в мясе [142, 201, 203, 209].

Ген DGAT1, кодирующий фермент диацилглицерол-ацилтрансферазу 1, катализирует процесс биосинтеза триглицеридов в жировых клетках [151]. Отмечается, что полиморфизм K232A ассоциирован с вариабельностью содержания внутримышечного жира у крупного рогатого скота [143]. Кроме того, выявлена статистически значимая связь полиморфизмов C.572A>G и c.1416T> G с качественными характеристиками мясной продукции, включая упитанность туш, толщину подкожного жира, мраморность, цвет мяса и жира [126, 202, 225].

1.3 Характеристика молекулярно-генетических маркеров мясной продуктивности крупного рогатого скота

1.3.1 Ген гормона роста (GH) и его влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота

Большой интерес в сельском хозяйстве в качестве маркеров продуктивности представляют гены, контролирующие ростовые характеристики животных, являющиеся важными измеримыми параметрами в мясном скотоводстве. Оптимизация генетического потенциала крупного рогатого скота требует детального изучения гена гормона роста в регуляции процессов роста животных [148].

Ген GH локализован на 19-ой хромосоме, размер составляет около 1800 п.н., состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Контролирует гормон роста соматотропин,

который является частью семейства сомалактогенных гормонов и отвечает за рост тела крупного рогатого скота [41]. По данным П.О. Щеголева и др. (2023), в гене обнаружено 63 SNP. Из них всего 3 локализованы в кодирующей последовательности, а остальные распределены по нетранслируемым областям и интронам.

Гормон роста – ключевой эндогенный регулятор, синтезируемый в передней доле гипофиза [66]. Взаимодействуя непосредственно со своими рецепторами в клетках-предшественниках костной, мышечной и жировой тканей, он активирует пролиферацию клеток. К его ключевым эффектам относятся: стимуляция лактации, инсулиноподобное действие, мобилизация жировых запасов и нейротропный эффект [139].

Согласно исследованию РР. Agung et al. (2017), гормон роста имеет важную роль в регуляции репродуктивных функций: реакции на суперовуляцию, частоты овуляции, уровня фертильности и качества эмбрионов.

По данным ряда исследований, различные полиморфные варианты гена GH ассоциированы с ценными хозяйственными признаками, такими как рост, живая масса и привесы, промеры тела [139, 148, 166, 167, 194, 217]. Одним из наиболее изученных полиморфизмов является миссенс-мутация в 5ом экзоне, локализованная на участке 2141 (L127V), которая представляет собой замену цитозина на гуанин, что способствует изменению аминокислотной последовательности [30].

Ж. Lee et al. (2013) при изучении полиморфизма 2141 C>G гена GH у крупного рогатого скота породы Ханву выявили его связь с живой массой. Отмечается, что носители гомозиготного генотипа CC отличались большей живой массой в возрасте 6 месяцев по сравнению со сверстниками с другими генотипами. Однако в возрасте 24 месяца животные с генотипом GG превосходили сверстников с генотипом CC по живой массе на 6,00%, с генотипом CG – на 5,34%.

Ф. Каушов et al. (2019) изучили влияние полиморфизма L127V гена GH на живую массу помесного крупного рогатого скота (красный ангус х калмыцкая). По данным исследования, в возрастной период от рождения до 8-месячного возраста

живая масса животных существенно не отличалась, однако в возрастной период 12-18-месяцев установлена достоверная связь генотипа с живой массой.

Корреляция полиморфизма L127V гена GH с показателями живой массы, абсолютного и среднесуточного прироста крупного рогатого скота разных пород выявлена в исследовании Sedykh et al. (2020).

Влияние полиморфного варианта гена гормона роста L127V на селекционные признаки крупного рогатого скота породы герефорд изучено в работе М.П. Дубовской, Н.П. Герасимова (2020). Авторы установили, что животные носители гомозиготного генотипа VV отличались от носителей генотипа LL большей живой массой и имели хорошо развитые мясные формы, при этом животные с гетерозиготным генотипом обладали промежуточными показателями.

В исследовании PP. Agung et al. (2017) при изучении полиморфизма 1047T>C выявлена взаимосвязь с массой тела крупного рогатого скота породы Сумба онголе в период отъема и в 12 месячном возрасте. По данным авторов, животные с генотипом ВВ имели большую живую массу при рождении и в период отъема чем у животных с генотипом АА (на 24,70% и 10,73% соответственно). Однако в 12-месячном возрасте носители генотипа АА превосходили сверстников с генотипом ВВ по массе на 56,23%.

A. Dakhlan et al. (2022) установили связь генотипа полиморфизма С>Т гена GH в позиции 1548 (GH-MspI) с живой массой крупного рогатого скота породы Круи. Отмечается, что носители гетерозиготного генотипа имели большую массу тела в сравнении с носителями гомозиготных генотипов ТТ (на 35,30%) и СС (на 50,94%).

PW. Prihandini et al. (2024) установили достоверное влияние на промеры тела крупного рогатого скота породы Сумбава полиморфизмов g.442C>T (длина головы, длина туловища, высота в холке, высота в крестце), g.446G>C (высота в крестце) и g.558C> T (обхват груди).

M. Bayraktar et al. (2025) при изучении полиморфизма с.491C>G гена GH выявили достоверную связь с показателями роста и развития крупного рогатого скота анатолийской южной желтой породы. Авторы установили, что носители

генотипа СС имели большую живую массу (на 3,06%) и длину туловища (на 3,36%) по сравнению с носителями генотипа GG.

1.3.1 Ген кальпастина (CAST) и его влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота

С целью развития мясного скотоводства важно предусмотреть не только увеличение объема производства мясной продукции, но и повышение ее качества [90]. Одним из важных показателей качества мяса является нежность, которая напрямую зависит от биохимических изменений, происходящих в мышцах животных. Начало этого процесса связано с активацией протеолитического фермента – протеазы, вызывающего ослабление саркомера (поперечно-полосатой мускулатуры) [154].

Посмертная тендеризация (размягчение) мяса происходит благодаря миофибриллярному протеолизу. Данный процесс обеспечивается кальпаин-кальпастиновой протеолитической системой, активность которой зависит от ионов кальция [168]. Кальпаин представляет собой протеиназу, ответственную за расщепление белка. Кальпастин является эндогенным ингибитором кальпаина, регулирующим его действие [171]. По данным многих исследований, он играет важную роль в формировании нежности мяса [140, 152, 160, 216, 222].

Кальпастин кодируется геном CAST, который локализован в 7ой хромосоме, размером 149 тыс. п.н., включает в себя 35 экзонов [58]. По данным Е.Н. Коноваловой с соавторами (2024), наиболее значимыми полиморфизмами в гене CAST являются три однонуклеотидные замены: CAST_282 (7:g. 98533961 C>G), CAST_2870 (7:g.98579574A>G, с.*382G>A), CAST_2959 (7:g.98579663A>G, с.*471A>G). Авторы установили их достоверную связь с качеством мяса крупного рогатого скота абердин-ангусской породы. В частности, генотипы АА полиморфизма CAST_2959 и СС полиморфизма CAST_282 обуславливали большее содержание мышечной и жировой ткани, меньшее соединительной ткани.

Д.Б. Косян с соавторами (2018) изучили влияние полиморфизма CAST_2959 на нежность мяса калмыцкого скота с помощью метода Уорнера-Брацлера, модифицированного Максаковым, который помогает оценить структурно-механические свойства мяса за счет степени сопротивления при разрезе. По данным авторов, образцы мяса, полученные от носителей генотипа ТТ, имели наименьшее сопротивление при разрезе длиннейшей мышцы спины в период созревания (на 4 и 18 сутки), по сравнению с показателями, полученными от носителей генотипов СТ и СС.

По данным Ш.А. Макаева, Н.П. Герасимова (2020), полиморфизм C282G гена CAST связан с содержанием жира и белка в мясе крупного рогатого скота. Результаты исследования показали, что носители гомозиготного генотипа СС имели меньший процент жира в теле, но большее количество белка, в то время как животные, имеющие аллель G полиморфизма CAST_C282G, отличались большим жиросодержанием.

J. D. Leal-Gutiérrez et al. (2018) выявили несколько полиморфизмов в гене CAST, достоверно связанных с нежностью мяса помесного крупного рогатого скота (ангусской и брахманской пород). Отмечается, что положительное влияние имеют аллель Т в полиморфизмах ARSUSMARC116, Cast5, rs210861835, вставка АС в полиморфизме rs730723459.

В исследовании A. Basson et al. (2022) был идентифицирован полиморфизм cast_736 у крупного рогатого скота разных пород (ангус, шароле, брахман, бонсмара, нгуни). Авторы установили, что влияние SNP cast_736 на процесс размягчения мяса увеличивалось в период 3-14 дней созревания. По мнению авторов, это связано с возможным снижением ингибирующей активности кальпастина в отношении кальпаина.

Р.Ф. Третьякова, Каюмов Ф.Г. (2025) изучили связь полиморфизма гена CAST с технологическими и органолептическими показателями мяса, полученного от бычков калмыцкой породы. Авторы установили положительное влияние генотипа СС на содержание аминокислот в мясе, влагоудерживающую способность, нежность и вкусовые качества.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая схема исследования

Научно-исследовательская работа была проведена в период с 2024 по 2025 гг. Объектом исследования послужил крупный рогатый скот калмыцкой породы, принадлежащий Региональному научно-производственному центру по воспроизводству сельскохозяйственных животных (далее «РНПЦ») ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова».

Исследование проводили на чистопородных бычках калмыцкой породы 2024 года рождения (приложение А) в количестве 50 голов. Исследуемое поголовье было распределено на группы в соответствии с генотипами. По полиморфизму гена соматотропина (GH) животных распределили на 2 группы: 1 группа – носители генотипа LL (n=37), 2 группа – LV (n=13), по полиморфизму гена кальпастина (CAST) – на 3 группы: I – носители генотипа GG (n=14), II – CG (n=23), III – CC (n=13). В условиях научно-хозяйственного опыта для бычков калмыцкой породы в возрастной период с 8 до 18 месяцев был разработан специализированный рацион кормления с учетом получения 900-1000 граммов прироста в сутки.

Содержание поголовья осуществлялось без учета генотипической принадлежности – в унифицированных условиях.

В ходе исследования проводился ежемесячный контроль особенностей роста и развития бычков. Взвешивание проводили каждое 1-ое число в утреннее время (приложение Б).

По данным показателей живой массы животных проводили оценку интенсивности роста, на основании полученных результатов производился расчет абсолютного, относительного, среднесуточного приростов.

Изучение линейного роста бычков проводили измерением основных промеров тела в возрасте 8 и 18 месяцев, посредством мерной палки Лидтина,

циркуля Вилькенса и метровой ленты. По результатам измерений проведено вычисление индексов телосложения.

Изучение мясной продуктивности и качественных характеристик мяса подопытных бычков осуществлялось по результатам контрольного убоя животных в возрасте 18 мес. (n=9), согласно методике ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Л.К. Эрнста» (1978).

При этом обвалка туши проводилась по колбасной технологии, принятой на мясокомбинатах (ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста).

Влияние генотипов на продуктивные качества исследуемых бычков изучали после определения генотипов животных по полиморфизмам генов CAST и GN. По гену GN оценивалась взаимосвязь генотипа с живой массой, интенсивностью роста, линейными промерами и убойными характеристиками, по гену CAST – взаимосвязь генотипа с живой массой, интенсивностью роста, линейными промерами и убойными характеристиками, с мясными качествами: органолептическими, гистологическими показателями и физико-химическим составом длиннейшей мышцы спины.

Проведен анализ затрат кормов на 1 кг прироста каждой группой.

Лабораторные исследования проводились в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы и комплексно-аналитической лаборатории РНПЦ.

Качественные характеристики мяса оценивали в зависимости от генотипа по гену CAST, для чего проводилось органолептическое, гистологическое, физико-химическое исследование. Исследования проводились в ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Для органолептического и биохимического исследования отбирались пробы поясничной части длиннейшей мышцы спины в области от последнего грудного позвонка (13го) до 1го крестцового позвонка параллельно позвоночному столбу весом 1 кг. (в соответствии с ГОСТ 31797-2012 Мясо. Разделка говядины на отрубы. Технические условия, 2019, приложение В).

Для гистологического исследования пробы отбирали от длиннейшей мышцы спины размером 2,5x2,5x4 см с поперечной и продольной ориентацией мышечных волокон, после чего фиксировали в 10%-ном растворе формалина в соотношении 1:7 (приложение Г).

Биологическим материалом для молекулярно-генетического исследования послужила кровь крупного рогатого скота калмыцкой породы. Взятие образцов крови производилось в вакуумные пробирки из яремной вены.

ДНК из образцов крови для дальнейшей молекулярно-генетической экспертизы экстрагировали автоматическим методом на системе автоматического выделения и очистки нуклеиновых кислот AutoPure Mini AllSheng.

Молекулярно-генетическое исследование проб крови проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (далее ПЦР-РВ) и секвенирования по Сенгеру.

ПЦР-РВ проводили на приборе Rotor Gene Q с использованием коммерческого набора реагентов для определения полиморфизма C282G гена кальпастина (CAST) производства Синтол. Секвенирование по Сенгеру проводили для определения полиморфизма L127V гена гормона роста (GH).

Обработка данных, полученных в результате исследования, проводилась посредством методов вариационной статистики с использованием различного программного обеспечения (Excel, Microsoft Office, Statistica 10).

Расчет частоты встречаемости генотипов проводили по формуле:

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

где p – частота встречаемости генотипа, n – количество животных с генотипом, N – общее количество животных.

Частота встречаемости аллелей рассчитывалась по формуле:

$$P_A = \frac{(2 \times n_{AA} + n_{AB})}{2 \times N},$$

где P_A – частота аллеля А, n_{AA} – количество животных с генотипом АА, n_{AB} – количество животных с гетерозиготным генотипом, N – количество животных.

Ожидаемую частоту генотипов рассчитывали по закону Харди-Вайнберга.

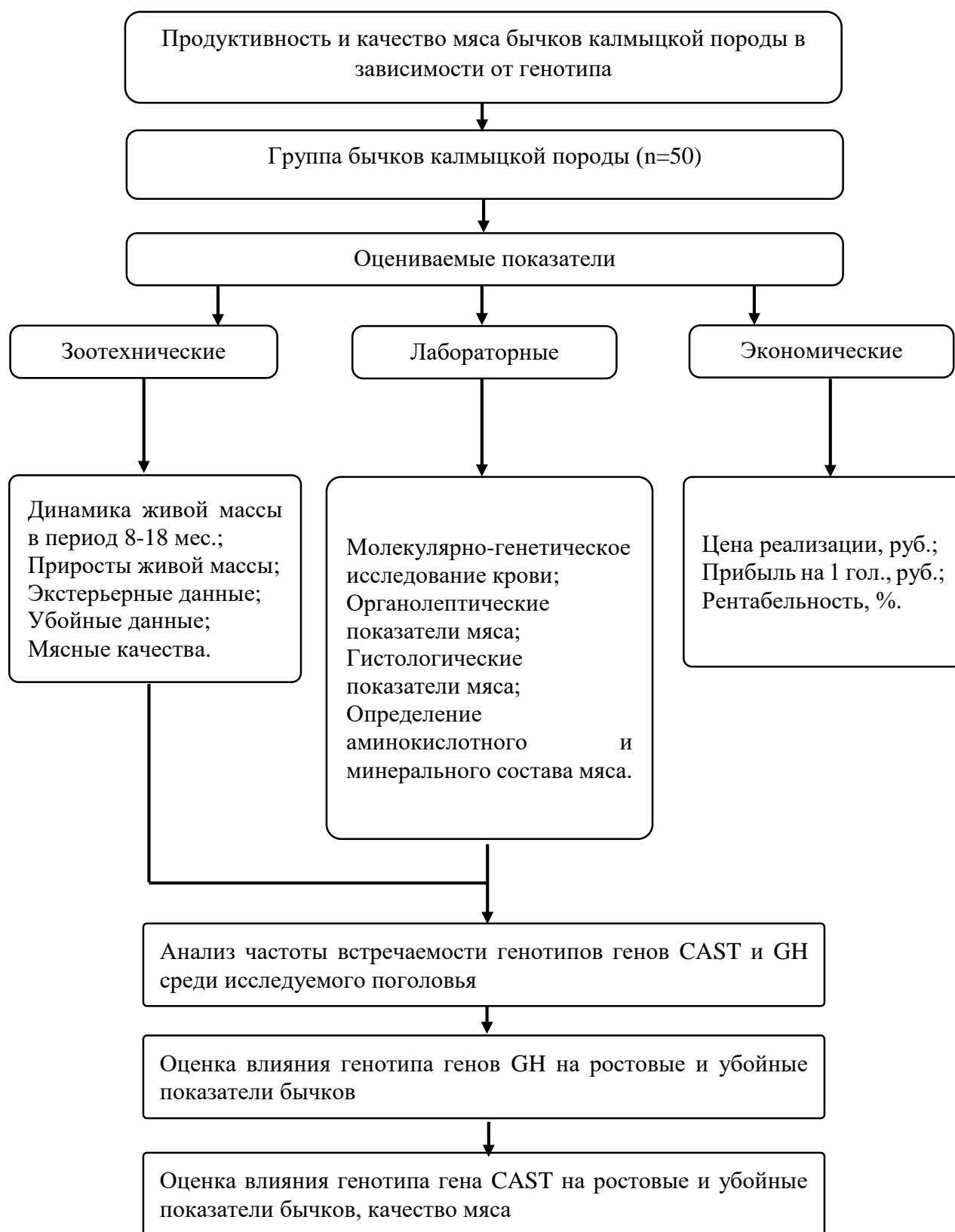


Рисунок 1. Схема исследования

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Генетическая характеристика подопытных бычков по микросателлитным локусам и однонуклеотидным полиморфизмам

3.1.1 Генетическая характеристика подопытных бычков по микросателлитным маркерам

В настоящее время важным фактором, повышающим эффективность племенной работы в скотоводстве, является не только оценка племенной ценности животных, но и подтверждение их достоверности происхождения. Для чего сегодня широко применяется микросателлитный анализ [25].

В рамках исследования нами был проведен микросателлитный анализ бычков калмыцкой породы (n=50) для оценки их генетического профиля по 16 STR-локусам.

Анализ результатов капиллярного электрофореза показал различный уровень полиморфизма во всех локусах (таблица 1).

Из данных таблицы видно, что всего в популяции выявлено 130 аллелей, размер которых варьировал от 77 до 298 п.н.

В исследуемой популяции быков наибольшая частота встречаемости наблюдалась у аллелей 248 п.н. (51%) в локусе SPS15, 219 п.н. (48%) - ETH10, 115 п.н. (46%) и 117 п.н. (34%) - TGLA126, 214 п.н. (39%) - INRA023, 262 п.н. (36%), 266 п.н. (38%) - BM1818, 292 п.н. (33%) – ILSTS006. С наименьшей частотой в 1% встречались аллели 95 п.н. в локусе TGLA227, 154 п.н. и 184 п.н. – TGLA53, 137 п.н., 139 п.н., 169 п.н., 175 п.н. – TGLA122, 274 п.н. – BM1818, 113 п.н. – ETH3.

Таблица 1 – Частота встречаемости аллелей по микросателлитным локусам (n=50)

Локус	Аллели микросателлитных локусов, п.н.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TGLA227	77	79	81	83	87	89	91	93	95	97	99			
Частота	0,09	0,11	0,25	0,12	0,06	0,13	0,02	0,09	0,01	0,09	0,03			
BM2113	125	127	129	133	135	137	139	141						
Частота	0,05	0,15	0,02	0,10	0,29	0,19	0,10	0,10						
TGLA53	154	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184
Частота	0,01	0,27	0,06	0,03	0,01	0,17	0,06	0,08	0,04	0,09	0,05	0,06	0,06	0,01
ETH10	213	217	219	221	223	225								
Частота	0,06	0,16	0,48	0,19	0,02	0,09								
CSRM60	90	92	96	98	100	102	104							
Частота	0,01	0,10	0,21	0,09	0,09	0,42	0,08							
SPS115	246	248	250	252	254	256	260							
Частота	0,02	0,51	0,01	0,16	0,04	0,16	0,10							
TGLA122	137	139	141	143	145	149	151	153	161	169	175			
Частота	0,01	0,01	0,03	0,42	0,02	0,07	0,28	0,06	0,08	0,01	0,01			
BM1818	256	258	260	262	264	266	268	274						
Частота	0,04	0,09	0,02	0,36	0,08	0,38	0,02	0,01						
HAUT27	140	142	144	146	148	150	152	154						
Частота	0,13	0,04	0,11	0,01	0,32	0,18	0,05	0,16						
CSSM66	179	181	183	185	187	189	193	197						
Частота	0,09	0,07	0,21	0,25	0,17	0,12	0,04	0,05						
BM1824	178	180	182	186	188	192								
Частота	0,04	0,28	0,36	0,04	0,26	0,02								
ETH3	103	109	113	115	117	119	121	123	125	127	129	131		
Частота	0,03	0,03	0,01	0,05	0,12	0,26	0,06	0,05	0,25	0,06	0,06	0,02		
TGLA126	111	113	115	117	121	123								
Частота	0,01	0,05	0,46	0,34	0,06	0,08								
ETH225	140	144	146	148	150	154	158	198						
Частота	0,19	0,22	0,06	0,18	0,26	0,01	0,07	0,01						
INRA023	198	200	202	206	208	210	212	214	216	218				
Частота	0,09	0,04	0,06	0,11	0,05	0,06	0,04	0,39	0,01	0,15				
ILSTS006	286	288	292	294	296	298								
Частота	0,01	0,29	0,33	0,14	0,15	0,08								

На основании данных по частоте встречаемости аллелей проведен анализ аллелофонда подопытных бычков (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика полиморфизма микросателлитных локусов
подопытных бычков (n=50)

Локус	Na	Ne	H'	Ho	He	Fis
TGLA227	11	7,396	2,157	0,880	0,865	-0,018
BM2113	8	5,695	1,878	0,820	0,824	0,005
TGLA53	14	7,358	2,271	0,860	0,864	0,005
ETH10	6	3,287	1,425	0,620	0,696	0,109
CSRM60	7	3,949	1,604	0,700	0,747	0,063
SPS115	7	3,092	1,413	0,680	0,677	-0,005
TGLA122	11	3,685	1,351	0,880	0,729	-0,208
BM1818	8	3,436	1,486	0,820	0,709	-0,157
HAUT27	8	5,165	1,799	0,620	0,806	0,231
CSSM66	8	5,988	1,911	0,740	0,833	0,112
BM1824	6	3,582	1,410	0,800	0,721	-0,110
ETH3	12	6,150	2,092	0,640	0,837	0,236
TGLA126	6	2,943	1,291	0,640	0,660	0,031
ETH225	8	5,176	1,755	0,800	0,807	0,008
INRA023	10	4,812	1,902	0,780	0,792	0,015
ILSTS006	6	4,139	1,533	0,760	0,758	-0,002

В 16 изученных STR-локусах общее количество аллелей (Na) варьировалось в пределах от 6 до 14. Наибольшее разнообразие отмечалось в локусах TGLA53 (14 аллелей), ETH3 (12 аллелей), TGLA227 (11 аллелей), TGLA122 (11 аллелей), INRA023 (10 аллелей), наименьшее – в локусах ETH10, BM1824, TGLA126, ILSTS006, с схожим числом аллелей – 6.

Показатель эффективного числа аллелей (Ne) варьировал в пределах 2,943 - 7,396. При этом минимальное значение выявлено в локусе TGLA126, максимальное - TGLA227.

Гетерозиготность является одним из ключевых параметров в оценке генетического разнообразия и влияет на способность организма адаптироваться к изменениям окружающих условий.

Определение частоты гетерозигот помогает оценить генетическое разнообразие популяции. Показатель наблюдаемой гетерозиготности (H_o) отражает реальное распределение аллельных вариантов, для всесторонней оценки генетической изменчивости используется показатель ожидаемой гетерозиготности (H_e), который учитывает потенциальную способность к формированию разных аллельных вариантов [17].

В исследуемой популяции бычков калмыцкой породы наибольший показатель наблюдаемой гетерозиготности отмечался в локусах TGLA227, TGLA122 и был равен 0,880, наименьший – в локусах ETH10 и HAUT27, был равен 0,620. Наибольшим уровнем ожидаемой гетерозиготности характеризовались локусы TGLA227 и TGLA53 с показателями 0,865 и 0,864 соответственно, наименьшим - локус TGLA126 с показателем 0,660.

Для оценки связи между отдельными особями внутри популяции и популяцией как единым целым позволяет индекс фиксации (F_{is}), который позволяет определить степень отклонения наблюдаемых частот гетерозиготных генотипов от ожидаемых значений, провести анализ соответствия популяции принципу случайного спаривания и выявить возможные признаки инбридинга. Положительные значения индекса фиксации свидетельствуют о дефиците гетерозиготных особей в популяции, что может указывать на наличие инбридинга, отрицательные – на избыток гетерозигот [174].

В нашем исследовании дефицит гетерозигот выявлен в локусах BM2113, TGLA53, ETH10, CSRM60, HAUT27, CSSM66, ETH3, TGLA126, ETH225, INRA023 (рис.2).

Стоит отметить, что из 10 локусов с положительным значением индекса фиксации высокий уровень инбридинга отмечается по 4 локусам: ETH10 (0,109), HAUT27 (0,231), ETH3 (0,236), CSSM66 (0,112); в остальных локусах значения

варьируют от 0,005 до 0,063. Значительный избыток гетерозигот выявлен в локусах TGLA122, BM1818 и BM1824 (-0,208, -0,157 и -0,110 соответственно).

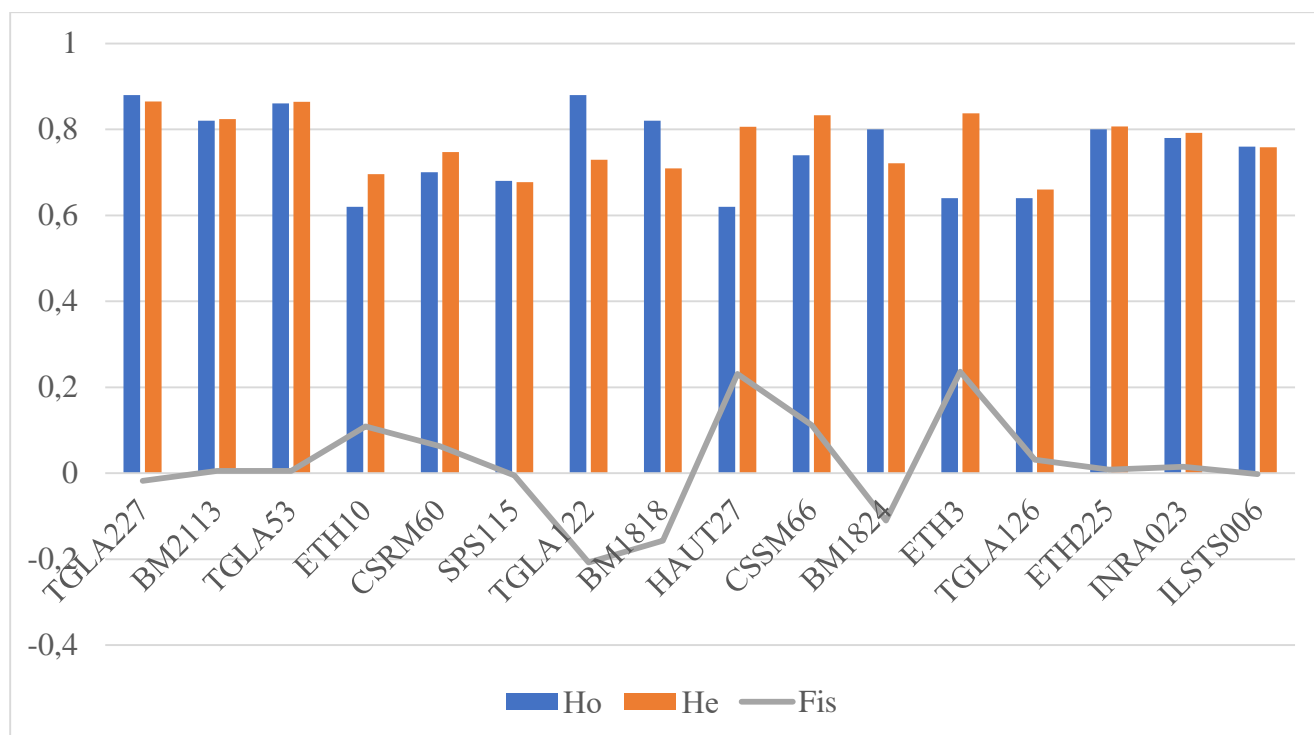


Рисунок 2 – Наблюдаемая (Ho), ожидаемая (He) гетерозиготность и индекс фиксации в популяции подопытных бычков

Для оценки генетического разнообразия нами был рассчитан индекс Шеннона (H'). Высокий уровень разнообразия ($H' > 2$) выявлен в локусах TGLA227 (2,157), TGLA53 (2,271), ETH3 (2,092), низкий уровень ($H' < 1,5$) – в локусах ETH10 (1,425), SPS115 (1,413), TGLA122 (1,351), TGLA126 (1,291). Можно отметить, что индекс Шеннона коррелирует с эффективной численностью аллелей, т.е. чем больше значение He , тем больше показатель H' .

Таким образом, результаты проведенного микросателлитного анализа демонстрируют высокое генетическое разнообразие. Диапазон частот встречаемости от 1% до 51% свидетельствует о существенном генетическом полиморфизме. Большинство локусов показали сбалансированное соотношение гетеро- и гомозигот.

3.1.2 Генетическая характеристика подопытных бычков по гену GH

Для определения полиморфизма L127V гена GH нами было проведено секвенирование по Сенгеру. Полученные фореграммы сравнивали с референсной последовательностью гена GH (табл. 3), скачанной из базы данных GeneBank National Center for Biotechnology Information (NCBI).

Таблица 3 - Референсная последовательность фрагмента гена GH

Фрагмент	Мутация
TAGGGGAGGGTGGAAAATGGAGCGGGCAGGAGGGAGCTGCT CCTGAGGGCCCTTCGGCCTCTGTCTCTCCCTCCCTTGGCAG GAG [C] TGGAAGATGGCACCCCCGGGCTGGGCAGATCCTCA AGCAGACCTATGACAAATTTGACACAAACATGCGCAGTGACG ACGCGCTGCTCAAGAACTACGGTCTGCTCTCCTGCTTCCGGAA GGACCTGCATAAGACGGAGACGTACCTGAGGGTCATGAAGTG CCGCCGCTTCGGGGAGGCCAGCTGTGCCTTCTAGTTGCCAGCC ATCTGTTGTTGCCCTCCCCCGTGCCTTCTTGACCCTGGAA GGTGCCACTCCCACTGTCCTTTCCTAATAAAATGAGGAAATTG CATCGCATTGTCTGAGTAGGTGTC	Однонуклеотидная замена C<G Аллель L (Leu) – C Аллель V (Val) – G

Интерпретацию результатов проводили по наличию пиков, соответствующих нуклеотидам C (синий) и G (черный). У носителей гомозиготного генотипа LL в месте мутации присутствовал нуклеотид C (рис. 3), у носителей гетерозиготного генотипа LV – C и G (рис. 4).

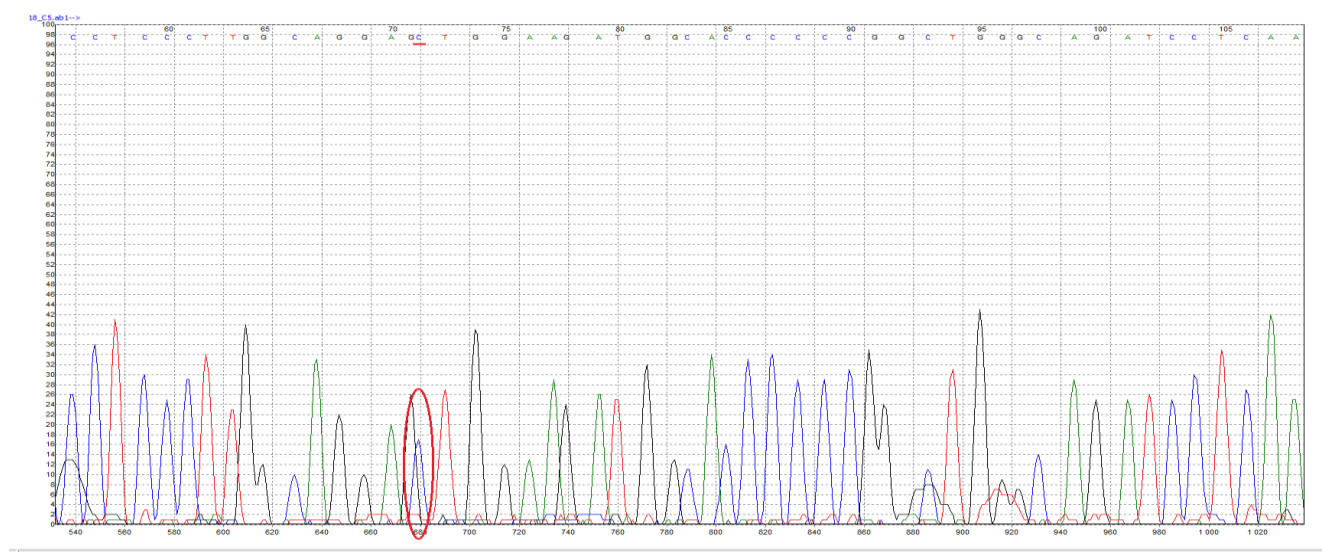


Рисунок 3. Гомозиготный генотип LL гена GH

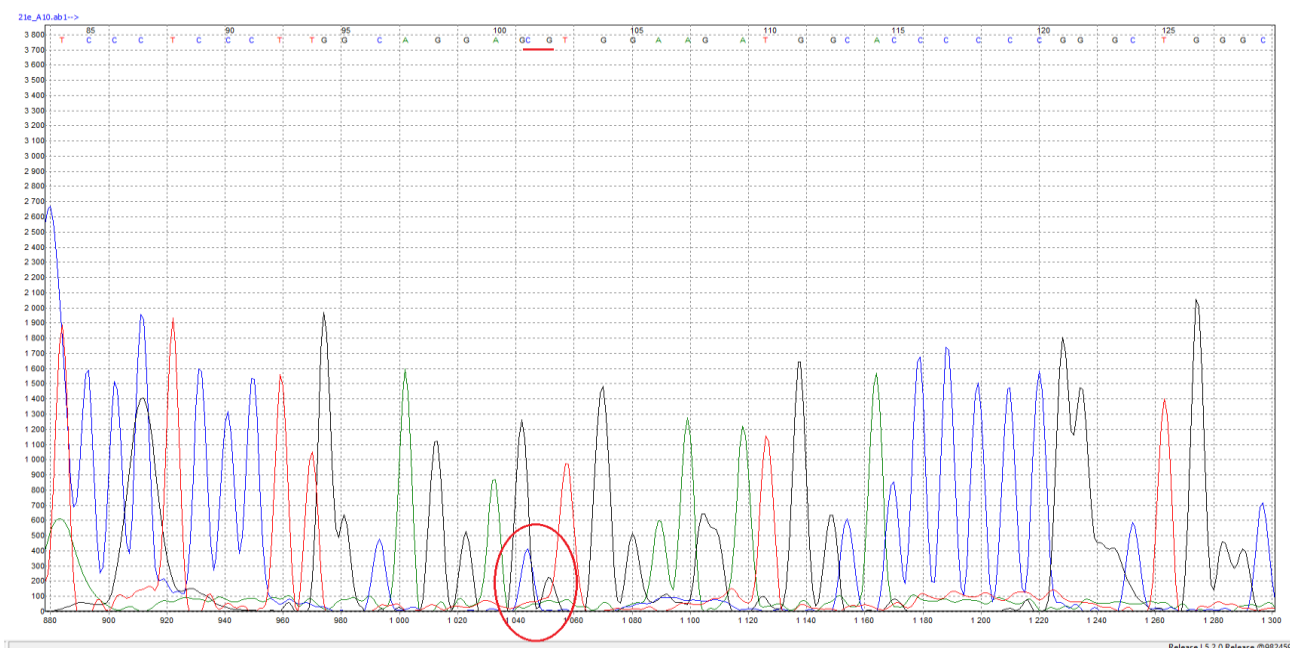


Рисунок 4. Гетерозиготный генотип LV гена GH

Анализ данных капиллярного электрофореза показал неравномерное распределение генотипов в исследуемом поголовье, а также отсутствие носителей желательного генотипа VV (табл. 4).

Таблица 4 - Частота встречаемости генотипов гена GH в исследуемом поголовье

Генотип	Количество животных, гол.	Наблюдаемая частота встречаемости	Ожидаемая частота встречаемости
LL	37	0,74	0,76
LV	13	0,26	0,22
VV	-	-	0,02
Частота аллеля L		0,87	
Частота аллеля V		0,13	

Из данных таблицы видно, что большая часть животных имела генотип LL – 74%, что на 2% ниже ожидаемой частоты. Гетерозиготный генотип LV имели 26% бычков, при этом отмечается превышение наблюдаемой частоты над ожидаемой на

4%. Примечательно, что в исследуемой популяции полностью отсутствует желательный генотип VV, несмотря на его ожидаемую частоту 2%. Распределение аллелей показало широкое распространение аллеля L (87%) среди подопытных бычков, достаточно низкую частоту встречаемости аллеля V (13%). На основании полученных данных для определения степени отклонения наблюдаемой частоты гетерозиготного генотипа от ожидаемого значения, нами был рассчитан индекс фиксации (F_{is}), который был равен -0,18, что указывает на избыток гетерозигот по гену GH в исследуемой популяции бычков.

Полученные данные согласуются с исследованиями И.Ф. Горлова с соавторами (2023), где были изучены 2 популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы ($n=100$), принадлежащие племенным хозяйствам Республики Калмыкия. Результаты исследования показали схожее распределение генотипов полиморфизма L127V гена GH с преобладанием носителей генотипа LL (76%) и низкой частотой встречаемости желательного генотипа VV (0,02%).

3.1.3 Генетическая характеристика подопытных бычков по гену CAST

По результатам проведения полимеразной цепной реакции в режиме реального времени для определения полиморфизма C282G гена CAST у исследуемого поголовья бычков калмыцкой породы выявлены: желательная аллельная форма - гомозигота 282-CC (канал детекции FAM) и другие аллельные формы: гомозигота 282-GG (канал детекции R6G), гетерозигота 282-CG. (рис. 5).

Анализ данных, полученных в результате проведенной ПЦР-РВ, показал также неравномерное распределение генотипов в исследуемом поголовье бычков калмыцкой породы и преобладание носителей гетерозиготного генотипа (табл. 5).

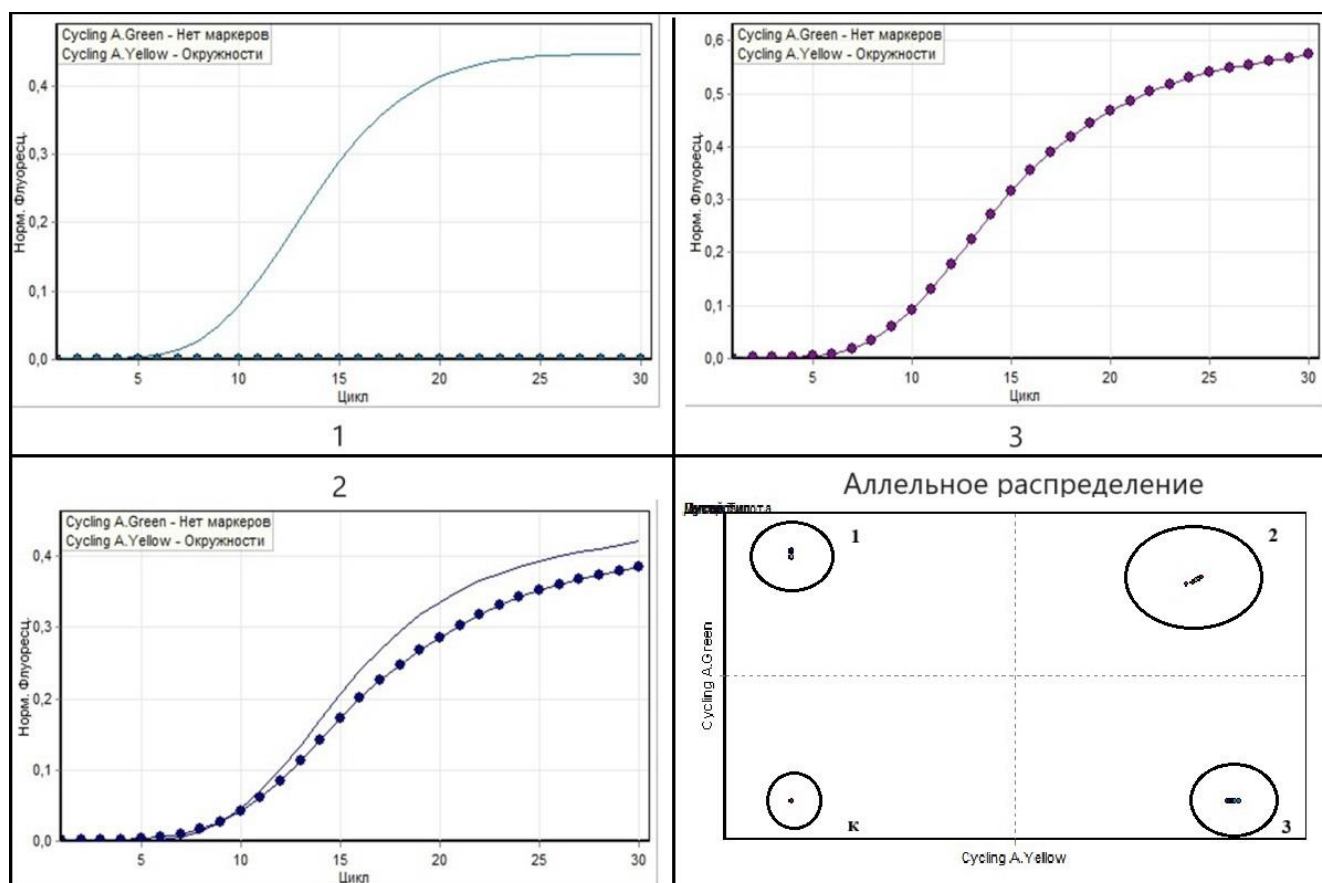


Рисунок 5 – Результаты ПЦР – РВ, аллельное распределение по полиморфизму C282G гена CAST: 1– животное с генотипом CC, 2 – животное с генотипом CG, 3 – животное с генотипом GG, к – контроль.

Таблица 5 – Частота встречаемости генотипов по гену CAST в исследуемом поголовье

Генотип	Количество животных, гол.	Наблюдаемая частота встречаемости	Ожидаемая частота встречаемости
CC	13	0,26	0,24
CG	23	0,46	0,50
GG	14	0,28	0,26
Частота аллеля С		0,49	
Частота аллеля G		0,51	

По данным анализа частоты встречаемости генотипов по гену CAST, наибольшее число исследуемых животных имели гетерозиготный генотип CG - 46%, что на 4% ниже ожидаемой частоты. Частота гомозиготных генотипов CC и GG среди подопытных бычков была практически одинаковой, 26% и 28% соответственно, при этом наблюдается превышение над показателем ожидаемой частоты в обоих случаях на 2%. Распределение аллелей C и G показало небольшую разницу, однако с большей частотой встречался аллель G – 51%, с меньшей частотой C – 49%.

На основании полученных данных нами был рассчитан индекс фиксации, показатель которого был равен 0,08, что свидетельствует о дефиците гетерозигот в исследуемой популяции бычков. Стоит отметить, что значение индекса указывает на небольшое отклонение от равновесия Харди-Вайнберга и величина считается умеренной.

3.2 Кормление и содержание подопытных бычков

Рациональное кормление играет важное значение в организации животноводческого процесса. Биологически полноценный рацион, обеспечивающий животных необходимыми питательными веществами, способствует значительному росту продуктивности и уменьшению кормовых затрат на единицу продукции, что положительно сказывается на экономической эффективности производства [107].

Подопытные бычки калмыцкой породы 8-месячного возраста принадлежали опытной станции Регионального научно-производственного центра по воспроизводству сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова». Животных содержали в одинаковых условиях, группами (10-20 гол.) в отдельных секциях выгульно-кормовой площадки в крытом помещении легкого типа на несменяемой подстилке (солома), которые были оборудованы кормовыми бункерами и поилками. Содержание свободновыгульное.

Водопой с подогревом воды из корыт свободного доступа. В каждой секции имелись небольшие курганы для отдыха животных.

В условиях научно-хозяйственного опыта бычков калмыцкой породы выращивали в возрастной период с 8 до 18 месяцев, для чего был разработан рацион с учетом получения 900-1000 грамм прироста в сутки. Рацион в сутки в период 8-12 месяцев состоял из: сена – 10 кг, соломы – 2 кг и концентратов – 3 кг; в период 12-15 месяцев из: пастбищной травы и ячменной дерти – 2 кг; в период 15-18 месяцев: сена – 7 кг, соломы – 2 кг, концентратов – 5 кг. Еженедельно проводился учет съеденных кормов подопытными бычками, ежемесячно – индивидуальный учет. Для чего взвешивали заданный корм и несъеденные остатки. Затраты кормов за весь период откорма из расчета на 1 голову представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Затраты кормов на 1 голову за весь период

Вид корма	Кг	ЭКЕ
В возрасте 8-12 месяцев		
Сено	1200	455,36
Солома	240	53,22
Концентраты	360	396
ЭКЕ за период 8-12 месяцев	904,57	
В возрасте 12-15 месяцев		
Трава пастбищная	1840	570,40
Концентраты	184	202,4
ЭКЕ за период 12-15 месяцев	772,8	
В возрасте 15-18 месяцев		
Сено	644	245,33
Солома	184	40,8
Концентраты	460	506
ЭКЕ за период 15-18 месяцев	792,13	
Итого ЭКЕ за период 8-18 месяцев	2469,51	
Затрачено ЭКЕ на 1 кг прироста	9,52	

Всего за весь период было затрачено в среднем 5112 кг кормов на одну голову, при общей энергетической ценности 2469,51 ЭКЕ.

Как видно в таблице, средний показатель затрат по всему исследуемому поголовью составил 9,52 ЭКЕ на 1 кг прироста. В период 8-12 месяцев большую часть рациона составляли грубые корма - 80%, концентрированные корма - 20% рациона, в период 12-15 месяцев основную часть рациона составляла пастбищная трава - 90,91%, концентраты – 9,09%, в период 15-18 месяцев грубые корма составляли 64,29% рациона, концентрированные – 35,71%.

В структуре рациона преобладали грубые корма, которые составили 44,37% от общего объема, пастбищная трава – 35,99%, концентраты – 19,64%.

Затраты кормов на 1 кг привеса в среднем на 1 голову по группам в зависимости от генотипов представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Затраты кормовых единиц на 1 кг прироста в зависимости от генотипа

Группа	п, гол.	Затрачено ЭКЕ, М±m
По гену GH		
1	37	9,85±0,14
2	13	8,88±0,14
По гену CAST		
I	14	9,71±0,21
II	23	9,63±0,21
III	13	9,40±0,24
В среднем по поголовью	50	9,52±3,44

Как видно из таблицы, в зависимости от генотипа по полиморфизму L127V гена GH на бычков 2ой группы было затрачено на 10,92% меньше ЭКЕ на 1 кг прироста в отличие от животных 1ой группы, также данный показатель ниже на 7,21% в сравнении со средним показателем по исследуемому поголовью.

По гену CAST наименьшим показателем отличалась группа III, затраты ЭЖЕ были меньше в отличие от группы II на 2,45%, группы I – 3,30%, среднего показателя – 1,28%.

3.3 Рост и развитие подопытных животных

3.3.1 Динамика живой массы и интенсивность роста подопытных бычков

Основная цель выращивания скота для получения мяса является увеличение живой массы, поэтому показатели роста являются основным критерием оценки эффективности откорма. При этом интенсивность увеличения живой массы возможно оценить с помощью абсолютной и относительной скорости роста животных [76]. Данные о приростах подопытных бычков представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Динамика живой массы подопытных бычков

Возраст, мес.	Масса, кг M±m
8	198,66±1,70
12	301,76±2,57
15	390,2±3,92
18	458,16±4,20
Прирост живой массы в период 8-12 мес.	103,10±1,85
Среднесуточный прирост в период 8-12 мес.	0,86±0,02
Прирост живой массы в период 12-15 мес.	88,44±1,98
Среднесуточный прирост в период 12-15 мес.	0,96±0,02
Прирост живой массы в период 15-18 мес.	67,96±1,17
Среднесуточный прирост в период 15-18 мес.	0,74±0,01
Прирост живой массы за весь период	259,50±3,44
Среднесуточный прирост за весь период	0,86±0,01

Анализ динамики живой массы за период исследования показал, что в возрастной период 8-12 месяцев демонстрирует относительный прирост живой массы в 51,90%, среднесуточный прирост – 860 г, относительно низкая погрешность свидетельствует об однородности группы животных в данный возрастной период.

Второй период с 12 до 15 месяцев характеризуется более интенсивным развитием. Так, относительный прирост живой массы составил 29,31% среднесуточный – 960 г, что на 100 г выше, чем в предыдущем периоде.

В период с 15 до 18 месяцев отмечается замедление роста: прирост массы составил 17,42%, среднесуточный – 740 г.

Анализ динамики развития позволяет сделать выводы, что у исследуемого поголовья наблюдается устойчивая тенденция к увеличению живой массы, второй период отмечается большей интенсивностью роста, общая эффективность выращивания подтверждается стабильным приростом массы.

3.3.2 Динамика живой массы, интенсивность роста, экстерьерные показатели бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Развитие молекулярной генетики позволило выявить однонуклеотидные полиморфизмы (ДНК-маркеры), которые связаны с продуктивными качествами сельскохозяйственных животных. В настоящее время данные маркеры используются в животноводстве для целенаправленного отбора носителей генов, связанных с интенсивностью роста, качества мяса и т.д. [110].

Регуляция процесса роста у животных происходит посредством множества физиологических процессов, в основе которых стоит соматотропная ось, которая контролирует процессы развития организма через выработку гормона роста – соматотропина (GH) [213].

В нашей работе мы изучили влияние генотипа полиморфизма L127V гена гормона роста на живую массу, интенсивность роста и экстерьерные показатели

бычков калмыцкой породы. Анализ динамики живой массы показал значительное влияние генетического фактора на показатели подопытных бычков (табл.9)

Таблица 9 - Динамика живой массы бычков в зависимости от генотипа по гену GH, кг

Возраст, мес.	Группа 1 Генотип LL	Группа 2 Генотип LV
	M±m	
8	198,41±1,86	199,38±4,14
12	295,73±2,52	318,92±2,52***
15	383,30±4,52	409,85±5,10***
18	451,14±4,87	478,15±5,63***

*-P≥0,95; **-P≥0,99; ***-P≥0,999 Здесь и далее

Анализ динамики живой массы в зависимости от генотипа гена GH показал, что в возрасте 8 месяцев, после отъема, все бычки обладали сравнительно одинаковой живой массой, при этом показатель группы 2, носителей генотипа LV полиморфизма L127V гена GH, был несколько выше, чем у группы 1, носителей генотипа LL, на 0,98 кг (0,49%). Живая масса у бычков 2ой группы была выше, чем у сверстников 1ой группы во все возрастные периоды: в 12 месяцев на 23,19 кг (8,61%, P≥0,999), в 15 месяцев – на 26,55 кг (6,93%, P≥0,999), в 18 месяцев – на 27,02 кг (5,99%, P≥0,999).

Схожая закономерность отмечается в динамике приростов живой массы (табл.10, 11).

Из данных таблицы 10 видно, что в возрастной период 8-12 месяцев наблюдается наиболее значительное различие между группами. Группа 2 продемонстрировала более высокий прирост массы на 22,21 кг (22,82%) выше, чем у сверстников 1 группы (P≥0,999). В период 12-15 месяцев разница между группами уменьшилась и составила 3,36 кг (3,83%), в 15-18 месяцев – 0,47 кг (0,69%) при этом статистической значимости различий не выявлено. За весь период

исследования различия между группами сохранялись, так бычки группы 2 превосходили сверстников по приросту живой массы на 26,04 кг (10,30%, $P \geq 0,999$).

Таблица 10 - Абсолютный прирост живой массы бычков в зависимости от генотипа по гену GH, кг

Возрастной период, мес.	Группа 1 Генотип LL	Группа 2 Генотип LV
	M±m	
8-12	97,32±1,02	119,54±3,95***
12-15	87,57±2,53	90,92±2,55
15-18	67,84±1,50	68,31±1,54
8-18	252,73±3,84	278,77±4,45***

Таблица 11 - Среднесуточные приросты живой массы в зависимости от генотипа по гену GH, г

Возрастной период, мес.	Группа 1 Генотип LL	Группа 2 Генотип LV
	M±m	
8-12	811±9	996±33***
12-15	952±27	988±28
15-18	737±16	742±17
8-18	840±13	926±15***

Анализ показателей среднесуточного прироста подопытных бычков показал, что в период 8-12 месяцев наблюдалась существенная разница между группами. Так, бычки группы 2 превосходили сверстников на 185 г (22,82%, $P \geq 0,999$). В возрастном периоде 12-15 месяцев различия между группами сглаживаются, разница составляла 36 г (3,83%), за период 15-18 месяцев – 5 г (0,69%), однако различия статистически не достоверны. В течение всего периода исследования

бычки группы 2 превосходили сверстников по среднесуточным приростам на 87 г (10,30%, $P \geq 0,999$).

Для более детального анализа особенностей развития подопытных бычков был проведен расчет относительной скорости роста в разные возрастные периоды по методике С. Броди (табл.12).

Таблица 12 - Относительная скорость роста бычков в зависимости от генотипа по гену GH, %

Возрастной период, мес.	Группа 1 Генотип LL	Группа 2 Генотип LV
8-12	41,60	48,67
12-15	25,79	24,95
15-18	16,26	15,38
8-18	77,82	82,29

Анализ относительной скорости роста бычков показал, что в период 8-12 месяцев бычки группы 2 демонстрировали наибольшую скорость роста, разница с животными группы 1 составила 7,07%. Однако в возрастные периоды 12-15 и 15-18 месяцев более высокую относительную скорость роста показали бычки группы 1 с разницей 0,84% и 0,88% соответственно, что, возможно, связано с компенсацией задержки роста животных в ранние периоды. За весь период наблюдения преимущество в скорости роста сохранялось у бычков группы 2, показатель которой выше на 4,47%, чем у представителей группы 1.

Таким образом, проведенный анализ динамики живой массы и интенсивности роста демонстрирует существенное влияние полиморфизма L127V гена GH на данные показатели. Бычки калмыцкой породы с генотипом LV (группа 2) отличались более высокими показателями роста, в особенности в возрастной период 8-12 месяцев, в отличие от своих сверстников с генотипом LL (группа 1).

Изучение показателей экстерьера играет важную роль при оценке мясных качеств крупного рогатого скота. Особенности телосложения и внешние формы

животного напрямую отражают особенности физиологических процессов и продуктивные характеристики. В практике разведения мясного скота взаимосвязь между телосложением и продуктивными показателями имеет особо важное значение.

Экстерьерную оценку проводили в возрасте 8 и 18 месяцев, путем измерения основных промеров (табл. 13).

Таблица 13 - Промеры подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Промеры, см	Группа 1 Генотип LL		Группа 2 Генотип LV	
	Возраст, мес.			
	8	18	8	18
Высота в холке	104,70±0,26	121,97±0,57	105,62±0,36	124,00±0,82*
Высота в крестце	108,41±0,30	124,86±0,70	110,08±0,34	127,85±0,97*
Обхват груди	122,57±0,96	168,92±1,77	125,62±1,03	173,77±1,36*
Обхват пясти	13,65±0,08	18,43±0,15	13,69±0,14	18,85±0,20
Глубина груди	43,76±0,35	61,35±0,59	44,31±0,30	64,31±0,91**
Ширина груди	24,81±0,35	43,62±0,41	25,46±0,54	44,92±0,46*
Ширина в маклоках	24,51±0,32	44,00±0,35	24,69±0,53	44,15±0,33
Ширина в седалищных буграх	14,43±0,20	26,24±0,18	14,62±0,28	26,62±0,36
Косая длина туловища	106,03±0,34	141,84±0,40	106,38±0,49	145,31±0,62***
Косая длина зада	35,19±0,23	51,73±0,64	35,38±0,34	54,62±0,72**
Полуобхват зада	68,22±0,74	136,46±1,46	68,25±0,95	142,08±1,46**

Как видно в таблице, в возрасте 8 месяцев разница между группами подопытных бычков незначительна и статистически не значима. Несмотря на это, бычки 2ой группы превосходили сверстников из 1ой группы по следующим промерам: высота к холке (0,88%), высота в крестце (1,54%), обхват груди (2,49%), обхват пясти (0,29%), глубина груди (1,26%), ширина груди (2,62%), ширина в маклоках (0,72%), ширина в седалищных буграх (1,32%), косая длина туловища (0,33%), косая длина зада (0,54%), полуобхват зада (0,04%).

В возрасте 18 месяцев разница в промерах была существенна, анализ промеров показал, что животные 2ой группы имели более интенсивный рост и развитие по большему количеству показателей. Так, анализ промеров по высоте животных показал, что высота в холке у представителей 2ой группы была выше, чем у сверстников 1ой группы на 2,03 см (1,66%, $P \geq 0,95$), высоты в крестце – на 2,98 см (2,39%, $P \geq 0,95$). По развитию грудной клетки животные 2ой группы также демонстрировали лучшие показатели: по обхвату груди на 4,85 см (2,87%, $P \geq 0,95$), глубине груди на 2,96 см (4,82%, $P \geq 0,99$), ширине груди 1,30 см (2,98%, $P \geq 0,95$). Показатели конечностей незначительно отличались: по обхвату пясти на 0,41 см (2,24%). Косая длина туловища у бычков 2ой группы были выше на 3,47 см (2,45%, $P \geq 0,999$), косая длина зада – на 2,89 см (5,58 см, $P \geq 0,99$). Развитие задней части также демонстрирует преимущество 2ой группы животных, полуобхват зада которых был выше, чем у сверстников на 5,62 см (4,12%, $P \geq 0,99$).

Чтобы получить полное представление о динамике роста подопытных бычков, был выполнен расчет индексов телосложения (табл.14).

С возрастом наблюдалась положительная динамика большинства индексов. Сравнительный анализ индексов телосложения между группами в 8-месячном возрасте показал преимущество 2 группы исследуемых бычков по большим показателям. Так, у животных данной группы грудной индекс выше, чем у представителей 1ой группы на 0,83%, тазогрудной – на 1,80%, сбитости – на 2,51%, костистости – на 0,07%, шилозадости – на 0,63%, перерослости – на 0,69%. При этом бычки 1ой группы превосходили сверстников по индексам длинноногости (на 0,17%), растянутости (на 0,54%) и массивности (на 1,9%). Можно отметить, что в

8-месячном возрасте у 2ой группы подопытных бычков была лучше развита грудная клетка, задняя часть, отмечалось компактное телосложение, животные демонстрировали более сбалансированное развитие.

Таблица 14 - Индексы телосложения подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Индекс, %	Группа 1 Генотип LL		Группа 2 Генотип LV	
	Возраст, мес.			
	8	18	8	18
Длинноногости	58,22	49,71	58,05	48,15
Растянутости	101,27	116,34	100,73	117,21
Грудной	56,61	71,25	57,44	69,97
Перерослости	103,54	102,38	104,23	103,12
Сбитости	115,59	119,07	118,10	119,59
Костистости	13,04	15,11	12,97	15,20
Тазогрудной	101,38	99,30	103,18	101,77
Шилозадости	55,99	60,07	56,62	60,76
Массивности	117,02	138,46	118,92	140,17

В 18-месячном возрасте различие между группами бычков выражено сильнее. Бычки 2ой группы демонстрировали превосходство по большинству показателей. Преимущество по индексу растянутости составляет 0,87%, тазогрудному – 2,47%, по индексу массивности – 1,71%, перерослости – 0,74%, шилозадости - 0,69%. Незначительные различия наблюдались по индексу костистости – бычки второй группы превосходили сверстников на 0,09%. По индексам длинноногости (на 1,56%) и грудному (на 1,28%) преимущество демонстрировали бычки 1ой группы.

Можно отметить, что подопытные животные 2ой группы в 18-месячном возрасте сохранили преимущество по большинству показателей, которые

характеризуют развитие мясных форм и экстерьера. Наблюдаемая разница по некоторым важным показателям (индексам растянутости, тазогрудному) свидетельствует о более интенсивном развитии бычков 2ой группы.

3.3.3 Динамика живой массы, интенсивность роста, экстерьерные показатели бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

В нашей работе мы изучили влияние генотипа полиморфизма C282G гена CAST на живую массу и интенсивность роста бычков калмыцкой породы. Анализ динамики живой массы показал влияние генетического фактора на показатели подопытных бычков (табл. 15).

Анализ динамики живой массы в зависимости от генотипа гена CAST показал, что в возрасте 8 месяцев, после отъема, все бычки обладали сравнительно одинаковой живой массой

Таблица 15 – Динамика живой массы бычков в зависимости от генотипа по гену CAST, кг

Возраст, мес.	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	M±m		
8	199,93±2,91	197,52±2,71	199,31±3,78
12	299,50±5,10	302,43±4,20	303,00±4,68
15	386,86±7,93	389,61±6,01	394,85±7,98
18	455,57±7,49	456,43±6,70	464,00±8,88

Из данных таблицы видно, что в 8 месячном возрасте показатель группы I, носителей генотипа GG полиморфизма C282G гена CAST, был несколько выше, чем у групп II и III, носителей генотипов CG и CC, на 2,41 кг (1,22%) и 0,62 кг (0,31%) соответственно. Живая масса в 12 месяцев была выше у бычков группы III, чем у сверстников группы I на 3,50 кг (1,17%) и на 0,57 кг (0,19%), чем в группе II.

В возрасте 15 месяцев наибольшую живую массу также демонстрировала группа III, носители генотипа CC, показатель которой был выше, чем в группах I и II на 7,99 кг (2,07%) и 5,24 кг (1,34%) соответственно. В 18-месячном возрасте преимущество группы III сохранилось, разница с группами I и II составляла 8,43 кг (1,85%) и 7,57 кг (1,66%).

Схожая закономерность отмечается в динамике приростов живой массы (табл.16, 17).

Таблица 16 – Абсолютный прирост живой массы бычков в зависимости от генотипа по гену CAST, кг

Возрастной период, мес.	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	M±m		
8-12	99,57±3,02	104,91±3,04	103,69±3,83
12-15	87,36±4,12	87,17±2,80	91,85±4,33
15-18	68,71±1,50	66,83±2,12	69,15±2,27
8-18	255,64±5,53	258,91±5,75	264,69±7,11

Анализ прироста живой массы показал, что в возрастной период 12-15 месяцев наблюдается наиболее значительное различие между группами. Наибольший прирост живой массы в возрастной период 8-12 месяцев показала группа II с разницей 5,34 кг (5,36%) и 1,22 кг (1,18%) с группами I и III соответственно. В период 12-15 месяцев группа III превосходила сверстников из группы I по приросту на 4,49 кг (5,14%), из группы II – на 4,67 кг (5,36%), в 15-18 месяцев на 2,33 кг (3,48%) и 0,44 кг (0,64%) соответственно. За весь период исследования бычки группы III показали наибольший прирост живой массы с разницей в отношении групп I и II в 9,05 кг (3,64%) и 5,78 кг (2,23%).

Таблица 17 – Среднесуточные приросты живой массы в зависимости от генотипа по гену CAST, г

Возрастной период, мес.	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	M±m		
8-12	830±25	874±25	864±32
12-15	950±45	948±30	998±47
15-18	747±16	726±23	752±25
8-18	849±18	860±19	879±24

Анализ показателей среднесуточного прироста подопытных бычков показал, что в возрастном периоде 8-12 месяцев бычки группы II превосходили сверстников из групп I и III на 44 г (5,36%) и 10 г (1,18%) соответственно. В остальные возрастные периоды наибольшие значения среднесуточного прироста демонстрировала группа III, которые были выше, чем в группах I и II: в 12-15 месяцев на 51 г (5,36%) и 48 г (5,14%), в 15-18 месяцев на 5 г (0,64%) и 25 г (3,48%). За весь период исследования бычки группы III превосходили сверстников из групп I и II по среднесуточным приростам на 30 г (3,54%) и 19 г (2,23%) соответственно.

Для более детального анализа особенностей развития подопытных бычков был проведен расчет относительной скорости роста в разные возрастные периоды по методике С. Броди (табл. 18).

Таблица 18- Относительная скорость роста бычков в зависимости от генотипа по гену CAST, %

Возрастной период, мес.	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
8-12	39,87	41,97	41,29
12-15	25,46	25,19	26,32
15-18	16,31	15,80	16,10
8-18	78,00	79,18	79,81

Анализ относительной скорости роста бычков показал, что в период 8-12 месяцев бычки группы II демонстрировали наибольшую скорость роста, разница с животными группы I составила 2,09%, с группой III – 0,68%. Однако в возрастной период 12-15 месяцев более высокую относительную скорость роста показали бычки группы III с разницей с группами I и II – 0,87% и 1,13% соответственно, что может быть связано с компенсацией задержки роста животных в ранние периоды. В период 15-18 месяцев преимущество демонстрировала группа I, значение которой было выше, чем в группе II на 0,52%, группе III на 0,21%. За весь период наблюдения преимущество в скорости роста сохранялось у бычков группы III, показатель которой выше на 1,81%, чем у представителей группы I, и на 0,63%, чем у группы II.

Таким образом, проведенный анализ динамики живой массы и интенсивности роста демонстрирует наибольший потенциал роста у животных с генотипом СС, однако различия между группами статистически не достоверны.

Экстерьерная оценка подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST представлена в таблице 19.

Установлено, что в возрасте 8 месяцев различия между тремя группами подопытных бычков по большинству промеров были незначительны и статистически не достоверны. Разница между крайними значениями всех промеров среди групп составляет: по высоте в холке – 0,14%, высоте в крестце 0,03%, обхвату груди – 1,76%, обхвату пясти – 2,59%, глубине груди – 0,94%, ширине груди – 3,37%, ширине в маклоках – 2,41%, ширине в седалищных буграх – 5,36%, косой длине туловища – 0,93%, косой длине зада – 2,26%, полуобхвату зада – 1,21%.

Можно отметить, что группа I выделялась по ширине груди, группа II – по косой длине туловища, группа III – по глубине груди и ширине в маклоках.

Таблица 19 - Промеры подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену
CAST

Промеры, см	Группа I Генотип GG		Группа II Генотип CG		Группа III Генотип CC	
	Возраст, мес.					
	8	18	8	18	8	18
Высота в холке	104,93 ±0,57	122,93 ±1,08	105,00 ±0,28	122,45 ±0,72	104,85 ±0,42	121,77 ±0,85
Высота в крестце	108,86 ±0,62	124,86 ±1,28	108,83 ±0,35	125,73 ±0,85	108,85 ±0,51	126,54 ±1,30
Обхват груди	124,64 ±1,73	170,07 ±3,67	122,48 ±1,13	169,86 ±2,15	123,54 ±1,46	170,77 ±0,98
Обхват пясти	13,50 ±0,14	18,29 ±0,28	13,65 ±0,10	18,68 ±0,21	13,85 ±0,11	18,62 ±0,15
Глубина груди	43,93 ±0,60	61,71 ±0,94	43,74 ±0,40	61,95 ±0,83	44,15 ±0,53	63,38 ±1,02
Ширина груди	25,43 ±0,63	43,43 ±0,78	24,65 ±0,44	43,59 ±0,46	25,08 ±0,53	45,31 ±0,58*
Ширина в маклоках	24,79 ±0,61	43,07 ±0,66	24,26 ±0,41	44,05 ±0,33	24,85 ±0,44	45,15 ±0,44
Ширина в седалищных буграх	14,93 ±0,40	26,14 ±0,24	14,17 ±0,18	26,18 ±0,25	14,54 ±0,37	26,77 ±0,38
Косая длина туловища	105,50 ±0,58	142,93 ±0,93	106,48 ±0,39	142,73 ±0,63	106,15 ±0,61	142,15 ±0,59
Косая длина зада	35,79 ±0,41	51,43 ±1,17	35,00 ±0,21	52,45 ±0,78	35,08 ±0,45	53,85 ±0,97
Полуобхват зада	68,64 ±1,14	135,71 ±2,83	67,82 ±0,80	137,41 ±1,74	68,46 ±1,49	141,08 ±1,82

В возрасте 18 месяцев различия между группами были более выраженными. Анализ промеров показал, что высота в холке у представителей группы I была выше, чем у сверстников групп II и III на 0,47 см (0,39%) и 1,16 см (0,95%) соответственно, разница по высоте в крестце была минимальной – 0,03 см (0,02%) и 0,01 см (0,01%). По развитию грудной клетки лучшие показатели демонстрировали бычки группы III по отношению к группам I и II: по обхвату груди на 0,70 см (0,41%) и на 0,91 см (0,53%), глубине груди на 1,67 см (2,71%) и на 1,43 см (2,31%), ширине груди на 1,88 см (4,33%) и 1,72 см (3,95%, $P \geq 0,95$) соответственно. Показатели конечностей незначительно отличались: по обхвату пясти максимальное значение было у группы II, которое было выше, чем у сверстников группы I на 0,39 см (2,13%) и на 0,06 см (0,32%), чем у группы III. У группы III были выше по отношению к группам I и II показатели задней части: ширина в маклоках на 2,08 см (4,83%) и 1,11 см (2,52%), ширина в седалищных буграх на 0,63 см (2,40%) и 0,59 см (2,24%), косая длина зада на 2,24 см (4,71%) и 1,39 см (2,65%), полуобхват зада на 5,37 см (3,96%) и 3,67 см (2,67%) соответственно. Косая длина туловища у бычков группы I была выше на 0,20 см (0,14%), чем у группы II, и на 0,77 см (0,54%), чем в группе III.

Чтобы получить полное представление о динамике роста подопытных бычков, был выполнен расчет индексов телосложения (табл. 20).

Сравнительный анализ индексов телосложения между группами в 8-месячном возрасте показал преимущество группы I исследуемых бычков по большим показателям. Так, у животных данной группы грудной индекс выше, чем у представителей группы II на 0,45% и группы III на 1,08%, сбитости – на 3,18% и 1,78, тазогрудной – на 1,12% и 1,87%, шилозадости – на 0,53% и 0,70%, массивности – на 2,13% и 0,94% соответственно. Бычки группы II превосходили сверстников по индексам длинноногости (группу I – на 0,21%, группу III – на 0,45%), растянутости (группу I – на 0,85%, группу III – на 0,17%) и тазогрудному (группу I – на 0,79%, группу III – 0,88%). Группа III имела преимущество над группами I и II по индексам: перерослости на 0,07% и 0,17%, костистости на 0,34% и 0,21%.

Таблица 20 - Индексы телосложения подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Индекс, %	Группа I Генотип GG		Группа II Генотип CG		Группа III Генотип CC	
	Возраст, мес.					
	8	18	8	18	8	18
Длинноногости	58,14	49,81	58,35	49,43	57,90	47,95
Растянутости	100,56	116,32	101,41	116,59	101,24	116,78
Грудной	57,81	70,47	56,28	70,58	56,73	71,57
Перерослости	103,74	101,56	103,64	102,69	103,81	103,92
Сбитости	118,14	118,93	115,02	118,99	116,36	120,14
Костистости	12,87	14,87	13,00	15,26	13,21	15,30
Тазогрудной	102,85	101,04	101,73	99,08	100,98	100,35
Шилозадости	56,58	60,85	56,05	59,49	55,88	60,89
Массивности	118,74	138,27	116,61	138,70	117,80	140,27

В 18-месячном возрасте различия между группами бычков выражены сильнее. Бычки группы III демонстрировали превосходство по большинству показателей. Разница с группами I и II по индексам: растянутости – 0,46% и 0,19%, грудному – 1,11% и 0,99%, перерослости – 2,36% и 1,24%, сбитости – 1,21% и 1,16%, костистости – 0,42% и 0,04%, массивности – 2,00% и 1,57% соответственно. Бычки группы I демонстрировали преимущество по индексам длинноногости, который был выше, чем в группе II на 0,39%, чем в группе III на 1,86%, тазогрудному с разницей 1,96% и 0,69%, шилозадости с разницей 1,36% и 1,54% с группами II и III соответственно.

Можно отметить, что подопытные животные группы III с генотипом CC в 18-месячном возрасте лидируют по большинству промеров. Наблюдаемая разница свидетельствует о формировании у группы III наиболее пропорционального и массивного телосложения с развитой задней частью. Однако различия между группами не достигают статистической значимости.

3.4 Мясная продуктивность подопытных животных

Формирование мясной продуктивности крупного рогатого скота определяется комплексом признаков. К ним относят содержание, кормление, породную принадлежность, генотип, пол, возраст.

Определение прижизненной оценки мясной продуктивности проводится по показателям живой массы и упитанности, но достоверные данные возможно получить только после убоя животных [6, 10, 20, 50, 134].

Основными параметрами, по которым оценивают мясную продуктивность скота, являются убойная масса, убойный выход, масса и выход туши [60].

Оценка убойных показателей проводилась в зависимости от генотипа животных по генам GH и CAST, при этом учитывали: предубойную живую массу, массу охлажденной туши, массу внутреннего жира, убойный выход туши и бойную массу. Морфологический состав туши оценивали по массе мяса и охлажденной полутуши, массе костей и сухожилий.

3.4.1 Убойные показатели и морфологический состав туш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Контрольный убой подопытных бычков был проведен в возрасте 18 месяцев с целью определения их мясной продуктивности. Для изучения влияния генотипа на убойные качества было отобрано 5 голов из группы 1 (с генотипом LL), из группы 2 (с генотипом LV) – 4 головы (табл. 21).

По мнению многих ученых, данный возраст считается оптимальным для проведения убоя. Отмечается, что в 18-месячном возрасте возможно получить наиболее объективные данные о мясной продуктивности [41, 55, 67]. В связи с чем, после завершения откорма, отобранных бычков оставили на доращивание до 18-месячного возраста.

Перед убоем было проведено контрольное взвешивание для определения предубойной живой массы.

Предубойная живая масса подопытных бычков 2ой группы была выше, чем у сверстников из первой группы на 35,90 кг (8,28%), схожая закономерность отмечалась на протяжении всего периода исследования. Кроме того, анализ результатов контрольного убоя показал существенные различия между группами бычков по основным параметрам мясной продуктивности.

Таблица 21 - Результаты контрольного убоя бычков разных генотипов по гену GN

Показатель	Группа 1	Группа 2
	Генотип LL	Генотип LV
	M±m	
Предубойная живая масса, кг	433,60±6,79	469,50±9,45*
Масса парной туши, кг	229,12±3,60	258,43±3,16***
Выход туши, %	52,84	55,08
Масса внутреннего жира, кг	14,94±0,32	16,30±0,36*
Выход жира, %	3,44	3,47
Убойная масса, кг	244,06±3,91	274,73±3,35***
Убойный выход, %	56,29	58,55

Оценка упитанности подопытных животных показала высокое качество туш: равномерное распределение жира по всей поверхности, хорошее развитие мышечной ткани, что соответствовало требованиям первой категории упитанности. Масса парной туши 2ой группы животных была выше, чем у сверстников 1ой группы на 29,31 кг, разница составила 12,79% ($P \geq 0,999$). По массе внутреннего жира разница составила 1,36 кг ($P \geq 0,95$), показатель 2ой группы был выше на 9,10%, чем у бычков 1ой группы. Показатель убойной массы 2ой группы бычков был выше, чем у 1ой на 30,67 кг, разница составила 12,56% ($P \geq 0,999$).

Таким образом, бычки 2ой группы демонстрировали преимущество по всем убойным показателям. Высокие показатели выхода туши и убойного выхода у бычков 2ой группы свидетельствуют о лучшем развитии мышечной ткани.

В комплексе показателей, определяющих мясную продуктивность крупного рогатого скота, особое значение имеет морфологический состав туши. К его основным компонентам относится масса охлажденной полутуши, содержание мышечной, костной и соединительной ткани.

Исследования показали, что существует прямая зависимость между живой массой молодняка и показателями мясной продуктивности. При увеличении живой массы возрастает масса туши, а также выход мякоти на каждые 100 кг, содержание белка и жира [1, 23, 43, 52].

Качественный анализ мяса требует комплексного подхода. Изучение соотношения мышечной, костной, соединительной и жировой тканей позволит дать объективную характеристику и мясной продуктивности.

Для оценки морфологического состава туш проводилась обвалка полутуш по технологии, принятой на мясокомбинатах (табл. 22)

Таблица 22 – Морфологический состав полутуш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Показатель	Группа 1 Генотип LL		Группа 2 Генотип LV	
	кг	%	кг	%
Масса охлажденной полутуши	112,54±1,89	100	126,93±1,56***	100
Масса мякоти	90,16±1,61	80,11	102,10±1,30***	80,44
Масса костей	18,34±0,34	16,42	20,43±0,24**	16,09
Хрящи и сухожилия	3,92±0,05	3,48	4,40±0,05***	3,47
Выход мякоти на 1 кг костей	4,92	-	5,00	-

Оценка морфологического состава полутуш подопытных бычков показала значимые различия в мясной продуктивности между группами. Можно отметить, что показатель массы охлажденной полутуши выше у животных 2ой группы на 14,39 кг (12,78%), чем у 1ой группы ($P \geq 0,999$). По показателю массы мякоти также видны существенные различия. Так, во 2ой группе абсолютная масса мышечной ткани выше, чем в 1ой группе на 11,94 кг (13,24%, $P \geq 0,999$). Однако разница

показателя относительного выхода мякоти в двух группах была незначительная и составляла 0,33%, что свидетельствует о пропорциональном увеличении мышечной массы относительно общей массы полутуши. Анализ массы костей показал, что у бычков 2ой группы она была выше, чем у сверстников из 1ой группы на 1,95 кг (10,52%, $P \geq 0,99$). При этом относительная доля костей была выше у 1ой группы животных на 0,33%. Наблюдаемая динамика может свидетельствовать о более интенсивном росте мышечной ткани у бычков 2ой группы. Анализ массы хрящей и сухожилий показал схожие результаты. Так, данный показатель был выше у 2ой группы животных на 0,50 кг (12,82%, $P \geq 0,999$), при этом относительная доля хрящей и сухожилий была выше в 1ой группе на 0,01%. Это указывает на пропорциональное увеличение массы соединительных тканей в обеих группах. Показателем, отражающим эффективность производства мышечной ткани относительно костной, является выход мякоти на 1 кг костей, который был выше во 2ой группе на 0,08 кг (1,63%), чем в 1ой группе. Это свидетельствует о более выгодном соотношении мышечной и костной ткани у 2ой группы подопытных бычков.

Таким образом, бычки 2ой группы отличаются большей массой полутуши, пропорциональным увеличением мышечной массы, выгодным соотношением мякоти к костям, что повышает выход мясной продукции, незначительным снижением относительной доли костной ткани при росте ее массы.

3.4.2 Убойные показатели и морфологический состав туш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Для изучения влияния генотипа по гену CAST на убойные качества было отобрано 3 головы из каждой группы (табл. 23).

Анализ результатов контрольного убоя показал существенные различия между группами бычков по основным параметрам мясной продуктивности, в частности, преимущество бычков группы I по большинству показателей.

Таблица 23 - Результаты контрольного убоя бычков разных генотипов по гену GN

Показатель	Группа I	Группа II	Группа III
	Генотип GG	Генотип CG	Генотип CC
	M±m		
Предубойная живая масса, кг	460,00±25,50	443,00±11,11	445,67±14,22
Масса парной туши, кг	248,37±16,49	241,53±11,89	236,53±9,24
Выход туши, %	53,95	54,50	53,06
Масса внутреннего жира, кг	15,83±1,05	15,33±0,45	15,47±0,57
Выход жира, %	3,44	3,46	3,47
Убойная масса, кг	264,20±17,52	256,87±12,24	252,00±9,78
Убойный выход, %	57,39	57,96	56,53

Из данных таблицы видно, что предубойная живая масса в группе I была выше, чем в группах II и III на 17,00 кг (3,84%) и на 14,33 кг (3,22%) соответственно. Масса парной туши была выше, чем у сверстников группы II на 6,83 кг (2,83%), группы III – на 11,84 кг (5,01%). По массе внутреннего жира разница составила 0,50 кг (3,26%) с группой II и 0,36 кг (2,37%) с группой III. Стоит отметить, что по процентному выходу жира преимущество по сравнению со сверстниками имеет группа III, с небольшой разницей с группами I и II – 0,03% и 0,01% соответственно.

Показатель убойной массы бычков группы I был выше, чем у группы II на 7,33 кг (2,85%), группы III – на 12,20 кг (4,84%), при этом убойный выход был выше у группы II, разница была незначительной и составила с другими группами 0,57% и 1,43%.

Таким образом, бычки группы I, носителей гомозиготного генотипа GG, демонстрируют преимущество по большинству убойных показателей.

Для оценки морфологического состава туш проводилась обвалка полутуш по технологии, принятой на мясокомбинатах (табл. 24).

Оценка морфологического состава полутуш подопытных бычков не показала значимых различий в мясной продуктивности между группами.

Таблица 24 – Морфологический состав полутуш подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Показатель	Группа I Генотип GG		Группа II Генотип CG		Группа III Генотип CC	
	кг	%	кг	%	кг	%
Масса охлажденной полутуши	121,97 ±8,14	100	118,77 ±5,87	100	116,07 ±4,58	100
Масса мякоти	97,90 ±6,92	80,24	95,40 ±4,70	80,33	93,10 ±3,83	80,21
Масса костей	19,83 ±1,02	16,29	19,30 ±0,85	16,26	18,90 ±0,62	16,29
Хрящи и сухожилия	4,23 ±0,20	3,48	4,13 ±0,25	3,48	4,03 ±0,16	3,47
Выход мякоти на 1 кг костей	4,94	-	4,95	-	4,93	-

Из данных таблицы видно, что показатель массы охлажденной полутуши выше у животных группы I на 3,20 кг (2,69%), чем у группы II и на 5,90 кг (5,08%), чем у группы III. По показателю массы мякоти в группе I абсолютная масса мышечной ткани выше, чем в группах II и III на 2,50 кг (2,62%) и на 4,8 кг (5,16%) соответственно. Однако разница показателя относительного выхода мякоти в трех группах была незначительная и варьировалась в пределах 0,09-0,12%. Анализ массы костей, хрящей и сухожилий показал аналогичные результаты. Так, наибольшее абсолютное значение по массе костей имела группа I, разница с группой II составила 0,53 кг (2,76%), с группой III – 0,93 кг (4,94%). Различия относительной массы костей были незначительные (0,03%). По массе хрящей и сухожилий разница между группами варьировала от 0,10 до 0,20 кг, с преимуществом группы I, по относительной массе –0,01%. Выход мякоти на 1 кг костей также был сравнительно одинаковым во всех группах.

3.5 Качественные характеристики мяса подопытных бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST

3.5.1 Органолептическая оценка мяса бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST

Развитие отрасли мясного скотоводства обусловило возрастающую потребность в комплексной оценке технологических свойств мяса, получаемого от крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Комплекс технологических характеристик включает в себя такие параметры, как содержание питательных веществ, биологическую и энергетическую ценность, вкусовые и органолептические качества. Для оценки качества мяса часто применяется органолептический метод анализа, который позволяет определить его вкусовые свойства [129].

Определение органолептических свойств мяса проводили с помощью оценки говядины в сыром виде, бульона и вареного мяса, жареных стейков. Оценка в сыром виде показала, что все образцы независимо от группы соответствовали свежему, доброкачественному мясу, с характерной консистенцией.

Органолептическая оценка бульона и вареного мяса проводилась по 9-балльной шкале и включала в себя следующие показатели: внешний вид, запах, вкус, консистенция и сочность (для вареного мяса), наваристость (для бульона) (таблица 25, 26).

По результатам органолептической оценки бульона по внешнему виду наибольший балл имела группа II, показатель которой соответствовал оценке «недостаточно хороший», наименьший показатель был у группы III с оценкой «немного непривлекательный (приемлемый)». Запах (аромат) во всех группах был «приятный, но недостаточно сильный», при этом группы I и II отличались приятным запахом и имели одинаковый средний балл, значение группы III отличалось незначительно. Аналогичные результаты по другим показателям, где во всех группах дегустаторы отметили «хороший» вкус и достаточную

наваристость, однако у группы III бульон оценен как «недостаточно наваристый». По результатам общей оценки качества у групп I и II отмечается «хорошее» качество, при этом наибольший средний балл у группы II, у группы III «выше среднего».

Таблица 25 – Результаты органолептической оценки бульона в зависимости от генотипа по гену CAST

Параметры	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	Средний балл		
Внешний вид	6	6,3	4,3
Запах (аромат)	7,3	7,3	7
Вкус	7	7,3	6,7
Наваристость	6,7	7	6
Общая оценка	7	7,3	6,3

Таблица 27 – Результаты органолептической оценки вареного мяса в зависимости от генотипа по гену CAST

Параметры	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	Средний балл		
Внешний вид	7	7,7	7
Запах (аромат)	6,3	7,3	6,7
Вкус	7	7	6,7
Консистенция	6,7	6,7	6,7
Сочность	6,7	6,7	6
Общая оценка	7	7	6,3

Органолептическая оценка вареного мяса показала, что по внешнему виду максимальный балл имеет группа II, который соответствует качеству «очень хороший», у групп I и III схожие значения, соответствующие качеству «хороший». Аналогичный результат по показателю запаха (аромата), где у группы II отмечается «приятный, но недостаточно сильный» аромат, групп I и III средний показатель между «недостаточно ароматный» и «приятный, но недостаточно ароматный». По вкусу у групп I и II одинаковое значение с оценкой «достаточно вкусный», наименьший у группы III – «недостаточно вкусный». По показателям консистенции и сочности у всех трех групп средние баллы были одинаковыми. По результатам общей оценки вареного мяса группы I и II соответствовали качеству «хороший», группа III – «выше среднего».

Проведение органолептической оценки жареных стейков включало в себя анализ по таким следующим показателям: запах (аромат), консистенция и вкус. Каждый показатель включал в себя комплекс характеристик (дескрипторов), которые оценивались в баллах в зависимости от интенсивности (рис. 6,7,8).

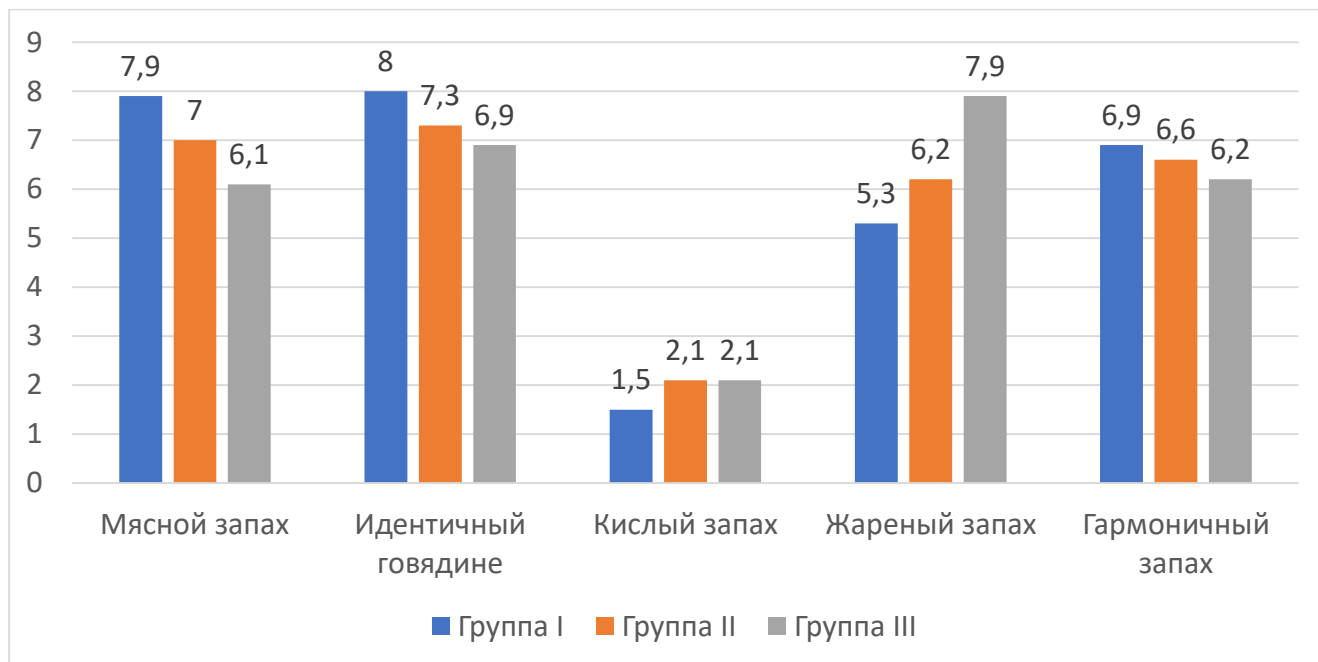


Рисунок 6. Интенсивность характеристик жареного мяса по запаху

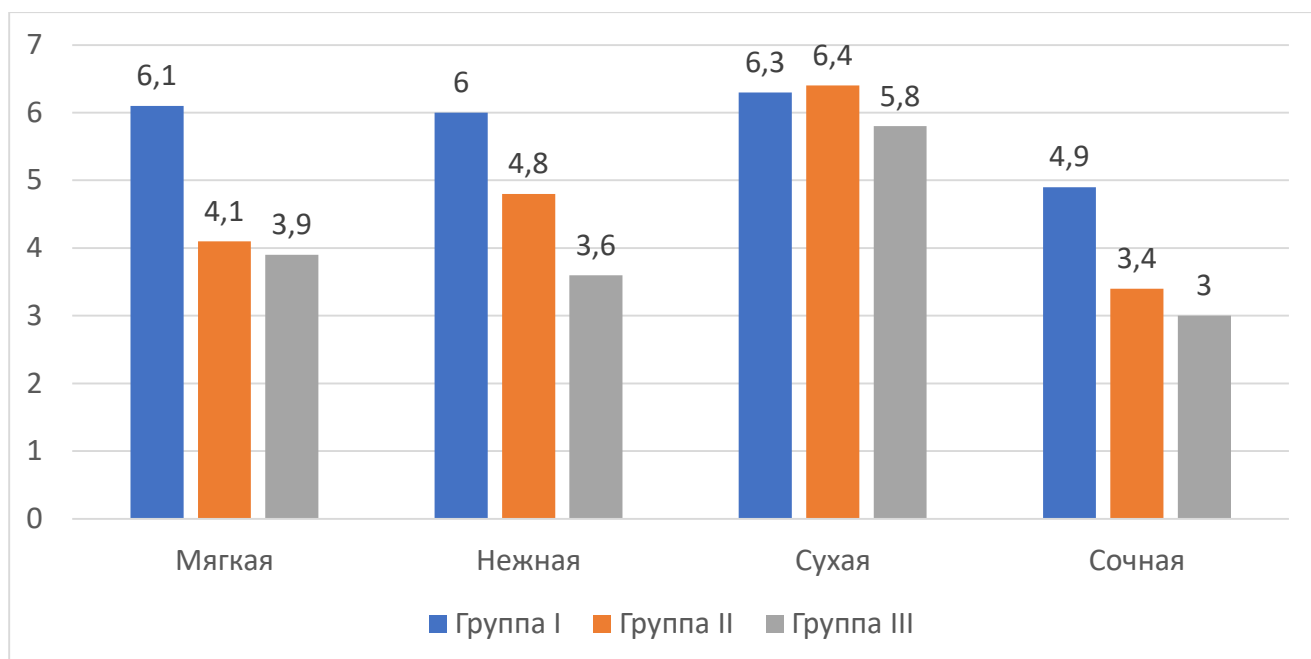


Рисунок 7. Интенсивность характеристик жареного мяса по консистенции

Анализ интенсивности характеристик стейков по запаху показал, что группа I имела наиболее гармоничный, выраженный мясной запах, идентичный говядине, при этом обладала наименее выраженным жареным и кислым запахом. У группы II все показатели были промежуточными. При этом выраженность кислого запаха была одинаковой с группой III, которая показала наименее интенсивные показатели по большинству характеристик среди трех групп, при этом она отличалась наиболее выраженным жареным запахом.

Анализ интенсивности характеристик жареного мяса по консистенции показал, что группа I имела наиболее мягкую, нежную и сочную консистенцию, по показателю сухости отмечается средний показатель. Мясо группы II по многим характеристикам имело средние значения интенсивности, однако более сухим по отношению к другим группам. Группа III отличалась наименьшими показателями среди всех исследуемых групп.

Анализ вкусовых характеристик (рис.8) показал, что все исследуемые группы обладали вкусом, типичным говядине, без существенных отклонений от эталонного профиля.

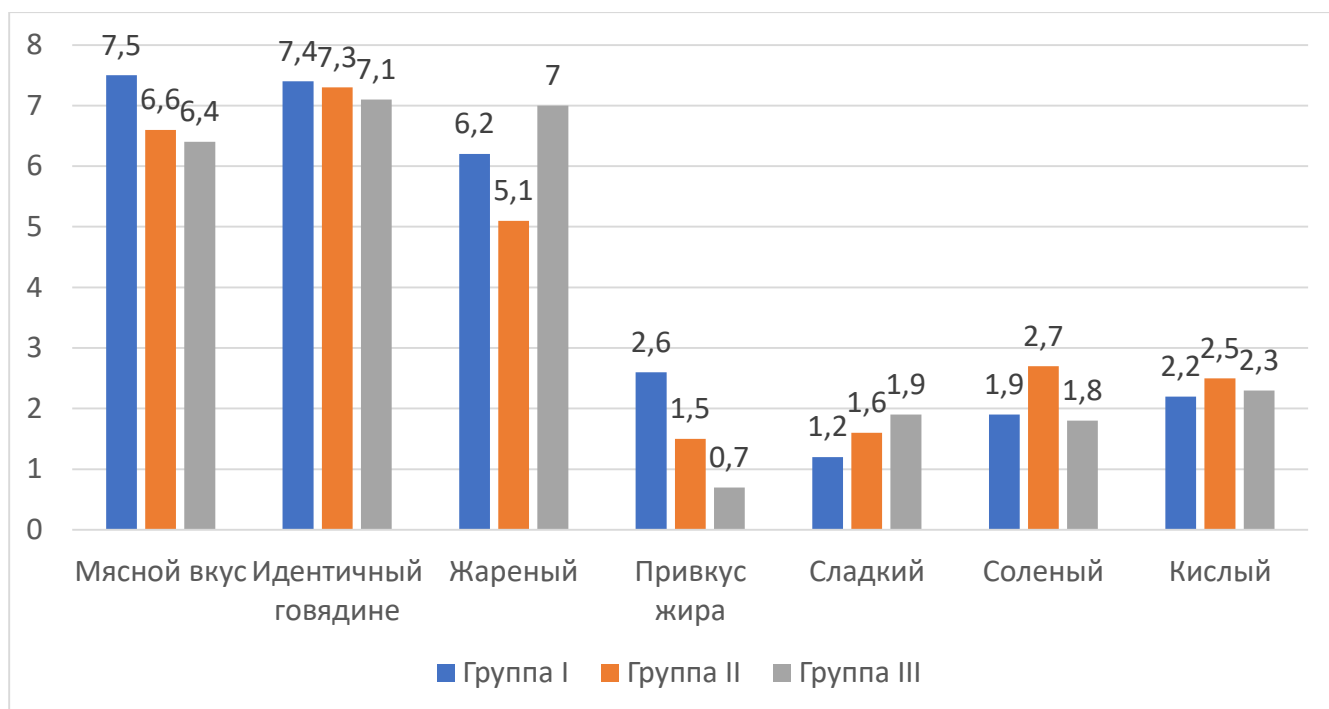


Рисунок 8. Интенсивность характеристик жареного мяса по вкусу

Мясо группы I демонстрировало наиболее выраженный мясной вкус, привкус жира и было менее сладким и кислым в отличие от других групп. Группа II отличалась более выраженным соленым и кислым вкусом мяса, по остальным характеристикам имела средние значения. Мясо группы III характеризовалось наиболее интенсивными жареным и сладким оттенком вкуса, при этом демонстрировала наименее выраженный соленый и мясной вкусы, а также привкус жира.

Таким образом, группа I демонстрирует лучшие показатели по результатам оценки бульона, вареного мяса, а также по большинству характеристик жареного мяса. Группа III имеет существенные недостатки по ключевым параметрам.

3.5.2 Гистологическая характеристика мяса подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Гистологическое исследование мясной продукции является прямым методом определения ее качества и истинной структуры. Данные микроструктурного анализа позволяют получить сведения о морфологических особенностях

мышечной ткани, содержании клеточных структур, о происходящих изменениях [113].

По результатам гистологического исследования длиннейшей мышцы спины у всех образцов установлено однотипное строение характерное для говядины (рис.9).

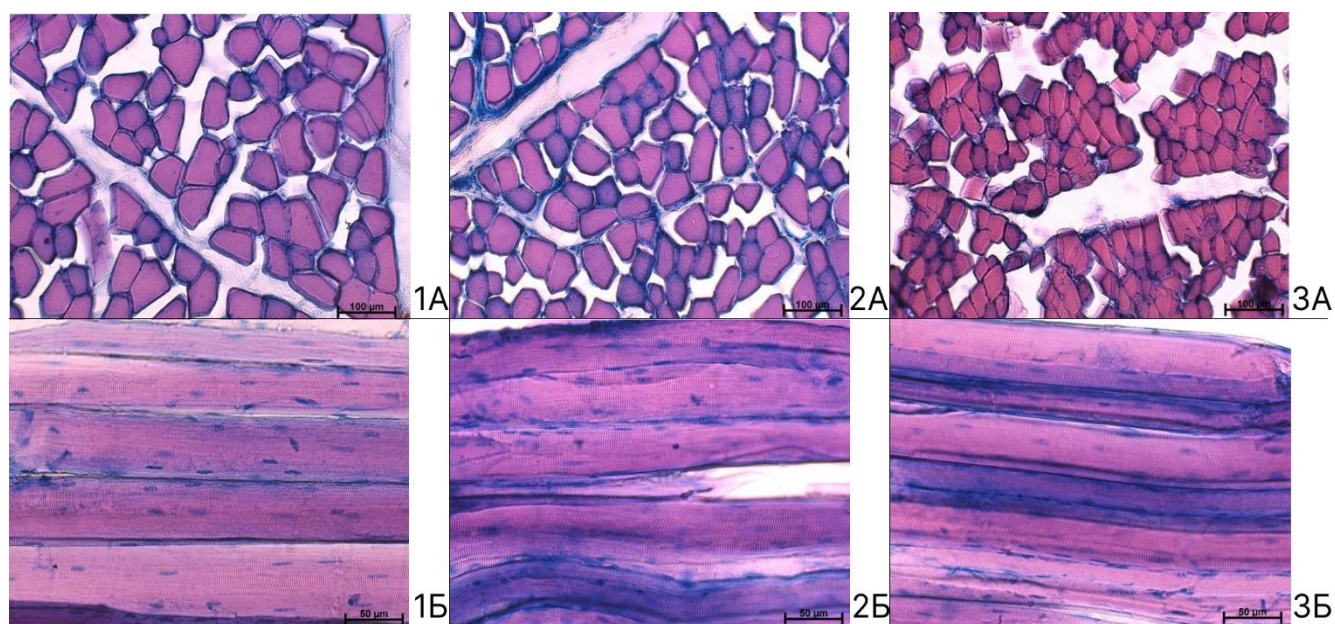


Рисунок 9. Гистологическая структура мышечной ткани подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST: 1 – группа I, 2 – группа II, 3 – группа III; А – поперечный срез (масштаб 100 мкм); Б – продольный срез (масштаб 50 мкм).

Структурная организация включала поперечно-полосатую, мышечную, соединительную и жировую ткани, сохранившие свое естественное соотношение и сращение. В разных образцах мышечные волокна в продольном разрезе имели как поперечную исчерченность, так и извилистую, что является свидетельством их сокращения. Отдельные образцы имели большое количество извилистых волокон со сближенной исчерченностью и волокна преимущественно спрямленной формы. Разрывы и фрагментация волокон, повреждения сарколеммы, деструкция миофибрилл не выявлены. На поперечном срезе мышечные волокна характеризовались полигональной формой. Границы между отдельными волокнами были четкими и визуализировались без затруднений. В мышечных

волокнах визуализировались ядра овальной формы, локализованные непосредственно под сарколеммой.

Отчетливо визуализировались клетки мышечных волокон, а также плотное прилегание волнистых соединительнотканых прослоек перимизия к их пучкам. В области прилегания перимизия отмечались небольшие скопления адипоцитов с типичным гистологическим строением. Эндомизий имел характерную структуру, хорошо дифференцированную на препаратах. Соединительнотканый каркас во всех образцах имел схожую структурную организацию без существенных различий.

Результаты морфометрического анализа приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Результаты морфометрического анализа мяса подопытных бычков зависимости от генотипа по гену CAST

Параметры	Группа I	Группа II	Группа III
	Генотип GG	Генотип CG	Генотип CC
Диаметр мышечных волокон, мкм	49,73±1,79	43,21±1,69	39,52±4,84
Длина саркомера, мкм	1,83±0,06	1,90±0,06	2,10±0,13
Плотность мышечных волокон, шт на 1 мм	253,33±19,45	305,33±14,50	351,00±28,71*

По результатам морфометрического анализа мяса подопытных бычков выявлены существенные различия в ключевых параметрах мышечных волокон. Установлено, что показатель диаметра мышечных волокон последовательно снижается от группы I к группе II. Максимальный диаметр выявлен у группы I, который выше, чем в группах II и III на 6,52 мкм (15,09%) и 10,21 мкм (25,84%) соответственно. По длине саркомера выявлена обратная тенденция. Так, в группе I установлена наименьшая длина, которая меньше, чем в группе II на 0,07 мкм (3,83%) и на 0,27 мкм (14,75%) чем в группе III. Схожая закономерность прослеживается в показателе плотности мышечных волокон. Наименьшее значение

обнаружено в группе I, которое ниже, чем в группах II и III на 52 шт на 1 мм (20,53%) и 97,67 шт на 1 мм (38,55%, $P \geq 0,95$) соответственно.

Таким образом можно отметить, что все образцы имели однотипное строение, но отличались по микроструктурным показателям. Мясо группы I обладает толстыми волокнами, коротким саркомером и менее компактной структурой по сравнению с другими группами, что может свидетельствовать о более грубой текстуре. Мясо бычков группы III, напротив, имеет мелковолоконную структуру, с длинным саркомером и наиболее высокой плотностью волокон, что может влиять на однородность текстуры и равномерное распределение соединительной ткани.

3.5.3 Физико-химические показатели мяса подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Данные о физико-химическом составе мяса являются одними из важных показателей, указывающих на его физиологическую зрелость и энергетическую ценность, и соответственно на качество [12].

Для оценки физико-химических показателей мяса подопытных бычков проводили анализ пищевой ценности, аминокислотного и минерального состава длиннейшей мышцы спины.

Результаты исследования пищевой ценности мяса подопытных бычков калмыцкой породы показаны в таблице 29.

Установлено, что по показателям массовой доли влаги у всех групп наблюдалось отклонение от нормы в меньшую сторону. Так, наименьшее значение влаги выявлено у группы II, которое было ниже стандартных значений для говядины на 2,40%, а также на 0,45% и на 0,55% ниже, чем в группах I и III соответственно. Наибольший показатель влаги отмечался в группе III, который отличался от нормы на 1,85% и незначительно отличался от группы I (0,1%).

Таблица 29 – Пищевая ценность длиннейшей мышцы спины подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Показатель	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC	Стандартные значения
Массовая доля влаги, %	73,55±0,04	73,10±0,14	73,65±0,18	75,5 – 75,7
Массовая доля белка, %	21,80±0,42	22,75±0,18	22,50±0,35	20,0 – 20,5
Массовая доля жира, %	2,20±0,07	2,70±0,21	2,35±0,18	2,9 – 3,3
Массовая доля золы, %	1,22±0,07	1,43±0,04	1,29±0,09	1,0 – 1,1

По содержанию белка в длиннейшей мышце спины все группы демонстрировали превышение значений относительно норматива. Наибольшее содержание белка выявлено в группе II, показатель которой был выше нормы на 2,25%, а также на 0,95% и 0,25%, чем в группах I и III соответственно. Группа I отличалась наименьшим количеством белка в мясе среди исследуемых животных, несмотря на это показатель группы превышал норматив на 1,3%. Группа III демонстрировала среднее значение с превышением нормы на 2,00%. Показатель массовой доли жира был ниже нормальных значений во всех группах. При этом наибольшее содержание жира выявлено в группе II, которое было ниже нормы на 0,20% и выше на 0,50% и 0,35%, чем в группах I и III соответственно. Наименьшим содержанием жира отличалась группа I, показатель которой был ниже норматива на 0,70%, а также ниже на 0,15%, чем в группе III. По содержанию золы все исследуемые группы показали превышение нормальных значений. Наибольшее отклонение от нормы демонстрировала группа II, показатель которой превышал стандарт на 0,33%, а также был выше на 0,21% и 0,14%, чем в группах I и III соответственно. Наименьший показатель массовой доли золы выявлен в группе I,

который был выше нормы на 0,12% и ниже, чем в группе III на 0,07%. У группы III содержание золы превышало стандарт на 0,19%.

Таким образом, во всех исследуемых группах выявлено небольшое отклонение в меньшую сторону содержания влаги и жира от стандартных значений, что может отразиться на сочности, вкусовых качествах и мраморности мяса. По содержанию белка и золы все группы демонстрировали превышение норматива, что может свидетельствовать о высокой биологической ценности и повышенном уровне минеральных веществ.

Белки являются одним из основных компонентов мясных продуктов, которые содержат в себе все незаменимые аминокислоты. Определение сбалансированности аминокислотного состава белка позволяет оценить его биологическую ценность. С этой целью нами был изучен состав незаменимых аминокислот (НАК) длиннейшей мышцы спины подопытных бычков калмыцкой породы (табл. 30).

Таблица 30 – Содержание незаменимых аминокислот в длиннейшей мышце спины подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Наименование аминокислоты	«Эталонный» белок	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
	г/100 г белка			
Треонин	2,5	4,34±0,10	4,55±0,05	4,44±0,15
Валин	4,0	2,61±0,10	2,82±0,03*	2,69±0,01
Метионин+цистеин	2,3	3,38±0,18	3,79±0,02***	3,25±0,05
Фенилаланин+тирозин	4,1	6,83±0,27	7,18±0,02***	6,94±0,01
Изолейцин	3,0	2,03±0,17	2,29±0,09	2,16±0,04
Лейцин	6,1	7,75±0,39	8,20±0,09	7,79±0,12
Лизин	4,8	8,68±0,38	8,92±0,01	8,40±0,19
Триптофан	0,66	0,91±0,04	1,20±0,16	1,39±0,12*
Гистидин	1,6	3,74±0,42	4,07±0,08	3,82±0,26
Общая сумма НАК	не менее 29	40,53±1,89	43,18±0,13**	41,08±0,22

Анализ содержания незаменимых аминокислот в длиннейшей мышце спины подопытных бычков показал, что группа II демонстрировала максимальные значения по большинству исследованных аминокислот.

Как видно из таблицы, по содержанию треонина группа II превосходила группу I на 0,20 г (4,46%), группу III на 0,11 г (2,40%), валина группу I – на 0,20 г (7,78%), группу III – на 0,13 г (4,71%, $P \geq 0,95$), комплекса метионина и цистеина группу I – на 0,41 г (12,03%), группу III – на 0,54 г (16,51%, $P \geq 999$), комплекса фенилаланина и тирозина группу I – на 0,35 г (5,12%), группу III – на 0,24 г (3,46% $P \geq 999$), изолейцина группу I – на 0,26 г (12,62%), группу III – на 0,13 г (5,86%), лейцина группу I – на 0,65 г (8,56%), группу III – на 0,41 г (5,26%), лизина группу I – на 0,24 г (2,73 %), группу III – на 0,52 г (6,15%), гистидина группу I – на 0,32 г (8,44%), группу III – на 0,24 г (6,36%). Группа III демонстрировала наибольшее содержание триптофана, показатель которого был выше, чем в группах I и II на 0,48 г (52,55%, $P \geq 999$) и 0,19 г (16,11%) соответственно. По общему количеству незаменимых аминокислот группа II показала наибольшее значение, которое было выше, чем у группы I и III на 2,65 г (6,53%) и 2,10 г (5,10%, $P \geq 0,99$) соответственно.

Для более точной оценки биологической ценности белков длиннейшей мышцы спины подопытных бычков калмыцкой породы нами был рассчитан аминокислотный скор, основанный на определении отношения массовой доли незаменимых аминокислот к «эталонному» белку (табл. 31) [157].

Результаты анализа аминокислотного сора представленные в таблице 31, показали, что во всех исследуемых группах 7 из 9 аминокислот превышали значение «эталонного» белка: треонин в группе I на 74,73%, группе II на 81,87%, группе III на 77,60%; метионин+цистеин на 46,96%, 64,65%, 41,30%; фенилаланин+тирозин на 66,59%, 75,12%, 69,27%; лейцин на 23,83%, 34,43%, 27,70%; лизин на 80,90%, 85,83%, 75,07%; триптофан на 38,38%, 81,82%, 111,11%; гистидин на 134,38%, 154,17% 138,96%.

Таблица 31 – Аминокислотный скор

Наименование аминокислоты	Группа I	Группа II	Группа III
	Генотип GG	Генотип CG	Генотип CC
	%		
Треонин	174,73	181,87	177,60
Валин	65,33	70,42	67,25
Метионин+цистеин	146,96	164,65	141,30
Фенилаланин+тирозин	166,59	175,12	169,27
Изолейцин	67,78	76,33	72,11
Лейцин	123,83	134,43	127,70
Лизин	180,90	185,83	175,07
Триптофан	138,38	181,82	211,11
Гистидин	234,38	254,17	238,96

Первой лимитирующей аминокислотой для всех групп являлся валин, который был ниже показателя эталонного белка на 34,67% в группе I, на 29,58% в группе II, на 32,75% в группе III. Второй лимитирующей аминокислотой для всех групп был изолейцин, значение которого в группах I, II и III было ниже «эталонного» на 32,22%, 23,67%, 27,89% соответственно.

Результаты исследования по содержанию заменимых аминокислот представлены (ЗАК) в таблице 32.

Анализ состава заменимых аминокислот показал неравномерное распределение среди всех исследуемых групп. Группа I превосходила группы II и III: по содержанию глицина на 1,89 г (31,66%) и 0,75 г (10,55%), аланина на 0,37 г (4,78%) и 0,26 г (3,31%), оксипролина на 0,82 г (303,70%) и 0,58 г (113,73%) соответственно. Группа II демонстрировала наибольшие значения в отношении групп I и III: по содержанию аспарагиновой кислоты на 0,1 г (0,69%) и 0,09 г (0,62%) соответственно, серина на 0,1 (1,95%). Группа III отличалась наибольшим содержанием в отличие от групп I и II: глутаминовой кислоты на 0,79 г (4,63%) и

на 1,00 г (5,93%), аргинина на 0,53 г (8,67%, $P \geq 0,95$) и 0,61 г (10,12%, $P \geq 0,95$) соответственно.

Таблица 32 – Содержание заменимых аминокислот в длиннейшей мышце спины подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Наименование аминокислоты	Группа I	Группа II	Группа III
	Генотип GG	Генотип CG	Генотип CC
	г/100 г белка		
Аспарагиновая кислота	14,51±0,27	14,61±0,10	14,52±0,82
Глутаминовая кислота	17,06±0,05	16,85±0,22	17,85±0,31
Серин	5,12±0,05	5,22±0,05	5,12±0,01
Аргинин	6,11±0,06	6,03±0,10	6,64±0,12*
Глицин	7,86±1,53	5,97±0,39	7,11±0,49
Аланин	8,11±0,27	7,74±0,09	7,85±0,05
Оксипролин	1,09±0,46	0,27±0,00	0,51±0,18
Общая сумма ЗАК	58,80±1,63	56,70±0,07**	58,60±0,35

По общей сумме заменимых аминокислот максимальное значение демонстрировала группа I, показатель которой был выше, чем в группе II на 2,10 г (3,70%) и на 0,20 г (3,41%), чем в группе III. Наименьший показатель выявлен в группе II, который был ниже на 1,9 г (3,35%, $P \geq 0,99$), чем в группе III.

Таким образом, можно отметить, что все группы по содержанию незаменимых аминокислот соответствовали нормам ФАО/ВОЗ, по большинству из них превышая эталонные значения, а также характеризовались достаточно высоким содержанием гистидина, превышая стандарт более чем в два раза. По содержанию заменимых аминокислот наибольшее значение имела группа I.

На основании полученных результатов анализа содержания незаменимых и заменимых аминокислот был рассчитан общий аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины подопытных бычков калмыцкой породы (табл. 33).

Анализ аминокислотного состава длиннейшей мышцы спины показал, что во всех группах общая сумма аминокислот достаточно высокая и близка к показанию 100 г/ 100 г белка.

Таблица 33 – Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Показатель	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
Сумма НАК, г/100г белка	40,53±1,89	43,18±0,13**	41,08±0,22
Сумма ЗАК, г/100г белка	58,80±1,63	56,70±0,07**	58,60±0,35
Сумма АК, г/100г белка	99,05±0,49	99,83±0,06	99,55±0,19
Сумма НАК / Сумма ЗАК	0,69±0,05	0,76±0,01*	0,70±0,01
Сумма НАК / Сумма АК	0,41±0,02	0,43±0,00	0,51±0,12
Триптофан / оксипролин	1,16±0,62	4,51±0,65*	3,45±1,61

Из таблицы 33 видно, что наибольшим значением по общей сумме аминокислот отличалась группа II, которая превосходила группы I и III на 0,33 г (0,33%) и 0,28 г (0,28%) соответственно. Отношение НАК/ЗАК является важным показателем сбалансированности, значение которого было максимальным в группе II и выше, чем в группе I на 0,07 и на 0,06 ($P \geq 0,95$), чем в группе III. По соотношению НАК/АК высокий показатель отмечался в группе III, который был выше, чем в группах I и II на 0,10 и 0,08 соответственно. Показатель соотношения триптофана к оксипролину был максимальным в группе II, разница с группой I составила 3,35 ($P \geq 0,95$), группой III – 1,06.

Таким образом, аминокислотный состав всех исследуемых групп соответствовал рекомендациям ФАО/ВОЗ по сбалансированному питанию. Полученные результаты свидетельствуют о высокой биологической ценности мяса и сбалансированности аминокислотного состава всех групп животных. При этом группа II характеризовалась наиболее оптимальным соотношением незаменимых и

заменимых аминокислот, что указывает на большую биологическую ценность белка по сравнению с другими группами.

Для оценки минерального профиля длинной мышцы подопытных бычков калмыцкой породы было проведено исследование ее макро- и микроэлементного состава (табл. 34).

Результаты анализа минерального состава показали, что все группы по многим макро- и микроэлементам превышали стандартные значения [69].

Таблица 34 – Макро- и микроэлементный состав длинной мышцы спины подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Показатель	Стандартное значение	Группа I Генотип GG	Группа II Генотип CG	Группа III Генотип CC
Макроэлементы, мг/100 г				
Кальций	8,0-9,0	8,48±2,31	7,06±0,51	6,67±0,08
Калий	300,0-315,0	385,77±24,30	385,43±1,86	356,11±5,65**
Натрий	59,0-64,0	164,23±28,89	95,89±11,77	104,26±6,36
Магний	21,0-26,0	22,18±1,11	23,62±0,32*	22,50±0,17
Микроэлементы, мг/100 г				
Цинк	3,0-3,5	5,01±0,08*	4,10±0,20	4,95±0,38
Железо	1,6-2,0	2,36±0,07	2,60±0,24	2,27±0,33
Медь	0,15-0,20	0,17±0,004	0,18±0,004	0,15±0,004

Из данных таблицы 34 можно сделать вывод, что по содержанию калия среднее отклонение по всем группам составляло 60,77 мг (19,29%), натрия – 57,46 мг (89,78%), цинка – 1,19 мг (34,00%), железа – 0,41 мг (20,50%). При этом наименьшее значение калия выявлено в группе III (отклонение от нормы - 13,05%), которое было ниже, чем в группах I и II на 29,66 (8,33%) мг и 29,32 мг (8,23%, $P \geq 0,99$), наибольшее содержание данного макроэлемента отмечалось в группе I (отклонение - 22,47%), с незначительной разницей с группой II в 0,34 мг (0,09%). Наименьшее отклонение от стандарта по содержанию натрия демонстрировала

группа II (33,26%), показатель которой был ниже на 68,34 мг (71,27%), чем в группе I и на 59,97 мг (57,52%), чем в группе III. Максимальным количеством натрия отличалась группа I (отклонение – 156,61%), разница с группой III составила 59,97 мг (57,52%). По содержанию цинка наименьшее значение было выявлено в группе II (отклонение – 17,14%), которое было выше, чем в группах I и III на 0,91 мг (22,19%, $P \geq 0,95$) и на 0,85 мг (20,73%) соответственно. Группа I демонстрировала наибольшее количество цинка (отклонение – 43,14%), которое превышало значение группы III на 0,94 мг (23,44%). Минимальным содержанием железа характеризовалась группа III (отклонение – 13,50%), показатель которой был ниже, чем в группах I и II на 0,09 мг (3,96%) и на 0,33 мг (14,54%) соответственно. Максимальное значение среди всех групп показывала группа II (отклонение – 30,00%), которое было выше на 0,24 мг (10,17%), чем в группе I. По содержанию кальция, магния и меди все группы соответствовали стандартным значениям. Наибольшее количество кальция наблюдалось в группе I, которое было выше, чем в группах II и III на 1,42 мг (20,11%) и 1,81 мг (27,14%) соответственно. Наименьшее содержание кальция по отношению к другим группам выявлено в группе III с разницей с группой II в 0,39 мг (5,85%). Наиболее высокое значение магния демонстрировала группа II, показатель которой был выше, чем в группе I на 1,44 мг (6,49%) и на 4,12 мг (18,31%, $P \geq 0,95$), чем в группе III. Самым низким количеством магния отличалась группа I, показатель которой был ниже, чем в группе III на 0,32 мг (1,44%). По содержанию меди наибольшее ее количество выявлено в группе II, значение которой было выше, чем в группах I и III на 0,01 мг (5,88%) и 0,03 мг (20,00%) соответственно. Разница между группами I и III составила 0,02 мг (13,33%).

Таким образом, все исследуемые группы демонстрировали более высокие значения по сравнению со стандартными значениями по содержанию калия, натрия, цинка и железа. Наиболее выраженное отклонение от стандарта наблюдалось по натрию.

3.6 Экономическая эффективность откорма бычков калмыцкой породы разных генотипов

Оптимальное использование животных с высокими показателями продуктивности и генетическим потенциалом способствует интенсификации и повышению производства мяса. Расчет экономической эффективности откорма бычков разных генотипов является одним из важных критериев при планировании селекционной работы и оптимизации затрат на выращивание в мясном скотоводстве.

Нами была изучена экономическая эффективность выращивания бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по генам GH и CAST в условиях Центральной зоны Республики Калмыкия.

При расчете учитывали такие показатели, как себестоимость бычков (затраты на покупку), затраты на оплату труда обслуживающего персонала, стоимость кормов, ветеринарное обслуживание, другие прямые и косвенные затраты.

Экономическую эффективность откорма бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по генам продуктивности (табл.35, 36) в условиях Станции по испытанию бычков мясных пород по собственной продуктивности РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б.Б. Городовикова» рассчитывали с использованием следующих показателей: производственные затраты на содержание 1 головы (руб.), реализационная стоимость. На основании этих данных рассчитывали прибыль и рентабельность.

По результатам расчета экономической эффективности выращивания бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену GH можно отметить, что при одинаковых условиях содержания и кормления подопытные бычки показали разную усвояемость корма. Так, бычки 2ой группы, носители гетерозиготного генотипа, демонстрировали лучшее усвоение корма и высокую энергию роста, по сравнению со сверстниками 1ой группы.

Таблица 35 – Экономическая эффективность откорма бычков в зависимости от генотипа по гену GH

Показатели	Группа	
	1 Генотип LL	2 Генотип LV
Живая масса при реализации, кг	451,14	478,15
Всего затрат на одного бычка, руб.	88566	88566
Реализационная стоимость, руб.	112785	119537,5
Прибыль, руб.	24219	30971
Уровень рентабельности, %	27,35	34,97

Из данных таблицы видно, что, несмотря на большие производственные затраты, реализационная стоимость у группы 2 выше, чем у группы 1 на 5,99% (6752,5 руб.). Кроме того, уровень чистой прибыли у бычков данной группы выше на 27,9%, рентабельности – на 7,62%.

Данные расчета экономической эффективности выращивания бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST демонстрируют более выгодное разведение животных с генотипом CC (группа III).

Таблица 36 – Экономическая эффективность выращивания бычков в зависимости от генотипа по гену CAST

Показатели	Группа		
	I Генотип GG	II Генотип CG	III Генотип CC
Живая масса при реализации, кг	455,57	456,43	464,00
Всего затрат на одного бычка, руб.	88566	88566	88566
Реализационная стоимость, руб.	113892,5	114107,5	116000
Прибыль, руб.	25326,5	25541,5	27434
Уровень рентабельности, %	28,60	28,84	30,98

Из данных таблицы 36 видно, что реализационная стоимость бычков группы III была выше, чем в группах I и II на 2107,5 руб. (1,85%) и 1892,5 руб. (1,66%) соответственно. Это, в свою очередь, отразилось на чистой прибыли, где разница между группами составляла 7,41-8,32%. Наиболее высокий уровень рентабельности демонстрировала также группа III и была выше, чем в других группах на 2,14–2,38%.

Таким образом можно отметить, что более выгодное разведение бычков калмыцкой породы с генотипом LV по гену GH и генотипом CC по гену CAST.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время одной из актуальных задач в мясном скотоводстве является увеличение численности поголовья крупного рогатого скота мясного направления продуктивности с высоким генетическим потенциалом. Для его эффективного использования необходимо изучить особенности формирования продуктивных качеств животных разных генотипов [54].

Для получения достоверных данных о генетическом потенциале используется молекулярно-генетический анализ, который позволяет выявлять гены, влияющие на мясную продуктивность животных.

Многие отечественные и зарубежные исследования подтверждают достоверную связь между полиморфизмами генов с различными продуктивными качествами крупного рогатого скота [30].

В нашей работе мы изучили влияние генотипов генов соматотропина (L127V) и кальпастина (C282G) на откормочные и мясные качества бычков калмыцкой породы.

Исследование было проведено на чистопородных бычках калмыцкой породы 2024 года рождения.

Подопытные бычки были распределены на группы в соответствии с генотипами по генам GH и CAST, для чего был проведен молекулярно-генетический анализ для оценки генетического профиля животных. Условия содержания и кормления у всех бычков были одинаковыми.

Анализ генетического профиля подопытных бычков калмыцкой породы по 16 микросателлитным локусам показал высокое генетическое разнообразие в исследуемой популяции животных. Диапазон частот встречаемости от 1% до 51% свидетельствует о существенном генетическом полиморфизме. Наибольшее разнообразие отмечалось в локусах TGLA53, ETH3, TGLA227, TGLA122, INRA023, наименьшее – в локусах ETH10, BM1824, TGLA126, ILSTS006, что

согласуется с данными, полученными в схожем исследовании [98]. Большинство локусов показали сбалансированное соотношение гетеро- и гомозигот.

Исследование полиморфизма L127V гена GH у подопытных бычков показало неравномерное распределение генотипов в исследуемом поголовье. Так, у 37 животных выявлен генотип LL, у 13 – генотип LV, генотип VV отсутствовал. Распределение аллелей показало широкое распространение аллеля L среди подопытных бычков, достаточно низкую частоту встречаемости аллеля V. Анализ данных, полученных в результате исследования полиморфизма C282G гена CAST, показал преобладание носителей гетерозиготного генотипа CG, который был выявлен у 23 бычков, гомозиготные генотипы CC и GG выявлены у 13 и 14 животных соответственно. Распределение аллелей C и G показало небольшую разницу, однако с большей частотой встречался аллель G, с меньшей частотой – C. Полученные результаты по распределению генотипов согласуются с литературными данными [21, 32, 61, 100].

Анализ затрат кормовых единиц на 1 голову показал, что на бычков с генотипом LV гена GH было затрачено меньше кормовых единиц в отличие от животных с генотипом LL. По гену CAST наименьшим показателем отличалась группа с генотипом CC, затраты кормовых единиц были меньше в отличие от групп с генотипом CG и CC. Выявленные различия свидетельствуют о влиянии генотипов на способность конвертировать корм в продукцию.

Анализ динамики живой массы в зависимости от генотипа гена GH показал, что в возрасте 8 месяцев, после отъема, все бычки обладали сравнительно одинаковой живой массой, при этом показатель носителей генотипа LV полиморфизма L127V гена GH был несколько выше, чем у носителей генотипа LL, на 0,98 кг. Живая масса у бычков 2ой группы (генотип LV) была достоверно выше, чем у сверстников 1ой (генотип LL) группы во все возрастные периоды.

По показателю абсолютного прироста в возрастной период 8-12 месяцев наблюдается наиболее значительное различие между группами. Группа 2 продемонстрировала достоверно более высокий прирост массы, чем у сверстников 1 группы на 22,21 кг. В период 12-15 месяцев разница между группами

уменьшилась и составила 3,36 кг, в 15-18 месяцев – 0,47 кг, при этом статистической значимости различий не выявлено. За весь период исследования бычки группы 2 с высокой степенью достоверности превосходили сверстников по приросту живой массы на 26,04 кг.

Среднесуточный прирост в возрастной период 8-12 месяцев был достоверно выше у группы 2 на 185 г по отношению к сверстникам группы 1. В возрастной период 12-15 месяцев между группами разница составляла 36 г, за период 15-18 месяцев – 5 г. За весь период исследования разница между группами по среднесуточному приросту составляла 87 г с преимуществом 2ой группы.

Оценка экстерьера проводилась в возрасте 8 и 18 месяцев, путем измерения основных промеров. В 8-месячном возрасте разница между всеми группами подопытных бычков была незначительна и статистически не значима. Несмотря на это, при сравнении двух групп по генотипу гена GN носители генотипа LV показывали максимальные значения по большинству промеров в сравнении с носителями генотипа LL. В возрасте 18 месяцев разница между данными группами стала более существенной. Анализ промеров по высоте животных показал, что носители гетерозиготного генотипа LV превосходили сверстников с гомозиготным генотипом LL по всем показателям.

На основе данных основных промеров были рассчитаны индексы телосложения. Сравнительный анализ индексов телосложения между группами в зависимости от генотипа по гену GN в 8-месячном возрасте показал преимущество бычков с генотипом LV по большим показателям. При этом бычки с генотипом LL превосходили сверстников по индексам растянутости и массивности. В 18-месячном возрасте наблюдались аналогичные показатели.

Проведенный анализ демонстрирует существенное влияние полиморфизма L127V гена GN на динамику живой массы и интенсивность роста. Бычки калмыцкой породы с генотипом LV отличались более высокими показателями роста, лучшим развитием мясных форм.

С целью определения мясной продуктивности подопытных бычков был проведен их контрольный убой в возрасте 18 месяцев. Для изучения влияния

генотипа на убойные качества мы отобрали 5 бычков с генотипом LL и 4 – с генотипом LV. Анализ результатов контрольного убоя показал существенные различия между группами бычков по основным параметрам мясной продуктивности. Бычки – носители генотипа LV – демонстрировали преимущество по всем убойным показателям с высоким уровнем достоверности, что свидетельствуют о лучшем развитии мышечной ткани, а также характеризовались большей массой полутуши, пропорциональным увеличением мышечной массы, выгодным соотношением мякоти к костям.

Схожие результаты были получены и в других исследованиях, где изучалась связь полиморфизма L127V гена GH с живой массой, экстерьерными и убойными показателями крупного рогатого скота [30, 127].

Анализ динамики живой массы, интенсивности роста, экстерьерных показателей бычков в зависимости от генотипа по гену CAST показал недостоверные различия между группами. В возрасте 8 месяцев все бычки обладали сравнительно одинаковой живой массой, при этом показатель у носителей генотипа GG был несколько выше, чем у носителей генотипов CC и CG. Однако в возрасте 18 месяцев наибольшую живую массу демонстрировали животные с генотипом CC. Схожая закономерность отмечалась в динамике приростов живой массы.

По результатам оценки экстерьера подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST в возрасте 8 месяцев различия между тремя группами подопытных бычков по большинству промеров были незначительны и статистически не достоверны. В возрасте 18 месяцев различия между группами были более выраженными. Животные с генотипом CC демонстрировали лучшие значения по большинству промеров. Наблюдаемая разница свидетельствовала о формировании у данной группы наиболее пропорционального и массивного телосложения с развитой задней частью. Однако различия между группами по большинству экстерьерных показателей в зависимости от генотипа не достигают статистической значимости. По мясной продуктивности носители гомозиготного генотипа GG демонстрировали преимущество по большинству убойных

показателей. Оценка морфологического состава полутуш подопытных бычков не показала значимых различий в мясной продуктивности между группами.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии взаимосвязи полиморфизма C282G с откормочными качествами и убойными характеристиками подопытных бычков калмыцкой породы, что подтверждается литературными данными [58, 216].

Многие исследования отечественных и зарубежных авторов показали достоверную связь полиморфизмов гена CAST с качеством мяса крупного рогатого скота. В частности, отмечалось влияние на нежность мяса, вкус, структуру мышечной ткани и физико-химические показатели [61, 72, 104, 144, 185]. В связи с чем определение качественных характеристик мяса подопытных животных проводили в зависимости от генотипа по гену CAST, для чего оценивали органолептические свойства, гистологическую структуру и физико-химические показатели длиннейшей мышцы спины.

Органолептический анализ мяса включал оценку говядины в сыром виде, бульона и вареного мяса, жареных стейков. Оценка бульона и вареного мяса проводилась по 9-балльной шкале и включала в себя комплекс показателей: внешний вид, запах, вкус, консистенция и сочность (для вареного мяса), наваристость (для бульона); оценка жареных стейков включала показатели: запах (аромат), консистенция и вкус. По результатам общей оценки качества бульона у животных с генотипами GG и CG отмечалось «хорошее» качество. Аналогичные данные показала оценка вареного мяса. При этом отмечалась одинаковая сочность и нежность у всех трех групп животных. Анализ характеристик жареного мяса показал, что группа животных с генотипом GG имеет наиболее мягкую, нежную и сочную консистенцию, наиболее выраженный мясной вкус, привкус жира, менее сладкий и кислый вкус в отличие от групп с генотипами CG и CC.

По результатам гистологического исследования длиннейшей мышцы спины подопытных бычков калмыцкой породы у всех образцов установлено однотипное строение, характерное для говядины. По результатам морфометрического анализа выявлены достоверные различия в ключевых параметрах мышечных волокон.

Мясо животных с генотипом GG обладало толстыми волокнами, коротким саркомером и менее компактной структурой по сравнению с другими группами. Мясо бычков-носителей генотипа CC, напротив, имело мелковолоконнистую структуру, с длинным саркомером и наиболее высокой плотностью волокон. Анализ литературных данных показал, что меньший диаметр мышечных волокон может влиять на однородность текстуры и равномерное распределение соединительной ткани [58]. Однако в нашем исследовании животные генотипа GG, с большим диаметром волокон, по результатам органолептической оценки имели более нежную и мягкую консистенцию жареного мяса, возможно это может быть связано с меньшей плотностью расположения мышечных волокон.

Анализ пищевой ценности длиннейшей мышцы спины бычков калмыцкой породы показал, что образцы всех исследуемых групп имели схожую пищевую ценность, небольшое отклонение в меньшую сторону содержания влаги и жира от стандартных значений, что может отразиться на сочности, вкусовых качествах и мраморности мяса. По содержанию белка и золы все группы демонстрировали превышение норматива, что может свидетельствовать о высокой биологической ценности и повышенном уровне минеральных веществ. Наибольшее содержание белка и жира выявлено в группе с генотипом CG, наибольший показатель влаги – в группе с генотипом CC.

Анализ содержания незаменимых аминокислот в длиннейшей мышце спины показал, что подопытные бычки – носители генотипа CG – имели максимальные значения по большинству исследованных аминокислот. У животных с генотипом CC было выявлено наибольшее содержание триптофана ($P \geq 0,95$).

Результаты анализа аминокислотного скора показали, что во всех исследуемых группах 7 из 9 аминокислот превышали значение «эталонного» белка.

Анализ состава заменимых аминокислот показало неравномерное распределение среди всех исследуемых групп. По содержанию глицина, аланина, оксипролина бычки с генотипом GG превосходили сверстников с другими генотипами. Носители генотипа CG демонстрировали наибольшие значения по

количеству аспарагиновой кислоты и серина; генотипа СС – глутаминовой кислоты и аргинина.

На основании полученных результатов анализа содержания незаменимых и заменимых аминокислот был рассчитан общий аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины подопытных бычков калмыцкой породы. Наибольшим значением по общей сумме аминокислот и соотношению НАК/ЗАК отличалась группа с генотипом СG, что указывает на большую биологическую ценность белка по сравнению с другими группами. По соотношению НАК/АК высокий показатель отмечался в группе с генотипом СС. Таким образом, аминокислотный состав всех исследуемых групп соответствовал рекомендациям ФАО/ВОЗ по сбалансированному питанию. Полученные результаты свидетельствуют о высокой биологической ценности мяса и сбалансированности аминокислотного состава всех групп животных.

Для оценки минерального профиля длиннейшей мышцы подопытных бычков калмыцкой породы было проведено исследование ее макро- и микроэлементного состава. Результаты анализа показали, что все группы по многим макро- и микроэлементам превышали стандартные значения. По содержанию калия среднее отклонение по всем группам составляло 19,29%, натрия – 89,78%, цинка – 34,00%, железа – 20,50%. При этом наименьшее значение калия в группе с генотипом СС (отклонение от нормы – 13,05%), наибольшее содержание – в группе с генотипом GG. Носители генотипа СG демонстрировали наименьшее отклонение от стандарта по содержанию натрия (33,26%), цинка 17,14%. Группа с генотипом GG демонстрировала наибольшее количество цинка (отклонение – 43,14%). Минимальным содержанием железа характеризовалась группа с генотипом СС (отклонение – 13,50%). Максимальное значение среди всех групп показывали животные с генотипом СG (отклонение – 30,00%). По содержанию кальция, магния и меди все группы соответствовали стандартным значениям. Животные с гомозиготным генотипом GG демонстрировали высокие значения по содержанию кальция; с гетерозиготным генотипом СG – магния и меди.

По результатам расчета экономической эффективности выращивания бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену GN можно отметить, что носители гетерозиготного генотипа демонстрировали лучшее усвоение корма и высокую энергию роста, по сравнению со сверстниками-носителями генотипа LL. Несмотря на большие производственные затраты, реализационная стоимость и уровень чистой прибыли у бычков с генотипом LV были выше в сравнении с генотипом LL. Расчет экономической эффективности выращивания бычков калмыцкой породы в зависимости от генотипа по гену CAST демонстрирует более выгодное разведение животных с генотипом GG, которые демонстрировали наиболее высокий уровень рентабельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Всего в популяции выявлено 130 аллелей микросателлитных локусов, размер которых варьировал от 77 до 298 п.н.

По гену GH большая часть животных имела генотип LL – 74%, что на 2% ниже ожидаемой частоты, гетерозиготный генотип LV имели 26% бычков. По гену CAST, наибольшее число исследуемых животных имели гетерозиготный генотип CG – 46%. Частота гомозиготных генотипов CC и GG среди подопытных бычков была практически одинаковой, 26% и 28% соответственно.

2. Живая масса у носителей генотипа LV полиморфизма L127V гена GH была выше, чем у носителей генотипа LL: в 8-месячном возрасте на 0,98 кг (0,49%), в 12 месяцев на 23,19 кг (8,61%, $P \geq 0,999$), в 15 месяцев – на 26,55 кг (6,93%, $P \geq 0,999$), в 18 месяцев – на 27,02 (5,99%, $P \geq 0,999$).

Живая масса в зависимости от генотипа гена CAST была выше у носителей генотипа GG полиморфизма C282G гена CAST, чем у носителей генотипов CC и CG, в возрасте 8 месяцев на 2,41 кг (1,22%) и 0,62 кг (0,31%). В другие возрастные периоды наибольшую живую массу демонстрировали носители генотипа CC, показатели которых был выше, чем у бычков с генотипом GG и CG: в 12 месяцев на 3,50 кг (1,17%) и 0,57 кг (0,19%), в 15 месяцев на 7,99 кг (2,07%) и 5,24 кг (1,34%), в 18 месяцев на 8,43 кг (1,85%) и 7,57 кг (1,66%)

3. Группа бычков с генотипом LV по гену GH демонстрировала более высокий прирост массы во все возрастные периоды: в 8-12 месяцев на разница составила 22,21 кг (22,82%), в 12-15 – 3,36 кг (3,83%), в 15-18 – 0,47 кг (0,69%), за весь период исследования – 26,04 кг (10,30%, $P \geq 0,999$).

В зависимости от генотипа по гену CAST наибольший прирост живой массы в возрастной период 8-12 месяцев показала группа носителей генотипа GG с разницей 5,34 кг (5,36%) и 1,22 кг (1,18%) с носителями генотипов CG и CC

соответственно. Бычки с генотипом СС превосходили сверстников с генотипами GG и CG по приросту: в период 12-15 месяцев на 4,49 кг (5,14%) и 4,67 кг (5,36%), в 15-18 месяцев на 2,33 кг (3,48%) и 0,44 кг (0,64%), за весь период исследования на 9,05 кг (3,64%) и 5,78 кг (2,23%)

4. В возрасте 8 месяцев различия по промерам между двумя группами по гену GH были незначительными. Животные с генотипом LV по гену GH имели более интенсивный рост и развитие в 18 месяцев по сравнению с носителями генотипа LL по следующим промерам: высота в холке – на 1,66% ($P \geq 0,95$), высота в крестце – на 2,39% ($P \geq 0,95$), по обхват груди – на 2,87% ($P \geq 0,95$), глубина груди – на 4,82% ($P \geq 0,99$), ширине груди – 2,98% ($P \geq 0,95$), обхват пясти – на 2,24%, косая длина туловища – на 2,45% ($P \geq 0,999$), косая длина зада – на 5,58 % ($P \geq 0,99$), полуобхват зада – на 4,12% ($P \geq 0,99$); по индексам телосложения: растянутости – на 0,87%, тазогрудному – на 2,47%, массивности – на 1,71%, перерослости – на 0,74%, шилозадости – на 0,69%, костистости – на 0,09%.

По гену CAST в возрасте 8 месяцев различия между тремя группами подопытных бычков по большинству промеров были незначительны и статистически не достоверны. В 18 месяцев группа бычков с генотипом GG превосходила сверстников: по высоте в холке (на 0,35-0,95%), по высоте в крестце (на 0,01-0,02%). Носители генотипа СС превосходили другие группы по обхвату груди (на 0,41-0,53%), глубине груди (на 2,31-2,71%), ширине груди (на 3,95-4,33%), ширине в маклоках (на 2,52-4,83%), ширине в седалищных буграх (на 2,24-2,40%), косой длине зада (на 2,65-4,71%), полуобхвату зада (на 2,67-3,96%). Косая длина туловища была выше у бычков с генотипом GG, чем у других с разницей 0,32-0,93%. Бычки группы с генотипом СС демонстрировали превосходство по большинству индексов телосложения.

5. По генотипу гена GH группа животных с генотипом LV превосходила сверстников по массе парной туши на 12,79% ($P \geq 0,999$), массе внутреннего жира разница составила 9,10% ($P \geq 0,95$), убойной массе на 12,56% ($P \geq 0,999$), массе охлажденной полутуши на 12,78% ($P \geq 0,999$), массе мышечной ткани выше на 13,24% ($P \geq 0,999$), массе костей на 10,52% ($P \geq 0,99$).

По генотипу гена CAST у генотипа GG отмечается большая предубойная живая масса (разница 3,22-3,84%), масса парной туши (2,83—5,01%), масса внутреннего жира (2,37-3,26%), убойная масса (разница 2,85-4,84%), масса охлажденной полутуши (2,69-5,09%), масса мышечной ткани (2,62-5,16%), масса костей (2,76% – 4,94%).

6. Органолептическая оценка качества бульона и вареного мяса у групп с генотипами GG и CG по гену CAST показала «хорошее» качество, с генотипом CC «выше среднего». Оценка жареного мяса по консистенции показала наиболее мягкую, нежную и сочную консистенцию у носителей генотипа GG, а также выраженный мясной вкус, привкус жира, менее сладкий и кислый в отличие от других групп.

7. Морфометрический анализ мяса подопытных бычков по гену CAST показал, что у группы с генотипом GG диаметр мышечных волокон в отношении групп с генотипами CG и CC больше на 15,09% и 25,84% соответственно; наименьшая длина саркомера – с разницей 3,83% и 14,75%, меньшая плотность мышечных волокон – с разницей 20,53% и 38,55% ($P \geq 0,95$).

8. Животные с генотипом CG превосходили сверстников по содержанию незаменимых аминокислот: треонина (разница 2,40-4,46%), валина (4,71-7,78%), комплекса метионина и цистеина (12,03-16,51%), комплекса фенилаланина и тирозина (3,46-5,12%), изолейцина (5,86-12,62%), лейцина (5,26-8,56%), лизина (2,73-6,15%). Триптофана было больше в группе с генотипом CC (16,11-52,55%).

По содержанию заменимых аминокислот бычки с генотипом GG превосходили сверстников по содержанию: глицина (разница 10,55-31,66%), аланина (3,31-4,78%), оксипролина (113,73-303,70%). Носители генотипа CG демонстрировали наибольшие значения: аспарагиновой кислоты (0,62-0,69%), серина (1,95%). Носители генотипа CC отличались наибольшим содержанием: глутаминовой кислоты (4,63%-5,93%), аргинина (8,67-10,12%).

Животные с генотипом CG превосходили животных с генотипами GG и CC по общей сумме аминокислот, отношению НАК/ЗАК и триптофан/оксипролин. По соотношению НАК/АК высокий показатель отмечался в группе с генотипом CC. В

целом, генотип CG ассоциирован со сбалансированным аминокислотным составом длиннейшей мышцы спины крупного рогатого скота калмыцкой породы.

У животных с генотипом CC значение калия было ниже, чем у животных с генотипами GG и CG на 8,33% и 8,23% ($P \geq 0,99$) соответственно. Наименьшее содержание натрия выявлено у группы с генотипом CG с разницей с генотипами GG и CC - 71,27% и 57,52%, а также цинка с разницей 22,19% ($P \geq 0,95$) и 20,73%. Минимальное содержание железа у носителей генотипа CC с разницей с генотипами GG и CG - 3,96% и 14,54%. У носителей генотипа GG в сравнении с носителями генотипов CG и CC количество кальция было больше на 20,11% и 27,14% соответственно. У бычков с генотипом CG было максимальное значение магния с различиями 6,49% и 18,31% ($P \geq 0,95$), меди с разницей 5,88% и 20,00%, в отношении групп с генотипами GG и CC соответственно.

9. Носители гетерозиготного генотипа LV полиморфизма L127V гена GH демонстрировали лучшее усвоение корма и высокую энергию роста, по сравнению со сверстниками гомозиготного генотипа LL. Реализационная стоимость у бычков с генотипом LV выше, чем у животных с генотипом LL на 13,62%. Уровень чистой прибыли у бычков данной группы выше на 49%, рентабельности – на 9,7%.

Расходы на бычков с генотипом GG полиморфизма C282G гена CAST были ниже по сравнению с группами бычков с генотипами CG и CC на 15,47% и 0,54% соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для сельскохозяйственных предприятий, занимающихся разведением крупного рогатого скота калмыцкой породы, рекомендуем проводить молекулярно-генетическую диагностику с использованием генетических маркеров продуктивности, учитывать преимущество генотипа LV полиморфизма L127V гена GH по живой массе и убойным показателям, генотипа GG полиморфизма C282G гена CAST по качественным характеристикам, а также генотипа CG со сбалансированным аминокислотным составом. Отбор животных генотипа LV полиморфизма L127V гена GH позволит увеличить рентабельность производства на 9,7%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Планируем дальнейшее исследование влияния генотипа по данным генам на продуктивные качества крупного рогатого скота калмыцкой породы. На данный момент часть ведется работа по воспроизводству с целью получения потомства от подопытных бычков.

Дальнейшая работа будет направлена на:

- изучение потомков, полученных от исследуемых бычков;
- оценку бычков по продуктивности потомства;
- исследование влияния других генов на продуктивные и мясные качества бычков калмыцкой породы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адучиев, Б.К. Мясная продуктивность бычков калмыцкой породы и ее помесей с красными абердин-ангусами в Республике Калмыкия / Б.К. Адучиев, Ф.Г. Каюмов, В.Э. Баринов и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 3 (99). – С. 30-35.
2. Алексеева, Е.И. Использование иммуногенетических показателей для характеристики продуктивности мясного скота // Вестник Курганской ГСХА. - 2018. - №1 (25). - С. 10-13.
3. Амерханов, Х.А. Значение современных пород мясного скота в производстве говядины. [Текст] /Х.А. Амерханов, Ф.Г., Ф.Г. Каюмов // Вестник мясного скотоводства. – 2010. – Вып. 63(3). – С. 19-24.
4. Амерханов, Х.А. Полиморфизм генов SCD И FABP4 у мясного скота калмыцкой породы / Х.А. Амерханов, А.И. Клименко, А.Ф. Шевхужев и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2023. - №4. – С. 9-13.
5. Амерханов, Х.А. Нормы оценки племенных качеств крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Х.А. Амерханов, И.М. Дунин, В.И. Шаркаев [и др.]. – Москва: Министерство сельского хозяйства РФ, 2010. – 33 с.
6. Баринов, В.Э. Особенности содержания и кормления аборигенных видов животных в аридных территориях Западного Прикаспия / В.Э. Баринов, А.Н. Арилов // Материалы науч. конф. Всероссийского НИИ мясного скотоводства. – Оренбург, 2005. – С. 14-17.
7. Баринов, В.Э. Повышение племенных качеств калмыцкого скота на основе эффективности использования выдающихся бычков-производителей в естественной случке / В.Э. Баринов, Н.В. Манджиев, Ф.Г. Каюмов и др. // Вестник мясного скотоводства. – Оренбург. – 2017. – №4(100). – С.48-56.
8. Батыров, В. В. Исторический опыт разведения крупного рогатого скота в традиционном калмыцком номадном обществе (XIX в.) / Nomadic civilization:

historical research (Кочевая цивилизация: исторические исследования). 2022. – №4 (2). – С. 34-44.

9. Берг, Рой Т. Мясной скот: Концепции роста / Пер. с англ. и предисл. к. б. н. Д.В. Карликова. – Москва: Колос, 1979. – 280 с.

10. Богатова, О.В. Мясная продуктивность и факторы, ее определяющие/О.В. Богатова, К.М. Джуламанов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – №10(2). – С. 156-161.

11. Валитов, Х.З. Иммуногенетические маркеры в селекции крупного рогатого скота по продуктивному долголетию / Х.З. Валитов, С.В. Карамеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 3. – С. 98-102.

12. Волостнова, А. Н. Мясная продуктивность и качество мяса молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационах минеральной добавки / А. Н. Волостнова, А. В. Якимов, В. В. Салахов // Ветеринарный врач. – 2017. – №5. – С. 57-62

13. Габидулин, В.М. Полиморфизма гена *carpl1*, ассоциированного с показателями продуктивности скота абердин-ангусской породы/ В.М. Габидулин, С.А. Алимова, А.А. Салихов // Известия ОГАУ. – 2019. – №5 (79). – С. 238-240

14. Гальперин, А. Крупный рогатый скот Калмообласти [Текст] - Москва: Гос. изд-во с.-х. и колхозно-кооперативной лит.; Ленинград: Гос. изд-во с.-х. и колхозно-кооперативной лит., 1932. – Обл., 135, [2] с.

15. Герасимов, Н.П. Влияние однонуклеотидных полиморфизмов LEP C528T И LEP C73T гена лептина на оценку качества туш и выход мясных отрубов у коров и тёлочек абердин-ангусской породы/ Н.П. Герасимов, В.И. Колпаков, К.М. Джуламанов, А.А. Лапшина // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – №4. С. 96 – 106

16. Глазко, В. И. ДНК маркеры и «микросателлитный код» (обзор) / В. И. Глазко, Г.Ю. Косовский, Т.Т. Глазко, Л.М. Федорова // С.-х. биол., Сельхозбиология. – 2023. – №2. – С. 223-248

17. Глинская, Н.А. Особенности SSR-полиморфизма лошадей / Глинская Н.А., Приловская Е.И., Каспирович Д.А., и др. // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2017. – №1. – С. 8-13.
18. Горлов, И. Ф. Эффективность промышленного скрещивания скота калмыцкой и казахской белоголовой пород / И.Ф. Горлов, Б.К. Болаев, Н.И. Ковзалови др. // Известия НВ АУК. – 2016. – №4 (44). – С. 126-133
19. Горлов, И.Ф. Качественные показатели говядины, полученной от бычков разных пород / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, О.А. Суторма и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 100-106.
20. Горлов, И.Ф. Качественные показатели мяса бычков калмыцкой породы разной линейной принадлежности / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Б.К. Болаев и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – №4(100). – С. 89-95.
21. Горлов, И.Ф. Полиморфизм генов GH, MC4R и CAPN1 у южных популяций крупного рогатого скота мясных пород и влияние на живую массу / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Е.Ю. Анисимова и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 3. – С. 21-34.
22. Горлов, И.Ф. Сравнительная характеристика мясной продуктивности бычков разных пород / И. Ф. Горлов, А. В. Ранделин, М. И. Сложенкина и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 2. – С. 18-22.
23. Горлов, И.Ф. Эффективность выращивания на мясо бычков специализированных мясных пород / И.Ф. Горлов, Д.А. Ранделин, А.К. Натыров // Вестник Калмыцкого университета. – 2013. – № 3 (19). – С. 14-20.
24. Горлов, И.Ф. Эффективность скрещивания коров красной степной породы с быками казахской белоголовой породы на увеличение мясной продуктивности и улучшение качества говядины / И.Ф. Горлов, Д.В. Николаев, А.А. Кайдулинаи др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №4(102). – С. 98-105.

25. Горлов, И.Ф. Современные подходы к повышению эффективности использования генетического потенциала калмыцкого скота: монография / Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Лисицын А.Б., Болаев Б.К., Натыров А.К., Мосолова Д.А. – Волгоград: ООО «СФЕРА», 2019 – 260 с.

26. Гуккина, В. Б. Применение микросателлитных ДНК-маркеров при определении достоверности происхождения скота / В. Б. Гуккина. — Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых: материалы LXXII Междунар. науч. конф. (г. Казань, декабрь 2023 г.). — Казань: Молодой ученый, 2023. — С. 21-25.

27. Данилкив, Э.И. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом / Э.И. Данилкив // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №1 - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geneticheskikh-markero-v-v-selektionno-plemennoy-rabote-s-molochnym-skotom>

28. Доротюк, Э.Н. Калмыцкий скот и пути его совершенствования / Э.Н. Доротюк. – М.: Россельхозиздат, 1981 – С. 34-35.

29. Дубовскова М.П. Особенности селекции скота герефордской породы внутрипородного типа дмитриевский северо-кавказской популяции с учётом полиморфизма GH (L127V) И LEP/A80V / М.П. Дубовскова // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – №4 (103). – С. 85-95.

30. Дубовскова, М.П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) И лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы / М.П. Дубовскова, Н.П. Герасимов // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – №3. – С. 91-101

31. Дубовскова, М.П. Подбор родительских пар герефордов с учётом антигенного спектра и ДНК-маркеров / М.П. Дубовскова, М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, В.И. Колпаков // Животноводство и кормопроизводство. – 2016. – №4 (96). – С. 46-53.

32. Евлагина, Д. Полиморфизм гена гормона роста (Leu127Val) у крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности (обзор). / Д.

Евлагина, З. Гаджиев, В. Погодаев и др. // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – №4(16). – С. 96-107

33. Евставьева, Л.В. Полиморфизм гена кальпаина и его связь со скоростью роста телочек абердин-ангусской породы. / Л.В. Евставьева, Д.М. Евствафьев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова. сборник статей. – 2022. – Т. 1. – С 284-288

34. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2023 год). – Лесные Поляны: ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела". – 2024. – 211 с.

35. Еременко, В.К. Калмыцкий скот и методы его совершенствования: монография / В.К. Еременко, Ф.Г. Каюмов. – М.:Вестник РАСХМ, 2005. – 385 с.

36. Жеребилов, Н. И. Теоретические и практические основы гетерозиса / Н. И. Жеребилов, Л. И. Кибкало, Н. А. Гончарова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 2. – С. 65-68.

37. Забашта, Н.Н. Мясная продуктивность и качество мяса крупного рогатого скота / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головки // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2013. – № 2 (2). – С. 104-112.

38. Заболотных, М.В. Генетический потенциал крупного рогатого скота в условиях промышленного животноводства / М.В. Заболотных, Е.Н. Иль, Д.Е. Иль // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – №1 (45). – С. 75-82.

39. Загидуллин, Л. Оценка быков-производителей с различными смешанными генотипами, связанными с генами каскада соматотропина, по происхождению / Л. Загидуллин, И. Гилемханов, Р. Хисамов, С. Тюлькин // ВЮ Web. Конф. – 2020. – Т. 17(2):00109.

40. Заркевич, А.В. Калмыцкая порода / А.В. Заркевич // Скотоводство. - М.: Россельхозиздат, 1961 – Т. I. – С. 242-246.

41. Иванов, М.Ф. Избранные сочинения / М.Ф. Иванов. – Т.3. – М.: Колос, 1950. – С. 55-60.
42. Ильина, А.В. Генетические аспекты в работе с ярославской породой крупного рогатого скота / А.В. Ильина, А.В. Коновалов, М.В. Абрамова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2017. – №3 (51). – С. 109-114.
43. Калашников, Н.А. Экстерьерные показатели и мясная продуктивность бычков калмыцкой породы разных генотипов / Н.А. Калашников, Л.М. Половинко, Ф.Г. Каюмов // Зоотехния. – 2016. – № 1. – С. 17–18.
44. Карамеев, С. В. Мясная продуктивность чистопородных и помесных бычков калмыцкой и мандолонгской пород / С. В. Карамеев, А. С.Карамеева , Х. З. Валитов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №2. – С. 38–45.
45. Карпов, А.С. Калмыцкий скот / А.С. Карпов, В.И. Федоров. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 54 с.
46. Каюмов Ф.Г. Морфофункциональная характеристика кожного покрова бычков разных генотипов / Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова // Известия ОГАУ. – 2020. – №6 (86). – С. 288-291.
47. Каюмов, Ф. Г. Селекционно-племенная работа с калмыцкой породой скота на современном этапе / Ф. Г. Каюмов, А. Ф. Шевхужев , Н. П. Герасимов // Известия СПбГАУ. – 2017. – №3 (48). – С.64-72.
48. Каюмов, Ф.Г. Анализ полиморфизма генов CAPN1, GH и tg5 у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов / Ф.Г. Каюмов, И.М. Дунин, М.И. Селионова и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №4. – С. 28-34
49. Каюмов, Ф.Г. Калмыцкая порода скота в племенных хозяйствах России / Ф.Г. Каюмов, В.Н. Черномырдин, Л.А. Маевская и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №5 (49). – С. 116-119.

50. Каюмов, Ф.Г. Калмыцкая порода скота в условиях южного Урала и западного Казахстана: монография / Ф.Г. Каюмов, В.К. Еременко. – Оренбург: ИПК. Газпропечать, 2001. – С. 52-70.
51. Каюмов, Ф.Г. Особенности формирования мясности бычков калмыцкой породы заводских типов «Айта» и «Вознесенский» / Ф.Г. Каюмов, Н.П. Герасимов, Л.М. Половинко, Е.Д. Куш // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 24-30
52. Каюмов, Ф.Г. Оценка потенциала весового роста калмыцких тёлочек и помесных сверстниц с породой красный ангус первого и второго поколений / Ф.Г. Каюмов, В.И. Косилов, Н.П. и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №1. – С.79-87.
53. Каюмов, Ф.Г. Полиморфизм генов CAPN1, GH, TG5 И LEP у молодняка нового мясного типа адучи / Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова, Н.А. Третьякова // Известия ОГАУ. – 2021. – №5 (91). – С. 206-210
54. Каюмов, Ф.Г. Продуктивность и селекционно-генетические параметры мясного скота разных генотипов / Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – №5 (85). – С. 208-210.
55. Кобыляцкий, П.С. Оптимальный возраст убоя скота и его влияние на качество говядины / П.С. Кобыляцкий // Ветеринарная патология. – 2010. – № 4 (35). – С. 39-43.
56. Колпаков, В.И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) / В.И. Колпаков // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – №4. – С. 47-64.
57. Кольцов, Д. Н. Генотипы EAF-системы групп крови в селекции крупного рогатого скота на продуктивность / Д. Н. Кольцов, В. И. Дмитриева, В. А. Багиров и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 10 (33). – С. 58-61.
58. Коновалова, Е. Н. Влияние гена кальпастина на мясную продуктивность крупного рогатого скота / Е. Н. Коновалова, О. С. Романенкова, Л. В. Евстафьева и др. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 110–117.

59. Косилов, В.И. Рациональное использование генетических ресурсов красного степного скота для производства говядины при чистопородном разведении и скрещивании: монография / В. И. Косилов, С. И. Мироненко, А. А. Салихов, К. С. Литвинов. – Москва: ООО Агентство печати «Палихо 10», 2010. – 450 с.
60. Косилов, В.И. Убойные качества чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота / В.И. Косилов, Г.В. Касимова, М.Б. Ребезов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2021. – №2 (88). – С. 238-242.
61. Косян, Д.Б. Оценка взаимосвязи полиморфизма гена CAST с структурно-механическими свойствами мяса бычков калмыцкой породы крупного рогатого скота / Д.Б. Косян, С.А. Мирошников, Е.А. Русакова // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2018. – № 4. – 7с.
62. Косян, Д.Б. Экономическая эффективность использования генетического маркера CAPN1 в селекции калмыцкой породы скота/ Д.Б. Косян, Е.А. Русакова, Л.Г. Сурундаева // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – №4 (100). – С.82-88
63. Кудряшов, С.А. Калмыцкий скот. Труды Московского зоотехнического института, т. 2, 1935.
64. Кузьмина, Н.В. Влияние гомозиготности по маркерным аллелям групп крови на продуктивность, воспроизводительные качества и долголетие коров / Н.В. Кузьмина, В.И. Дмитриева, Д.Н. Кольцов, М.Е. Гонтов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 5 (20). – С. 488-497.
65. Кулинцев, В.В. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в гене тиреоглобулина с показателями роста и телосложения бычков калмыцкой породы / В.В. Кулинцев, А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2023 – №5. – С. 8–13
66. Лазебная, И.В. Полиморфизм генов гормона роста, пролактина и изучение его связи с процентным содержанием жиров в молоке коров костромской

породы/ И.В. Лазебная, О.Е. Лазебный, М.Н. Рузина, [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 46-51.

67. Левантин, Д.Л. Некоторые особенности качества мяса бычков / Д.Л. Левантин// Мясная промышленность. – 1995. – №1. – С. 21-23.

68. Легошин, Г. П. Влияние послеотъемного развития телок на долголетие и пожизненную продуктивность калмыцких коров / Г. П. Легошин, Л. М. Половинко // Молочное и мясное скотоводство. – 2016. – № 6. – С. 20-22.

69. Лисицын, А.Б. Химический состав мяса: справочник. / Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г. и др. // ВНИИМП, 2011. – 102 с.

70. Лискун, Е.Ф. Экстерьер сельскохозяйственных животных / Е.Ф. Лискун. – М.: Сельхозгиз, 1949. – С.210.

71. Логинов, С.В. Откормочные и мясные качества крупного рогатого скота мясных пород в условиях Северного Зауралья / С.В. Логинов, О.М. Шевелёва // Вестник Курганской ГСХА. – 2018 – №3 (27). – С. 42 – 44

72. Макаев, Ш.А. Влияние генотипа быков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST И TG5 на качественные показатели мяса у потомков / Ш.А. Макаев, Н.П. Герасимов // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – №3. – С. 102-113

73. Маркова, И.В. Мясная продуктивность бычков различных пород в зависимости от технологии их содержания / И.В. Маркова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (40). – С. 126-128.

74. Мартынов, А.А. Реализация репродуктивных качеств коров и тёлочек калмыцкой породы в хозяйствах Республики Саха (Якутия) / А.А. Мартынов, Я.С. Васильев, Н.И. Алексеева и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – № 1 (104). – С. 32-42.

75. Матвеева, И.В. Межпородное скрещивание и явление гетерозиса при производстве говядины / И.В. Матвеева, Т.В. Матвеева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1 (1). – С. 92-94.

76. Матвеева, Т.В. Особенности роста и развития чистопородных и помесных бычков / Т.В. Матвеева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1 (1). – С. 90-92.

77. Милованов, М.К. Павел Николаевич Кулешов - основоположник русской зоотехнии / М.К. Милованов// Теоретические работы по племенному животноводству. – 1947. – С. 3-14

78. Мичурин, И. В. О некоторых методических вопросах. К вопросу о наследовании приобретенных признаков. / И.В. Мичурин // Собрание сочинений. Москва: Сельхозгиз, 1939. Т. I. 655 с.

79. Моисейкина, Л.Г. Сравнительный анализ фенотипических данных и генетической структуры популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы / Л.Г. Моисейкина, А.В. Убушиева, В.С. Убушиева // «Вестник НГАУ» –2022. – 4 (65). – С.167 - 174

80. Нармаев, М.Б. Калмыцкий скот. - Калм. кн. изд-во, Элиста, 1969, с. 236

81. Натыров, А.К. Продуктивные и племенные качества традиционных видов калмыцкого скота в условиях аридных территорий юга России / Натыров А.К., Суркова С.А. // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – №1. – С. 32-38

82. Отаров, А.И. Калмыцкая порода: особенности и преимущества. / А.И. Отаров //Мясное скотоводство. – 2018. – С.75-76

83. Отаров, А.И. Эффективность откорма и адаптационные способности калмыцких и швицких бычков в горных условиях Кабардино-Балкарской Республики / А.И. Отаров, Ф.Г. Каюмов, Р.Ф. Третьякова // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №2. – С. 72-78.

84. Половинко, Л.М. Ведущий племенной репродуктор калмыцкой породы / Л.М.Половинко, В.С. Бурка // Молочное и мясное скотоводство. – 1999. – №2 – С.12-16

85. Приступа, В. Н. Инновационные технологии в селекционном процессе совершенствования скота калмыцкой породы / В.Н. Приступа, О.Е. Кротова, М.Н. Савенкова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2022 – №1 (14). - С. 51-61

86. Пшеничный, П.Д. Направленное изменение природы сельскохозяйственных животных под влиянием условий жизни [Текст]: стенограмма публичной лекции.../д-р с-х. наук проф. П.Д. Пшеничный. – Москва: Знание, 1954. – 32 с.

87. Ранделин, А.В. Мясная продуктивность и качественные показатели мяса бычков калмыцкой породы разных типов телосложения / А.В. Ранделин, У.Э. Гаряев, А.К. Натыров, Б.К. Болаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2 (38). – С. 167-171.

88. Ранделин, Д.А. Влияние скрещивания на мясную продуктивность бычков и качественные показатели их мяса [Текст] /Д.А. Ранделин // Все о мясе. – 2010. – №1. – С. 34-36.

89. Ридли, м. Геном [Текст] / М.Ридли. – М.: Эксмо, 2008. – 224 с.

90. Романишко, Е.Л. Исследование полиморфизма RS17872000 в генах кальпаина (CAPN1) и RS109221039 кальпастатина (CAST) у крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / Е.Л. Романишко, А.И. Киреева, М.Е. Михайлова, Р.И. Шейко // Молекулярная и прикладная генетика. – 2022. – Т.32. – С. 88-96

91. Рубан, Ю.Д. Эволюция пород и их типов в скотоводстве: монография/Ю.Д. Рубан. – Киев:Аграрная наука, 2011. – 232 с.

92. Рыскина, Е.А. Групповые антигены у различных животных / Е.А. Рыскина, Ф.Н. Гильмиярова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2015. – № 1. – С. 25-34.

93. Сафина, О. Г. Генетические факторы, влияющие на мясную продуктивность крупного рогатого / О.Г. Сафина, Е.С. Смирнова // МОЛОДЕЖЬ И НАУКА. – 2025. – № 1

94. Седых, Т.А. полиморфизм микросателлитных локусов крупного рогатого скота герефордской породы различных эколого-генетических генераций / Т.А. Седых, Е.А. Гладырь, И.Ю. Долматова и др. // Аграрный вестник Северного Кавказа. – 2014. – № 3 (15). – С. 121-128.

95. Селионова, М. И. Анализ полиморфизма генов CAPN1 и GH у скота казахской белоголовой породы в связи с особенностями мясной продуктивности. / М. И. Селионова, В.Р. Плахтюкова, И.И. Дмитрик и др. // Главный зоотехник. – 2020. – №6
96. Селионова, М.И. Маркер-ассоциированная и геномная селекция мясного скота / М.И. Селионова, Л.В. Евстафьева, Е.Н. Коновалова, Е.Н. Белая // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 2. – С. 37-48.
97. Селионова, М.И. Особенности полиморфизма генов гормона роста (GH), кальпаина (CAPN1) быков-производителей мясных пород / М.И. Селионова, Л.Н. Чиждова, М.П. Дубовскова и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – № 2 (98). – С. 65-72.
98. Слепцов, И.И. Полиморфизм 15 микросателлитных локусов ДНК у крупного рогатого скота калмыцкой породы и аборигенного якутского скота, разводимых на территории Республики Саха (Якутия) / И.И. Слепцов, В.В. Додохов, Н.И. Павлова, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №2(102). – С.60-67.
99. Сурундаева, Л.Г. Особенности гистоморфологических признаков длиннейшей мышцы спины бычков внутривидового типа "Айта" калмыцкой породы при наличии мутации по гену CAPN1 / Л.Г. Сурундаева, Д.Б. Косян, О.Ю. Сипайлова и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – №4 (100). – С. 40-47
100. Суржикова, Е.С. Полиморфизм генов CAPN1(C. 316 C>G), TG5(C.-422C>T), GH (C.2141C>G), LEP(C.73C>T) у молодняка мясного скота герфордской породы ставропольской популяции / Е.С. Суржикова, М.П. Дубовскова, Н.П. Герасимов // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – №4. – С. 67-78.
101. Танана, Л.А. Убойные и качественные показатели мяса герфордских быков в зависимости от генотипов гена соматотропина / Л.А. Танана, О.В. Вертинская, К.О. Кизилевич, Е.Я. Лебедев // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. – 2019. – №6 (76). – С. 40-44.

102. Ткаченко, И.В. Иммуногенетический маркер жирномолочности коров / И.В. Ткаченко, В.Ф. Гридин // Аграрный вестник Урала. – 2014. – №1 (119). – С. 55-58.

103. Толочка, В.В. Продуктивные и некоторые биологические особенности калмыцкого скота в условиях Приморского Края: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.10 / Толочка Василий Васильевич Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Улан-Удэ, 2017. – 118 с.

104. Третьякова, Р. Ф. Влияние полиморфизма гена кальпастатина на технологические и органолептические показатели мяса бычков калмыцкой породы / Р. Ф. Третьякова, Ф. Г. Каюмов // Молочное и мясное скотоводство. – 2025. – № 2. – С. 8-11.

105. Третьякова, Р.Ф. Биологические особенности и продуктивность молодняка калмыцкой породы разных заводских типов: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.10 / Третьякова Рузия Фоатовна. – Оренбург, 2019 – 133 с.

106. Третьякова, Р.Ф. Воспроизводительная способность тёлочек создаваемого нового типа калмыцкого скота / Р.Ф. Третьякова, Ф.Г. Каюмов // Известия ОГАУ. – 2020. – №6 (86). – С. 306-308

107. Тритяк, Ю.А. Оптимизация рациона кормления бычков на откорме / Ю.А. Тритяк, К.А. Ковалева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 112. – С. 1542-1553.

108. Убушиева, В.С. Взаимосвязь некоторых генов с хозяйственно-ценными признаками крупного рогатого скота калмыцкой породы (обзор) / В.С. Убушиева, А.В. Убушиева, Н.В. Чимидова, К.Е. Бадмаева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 5 (77). – С. 284-293

109. Улимбашева, Р.А. Оплата корма приростом живой массы молодняка калмыцкой и бурой швицкой пород, выращенного по разным технологиям / Р.А. Улимбашева, А.Ф. Шевхужев и др. // Животноводство и кормопроизводство. – Оренбург. – 2018. – № 1(101) – С. 59-66

110. Фролов, А.Н. Оценка продуктивных качеств и элементного статуса бычков калмыцкой породы различных генотипов по гену гормона роста/ А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.В. Харламов и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – №1. – С. 62-73

111. Харламов, А.В. Влияние полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 на морфологические и биохимические показатели крови / А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, Е.А. Тяпугин // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №3. – С. 46-57.

112. Харламов, А.В. Изменение параметров тела бычков в зависимости полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5/ А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов // БОНЦ УрО РАН. – 2019. – №4. – С.1-8

113. Хвыля, С.И. Применение гистологического анализа при исследовании мясного сырья и готовых продуктов/С.И. Хвыля, В.А. Пчелкина, С.С. Бурлакова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №3 (26). – С. 132-138

114. Часовщикова, М.А. Влияние эритроцитарных антигенов на долголетие и пожизненную продуктивность коров чёрно-пёстрой породы / М.А. Часовщикова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2013. – № 6 (44). – С. 81-83.

115. Черномырдин, В.Н. Калмыцкая порода скота в племенных хозяйствах Оренбургской области / В.Н. Черномырдин, Ф.Г. Каюмов // Животноводство и кормопроизводство. – 2014. – №3 (86). – С.12-16

116. Чивинский, Н.П. Изменение сельскохозяйственных животных под влиянием обильного и скудного питания в молодом возрасте / Н.П. Чивинский // Изб. Соч. – Т.1. – М., 1949. -С. 125-143.

117. Чижова, Л.Н. Кровегрупповые факторы, их роль в формировании мясной продуктивности скота / Л.Н. Чижова, А.М. Петрова // Сельскохозяйственный журнал. – 2011. – № 4 (1). – С. 57-59.

118. Чимидова, Н.В. полиморфизм гена CAPN1 и взаимосвязь с продуктивными качествами животных у крупного рогатого скота/ Н.В. Чимидова,

Л.Г. Моисейкина, А.В. Убушиева и др. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2024. – №1 (65). – С. 90-95.

119. Чимидова, Н.В. Полиморфизм гена тиреоглобулина у бычков калмыцкой породы / Н.В. Чимидова, А.В. Убушиева, Л.Г. Моисейкина // Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. – 2022 – №1(2) – С. 51-56.

120. Шаталина, О.С. Ассоциации между группами крови и репродуктивными показателями у крупного рогатого скота. / О.С. Шаталина // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – №2 (53). – С. 309-317

121. Шаталов, С.В. Продуктивные качества скота калмыцкой породы различных линий / С.В. Шаталов, Г.В. Максимов, А.Г. Максимов и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №100(06).

122. Шевхужев А. Ф., Панасенко В. И. Скрещивание - эффективный метод повышения мясной продуктивности скота / А.Ф. Шевхужев, В.И. Панасенко // Молочное и мясное скотоводство. – 1995. – № 4. – С. 19-22.

123. Шевхужев, А. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах LEP, SCD, FABP4 с живой массой у мясного скота калмыцкой породы. / А. Ф. Шевхужев, Л. Н. Скорых, А. А. Каниболоцкая и др. // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 4 (16). – С. 165-178

124. Шевхужев, А. Ф. Мясное скотоводство и производство говядины: учебник для вузов / А. Ф. Шевхужев, Г. П. Легошин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 380 с.

125. Шевхужев, А. Ф. Эффективность использования промышленного скрещивания и гибридизации для получения экологической чистой говядины в условиях Северного Кавказа / А. Ф. Шевхужев, Б. А. Эльдаров // Материалы I Кавказского Международного экологического форума. Грозный ГУ. – 2013. – С. 87-92.

126. Шевхужев, А.Ф. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов генов FASN и DGAT1 с живой массой у мясного скота. / А.Ф. Шевхужев, Л.Н. Скорых,

А.Ю. Криворучко и др. // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – №3. – С. 402-412.

127. Шевхужев, А.Ф. Полиморфизм генов, ассоциированных с качеством мяса у крупного рогатого скота (обзор) / А.Ф. Шевхужев, А.Ю. Криворучко, В.А. Погодаев, и др. // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 4 (15). – С. 128-135.

128. Шевхужев, А.Ф., Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в гене гормона роста с живой массой у мясного скота калмыцкой породы / А.Ф. Шевхужев, Л. Н. Скорых // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 3 (16). – С. 128-136.

129. Шеховцев, Г. С. Органолептическая оценка качества говядины бычков различных генотипов / Г.С. Шеховцев, И.П. Прохоров, А. Н. Пикуль // Вестник ОрелГАУ. – 2022. – №5 (98). – С. 77-81

130. Шляхтунов, В.И. Факторы, способствующие увеличению мясной продуктивности и повышению качества говядины / В. И. Шляхтунов и др. // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2018. – №1. – С. 71–74.

131. Шукюрова, Е. Б. Эритроцитарные антигены групп крови в селекции голштинского крупного рогатого скота на устойчивость к болезням / Е.Б. Шукюрова// Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 6 (34). – С. 84-88.

132. Щеглов Е. В. Калмыцкая порода / Е.В. Щеглов // Большая российская энциклопедия. – Москва. – 2008. – Том 12. – с. 543

133. Щеголев, П.О. Ассоциация гена гормона роста с продуктивными признаками крупного рогатого скота (обзор) / П.О. Щеголев, К.Д. Сабетова , А.А. Чаичкий и др. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2023. – № 2. – С. 61-72.

134. Щукина, И.В. Способ определения годовой мясной продуктивности коров мясных пород / И.В. Щукина, С.А. Мирошников, К.М. Джуламанов и др. // Животноводство и кормопроизводство. – 2013. – № 81 (3). – С. 55-59.

135. Эрнст, Л.К. Генетические ресурсы сельскохозяйственных животных в России и социалистических странах / Л.К. Эрнст, Н.Г. Дмитриев, И.А. Паронян. – СПб, 1994. – С. 473.

136. Юдин, В.М. Эффективность интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота до 15-месячного возраста [Текст] / В.М. Юдин // Животноводство. – 1966. - №9. – С. 12-14.
137. Agung, P.P. Association of growth hormone (GH) gene polymorphism with growth and carcass in Sumba Ongole (SO) cattle / P.P. Agung, S. Anwar, WP. B. Putra et al. // Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture. – 2017. – №42(3). – P. 153–159.
138. Aitzhanova, I. N. Comparative Assessment of Meat Qualities of Purebred and Crossbred Kalmyk Bullset /Aitzhanova I. N., Shaikamal G.I., Seleuova L.A. et al. // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2022. – № 3 (22). – С. 395–403.
139. Alexander, L.J. A Limousin specific myostatin allele affects longissimus muscle area and fatty acid profiles in a Wagyu-Limousin F2 population. / L.J. Alexander, L.A. Kuehn, T.P.L. Smith et al.// Journal of Animal Science.– 2009.– No. 87.– P. 1576–81.
140. Ardiyanti, A. Effects of GH gene polymorphism and sex on carcass traits and fatty acid compositions in Japanese Black cattle. / A. Ardiyanti , Y. Oki, Y. Suda et al.// Anim Sci J.– 2009 Feb.– № 80(1).– P.62-9.
141. Avilés, C., Peña F., Polvillo O., Barahona M., Campo M.M., Sañudo C., Juárez M., Horcada A., Alcalde M.J., Molina A. Association between Functional Candidate Genes and Organoleptic Meat Traits in Intensively-Fed Beef / C. Avilés, F. Peña, O. Polvillo et al.//Meat Sci. – 2015. – №. 107.– P. 33–38.
142. Ayuti, SR. A review of myostatin gene mutations: Enhancing meat production and potential in livestock genetic selection. / SR. Ayuti , M. Lamid , SH. Warsito et al.//Open Vet J.– 2024 Dec. – №. 14(12). – P. 3189-3202.
143. Baeza, M.C. Genetic variants in a lipid regulatory pathway as potential tools for improving the nutritional quality of grass-fed beef. / M.C. Baeza, P.M. Corva, L.A. Soria et al. // Anim. Genet.– 2013.– №. 44.– P. 121–129.
144. Bartoň, L. Associations of polymorphisms in bovine DGAT1, FABP4, FASN, and PPARGC1A genes with intramuscular fat content and the fatty acid

composition of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls. / L. Bartoň, D. Bureš, T. Kott et al.//Meat Sci.– 2016.– №. 114.– P. 18–23.

145. Basson, A. Sustained Effects of Muscle Calpain System Genotypes on Tenderness Phenotypes of South African Beef Bulls during Ageing up to 20 Days. / A. Basson , P.E. Strydom, E. van Marle-Köster et al. // Animals (Basel).– 2022.– №. 12(6).– P. 686.

146. Bayraktar, M. Novel SNP detection in GH and GHR genes and its potential influence on growth traits in Anatolian Southern Yellow cattle. / M. Bayraktar, R. Özcan, R. Karaman et al. // Trop Anim Health Prod.– 2025.–№. 57.– P. 424.

147. Bennett, G.L. Enhanced Estimates of Carcass and Meat Quality Effects for Polymorphisms in Myostatin and μ -Calpain Genes. J. / G.L. Bennett , R.G. Tait , S.D. Shackelford et al. // Anim. Sci.– 2019.– №.97.– P. 569–577. doi:

148. Bhuiyan, M.S.A. DNA polymorphisms in SREBF1 and FASN genes affect fatty acid composition in Korean cattle (Hanwoo). / M.S.A. Bhuiyan, S.L. Yu, Jeon, J.T. et al.//Asian-Australas. J. Anim. Sci.– 2009.– №. 22.– P. 765–773.

149. Bila, L. Single nucleotide polymorphisms of growth hormone gene in cattle and their association with growth traits: a systematic review. / L. Bila , D.P. Malatji , T.L. Tyasi // Trop Anim Health Prod.– 2024.– №. 56(4).– P. 141.

150. Casas, E. Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. / E. Casas, S.N. White, D.G. Riley et al.// J Anim Sci.– 2005.– №. 83(1).– P. 13–19.

151. Casas, E. Effects of Calpastatin and μ -Calpain Markers in Beef Cattle on Tenderness Traits. / E. Casas, S.N. White, T.L. Wheeler et al.// J. Anim. Sci.– 2006.– №. 84.– P. 520–525.

152. Cases, S. Cloning of DGAT2, a second mammalian diacylglycerol acyltransferase, and related family members / S. Cases, S.J. Stone, P. Zhou // Biological Chemistry.– 2001.– №. 42(276).– P. 38870–38876.

153. Chung, H. Effects of genetic variants for the calpastatin gene on calpastatin activity and meat tenderness in Hanwoo (Korean cattle). / H. Chung, M. Davis// *Meat Sci.*– 2012 Mar.– №. 90(3).– P. 711-4.
154. Cundiff, L. V. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. / L. V. Cundiff// *J. Anim. Sci.*– 1970.– №. 30.– P. 694–705.
155. da Silva, A.C. Polymorphism in the Calpastatin Gene Alters Beef Tenderization in Excitable Cattle: A Preliminary Study. / A.C. da Silva , P. Maloso Ramos, A. Silva Mello César et al.//*Animals (Basel).*– 2025 May 27.– №. 15(11).– P. 1568. d
156. Dakhlan, A. Mapping Growth Hormone Gene of Body Weight Krui Cattle in Pesisir Barat Regency Lampung, Indonesia / D. Akhmad, A. Kusuma, Sulastri et al.// *Pakistan Journal of Biological Sciences.*–2022 .– №.25.– P. 741-747.
157. de Oliveira, L.G. Association of calpain and calpastatin activity to postmortem myofibrillar protein degradation and sarcoplasmic proteome changes in bovine *Longissimus lumborum* and *Triceps brachii*. / L.G. de Oliveira, E.F. Delgado, E.M. Steadham // *Meat Sci.*– 2019 Sep.– №. 155.– P. 50-60.
158. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of FAO Expert Consultation. — Rome: FAO. - 2013. — p. 66
159. Dzhulamanov, K.M. Effects of GH L127V and TG5 C422T polymorphisms on the hormonal profile, slaughter traits, and meat quality of Hereford bulls. / K.M. Dzhulamanov, N.P. Gerasimov // *Vet World.*– 2024.– №. 17(8).– P. 1920-1927.
160. Esmailizadeh, A.K. Effects of the myostatin F94L substitution on beef traits. / A.K. Esmailizadeh, C.D.K. Bottema, G.S. Sellick // *Journal of Animal Science.*– 2008.– №. 86.– P. 1038–46.
161. Fadhil, M. Association between polymorphisms of Myf5, MSTN and CAST genes and fattening performance in Brown Swiss and Holstein cattle breeds. / M. Fadhil, U. Zülkadir// *Anim Biotechnol.*– 2021 Feb.– №. 32(1).– P. 121-129.
162. Favero, R. Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. / R. Favero , G.R.O. Menezes , R.A.A. Torres// *Animal.*– 2019 .– №. 13(11).– P. 2679-2686.

163. Fedotova, G. Comparative analysis of economic and biological features of Kalmyk and Mongolian cattle breeds. / G. Fedotova, M. Slozhenkina, A. Natyrov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.– 2020. - P. 548.
164. Fernandes, J.S. Polymorphisms related to bovine leptin gene and association with productive and reproductive traits in Nelore Heifers. / J.S. Fernandes, B.A. Crispim, L.O. Seno // Trop. Anim. Sci. J.– 2022. – №. 43(1). – P. 18–24.
165. Flore, L. Influence of Different Evolutive Forces on GDF5 Gene Variability. / L. Flore, P. Francalacci, M. Massidda et al. // Genes (Basel). – 2023 Sep 30.– №. 14(10).– P. 1895.
166. Gama, L. T. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain / L.T. Gama et al. // Meat Science.– 2013.– № 1(3). – P. 98-104
167. Garrett, AJ. Promoter region of the bovine growth hormone receptor gene: Single nucleotide polymorphism discovery in cattle and association with performance in Brangus bulls. / AJ. Garrett, G. Rincon, JF. Medrano et al.// Journal of Animal Science.– 2008.– №. 86.– P. 3315–3323.
168. Ge, W. Association of single nucleotide polymorphisms in the growth hormone and growth hormone receptor genes with blood serum insulin-like growth factor I concentration and growth traits in Angus cattle. / W. Ge, M.E. Davis , H.C. Hines et al.//Journal of Animal Science. – 2003. – №. 1.– P. 641–648.
169. Geesink, G. H. μ -Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins / G. H. Geesink et al.//Journal of animal science. – 2006.– № 10(84). – P. 2834-2840.
170. Gerasimov, N.P. Effect of IGF-1 C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle. / N.P. Gerasimov, K.M. Dzhulamanov, S.V. Lebedev et al.// Vet World.– 2023 Aug. – №. 16(8). – P. 1584-1592.
171. Gill, J.L. Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits in a commercial population of Aberdeen Angus-sired beef cattle. / J.L. Gill, S.C. Bishop, C. McCorquodale et al.//Genet Sel Evol. – 2009. – №. 41(1). – P. 36.

172. Goll, D.E. The Calpain System. / D.E. Goll, V.F. Thompson, H. Li et al.//*Physiol. Rev.* – 2003. – № 83. – P. 731–801.
173. Gregory, K. E. Heterosis effects on growth rate and feed efficiency of beef steers. / K. E Gregory., L. A. Swiger, L. J. Sumption et al.// *J. Anim. Sci.*– 1966. – № 25.– P. 299–310.
174. Hanset, R. On the genetic determinism of muscular hypertrophy in the Belgian White and Blue cattle breed. I. Experimental data. / R. Hanset, C. Michaux//*Genet. Sel. Evol.* – 1985. – №. 17.– P. 359–368.
175. Hanotte, O. African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations / O. Hanotte et al.] // *Science.* – 2002. – № 5566 (296). – P. 336–339
176. Hoashi, S. Association between fatty acid compositions and genotypes of FABP4 and LXR-alpha in Japanese Black cattle. / S. Hoashi, T. Hinenoya, A. Tanaka et al.// *BMC Genet.* – 2008. – №. 9.– P. 3–9.
177. Kasuya, E. Secretory pattern and regulatory mechanism of growth hormone in cattle. / E. Kasuya//*Anim Sci J.*– 2016 Feb. – №. 87(2). – P.178-82.
178. Kay, J.K. Endogenous synthesis of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid in dairy cows fed fresh pasture. / J.K. Kay, T.R. Mackle, M.J. Auldist et al.//*J. Dairy Sci.*– 2004. – №. 87.– P. 369–378.
179. Kaygisiz, A. Investigation of leptin gene polymorphisms in East Anatolian Red, Anatolian, and black cattle and determination of genetic distance from Brown Swiss cattle. / A. Kaygisiz, C. Bengi , S. Cilek // *J. Anim. Plant Sci.* – 2011. – №. 21(2).– P. 121–125.
180. Kayumov, F. The effect of snp polymorphisms in growth hormone gene on weight and linear growth in crossbred red angus× kalmyk heifers. / F. Kayumov, V. Kosilov, N. Gerasimov et al.// *International scientific and practical conference digital agriculture-development strategy.* Atlantis Press. –2019.– P. 325–328
181. Khamzina, A.K. History, status and genetic characteristics of native cattle breeds from the Republic of Kazakhstan. / A.K. Khamzina, A.A. Yurchenko, N.S. Yudin et al.// *Vavilovskii Zhurnal Genet Selektiv.* – 2024. – №. 28(4). – P. 416-423.

182. Konovalova, E. Genetic Variations and Haplotypic Diversity in the Myostatin Gene of Different Cattle Breeds in Russia. / E. Konovalova, O. Romanenkova, A. Zimina et al.// *Animals (Basel)*. – 2021. – №. 11(10). – P. 2810.
183. Kurlyana, T. Association between leptin gene polymorphism and growth traits in Bali cattle. / T. Kurlyana , T. Hartatik, S. Sumadi// *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.*– 2023.– №. 48(1).– P. 1–9.
184. Kuswati, K. Polymorphism of leptin gene (single nucleotide polymorphisms c.73T>C) and its association with body weight and body measurements in Madura cattle. / K. Kuswati, A. Furqon, W.A. Septian et al.// *Vet World*. – 2022.– №. 15(3).– P. 775-781.
185. Leal, W.S. Direct and maternal breed additive and heterosis effects on growth traits of beef cattle raised in southern Brazil. / W.S. Leal, M.D. MacNeil, H.G. Carvalho et al.//*J Anim Sci.*– 2018. – №. 96(7). – P. 2536-2544.
186. Leal-Gutiérrez, J. D. Association of μ -Calpain and Calpastatin Polymorphisms with Meat Tenderness in a Brahman–Angus Population. / J.D. Leal-Gutiérrez, M. A. Elzo, D.D. Johnson et al.// *Frontiers in Genetics*. –2018.– № 9. - P.56
187. Lee, J. Increasing the accuracy of genomic prediction in pure-bred Limousin beef cattle by including cross-bred Limousin data and accounting for an F94L variant in MSTN. / J. Lee, J.M. Kim, D.J. Garrick// *Anim Genet*. – 2019 Dec.– №. 50(6).– P.621-633.
188. Lee, J.H. Identification of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) of the Bovine Growth Hormone (bGH) Gene Associated with Growth and Carcass Traits in Hanwoo. / J.H. Lee, Y.M. Lee, J.Y. Lee et al.// *Asian-Australas J Anim Sci*. – 2013. – №. 26(10). – P.1359-64.
189. Limón-Morales, O. Single Nucleotide Polymorphisms of Leptin and Calpain/Calpastatin in Key Traits of Pork Meat Quality. / O. Limón-Morales, H. Bonilla-Jaime, M. Arteaga-Silva et al.// *Animals (Basel)*. – 2025.– №. 15(15). – P. 2270.
190. Liu, Y. A unified STR profiling system across multiple species with whole genome sequencing data. / Y. Liu, J. Xu, M. Chen et al.// *BMC Bioinformatics* 20. – 2019. – №20. – P. 671.

191. Lopez, C.H. Relationships between seasonality, body characteristics and leptin at the beginning of puberty in *Bos taurus taurus* and *Bos taurus indicus* heifers in the Mexican tropics. / C.H. Lopez, R.C.R. Robles, A.V. Godoy// *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* – 2021. – №. 12(4). – P. 1025–1044.
192. Maeta, K. A novel splice variant of the human MSTN gene encodes a myostatin-specific myostatin inhibitor. / K. Maeta, M. Farea, H. Nishio// *J. Cachexia Sarcopenia Muscle.* – 2023. – №.14(5).– P. 2289–2300.
193. Magalhães, A.F.B. Genomic Selection for Meat Quality Traits in Nelore Cattle. / A.F.B. Magalhães, F.S. Schenkel, D.A. Garcia et al.// *Meat Sci.*– 2019. – №. 148. – P. 32–37.
194. Maharani, D. Association of five candidate genes with fatty acid composition in Korean cattle. / D. Maharani, Y. Jung, W.Y. Jung// *Mol. Bio. Rep.* – 2012. – №. 39.– P. 6113–6121.
195. Martinez, R. Identification of SNPs in growth-related genes in Colombian creole cattle. / R. Martinez, J.F. Rocha, D. Bejarano// *Genetics and Molecular Research Online Journal.* – 2016. – №3.
196. Matsushashi, T. Effects of FASN, SCD, SREBP1 and GH gene polymorphisms on fatty acid composition and carcass traits in Japanese Black cattle. / T. Matsushashi, S. Maruyama, Y. Uemoto et al.// *J. Anim. Sci.*– 2011. – №. 89.– P. 12–22.
197. Matsumoto, H. Leptin gene contributes to beef marbling standard, meat brightness, meat firmness, and beef fat standard of the Kumamoto sub-breed of Japanese brown cattle. / H. Matsumoto, S. Kimura, Y. Nagai et al. // *Anim. Sci. J.* – 2022.– №.93(1): e13698.
198. Melton, S.L. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-grain- and grain-finished steers. / S.L. Melton, M. Amiri, G.W. Davis // *J Anim Sci.* – 1982. – №. 55.– P. 77-87.
199. Morris, C.A. Genotypic Effects of Calpain 1 and Calpastatin on the Tenderness of Cooked M. Longissimus Dorsi Steaks from Jersey × Limousin, Angus and Hereford-Cross Cattle. / C.A. Morris, N.G. Cullen, S.M. Hickey et al.// *Anim. Genet.* – 2006. – №. 37.– P. 411–414.

200. Narukami, T. Effect of DNA polymorphisms related to fatty acid composition in adipose tissue of Holstein cattle. / T. Narukami, S. Sasazaki, K. Oyama // *Anim. Sci. J.* – 2011. – №. 82. – P. 406–411.
201. Ntambi, J.M. Stearoyl-CoA Desaturase Genes in Lipid Metabolism, 3rd ed.; Springer: New York, NY, USA, 2013.
202. Ohsaki, H. Effect of SCD and SREBP genotypes on fatty acid composition in adipose tissue of Japanese Black cattle herds. / H. Ohsaki, A. Tanaka, S. Hoashi et al. // *Anim. Sci. J.* – 2009. – №. 80. – P. 225–232.
203. Pannier, L. Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred *Bos taurus* cattle / L. Pannier et al. // *Meat science.* – 2010. – №. 3 (85). – P. 515-518.
204. Papaleo Mazzucco, J. Growth, carcass, and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and crossbreed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. / J. Papaleo Mazzucco, D.E. Goszczynski M.V. Ripoli et al. // *Meat Sci.* – 2016. – №. 114. – P. 121–129.
205. Pećina, M. Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein × Beef Breeds. / M. Pećina, M. Konjačić, N.K. Ugarković // *Agriculture.* – 2023. – №. 13. – P. 571.
206. Prihandini, PW, Hasinah H, Sari APZNL, Tribudi YA, Praharani L, Asmarasari SA, Handiwirawan E, Tiesnamurti B, Robba DK, Romjali E, Ibrahim A. Sumbawa cattle: a study of growth hormone (GH) gene variants and their association with biometric traits. *Braz J Biol.* – 2024. – №. 84: e282823.
207. Prihandini, PW, Sari APZNL, Tribudi YA, Robba DK, Wibowo TB. Polymorphisms of the Leptin gene in Jabres cattle. *IOP Conf. Ser: Earth Environ Sci.* - 2024. – P. 1341
208. Rivera-Prieto, A.R. Tenderness and marbling-related polymorphisms in beefmaster cattle. / A.R. Rivera-Prieto, D. Garza-Hernandez, A.A. Torres-Grimaldo et al. // *Asian J Anim Vet Adv.* – 2015. – №. 10(7). – P. 345–51.
209. Rudel, L.L. Compared with dietary monounsaturated and saturated fat, polyunsaturated fat protects African green monkeys from coronary artery athero-

sclerosis. / L.L. Rudel, J.S. Park, J.K. Sawyer et al.// *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*– 1995. – №. 15. – P. 2101-2110.

210. Schennink, A. Effect of polymorphisms in the FASN, OLR1, PPARGC1A, PRL and STAT5A genes on bovine milk-fat composition. / A. Schennink, H. Bovenhuis, K.M. Leon-Kloosterziel et al.// *Anim. Genet.* – 2009. – №. 40. – P. 909–916.

211. Sedykh, T.A. Effects of leptin gene polymorphism on beef cattle performance. / T.A. Sedykh, L.A. Kalashnikova, R.S. Gizatullin et al.// *Russ. Agric. Sci.*– 2020. – №. 46(6). – P.614–618.

212. Sedykh, T.A. The Influence of Growth Hormone Gene Polymorphism on Growth Rate of Young Cattle. / T.A. Sedykh, I.Y. Dolmatova, F.R. Valitov et al.// *Iranian Journal of Applied Animal Science.* – 2020. – №.10(3). – P. 445–451.

213. Sellick, G.S. Effect of myostatin F94L on carcass yield in cattle. / G.S. Sellick, W.S. Pitchford, C.A. Morris et al.// *Animal Genetics.* – 2007. – №. 38.– P. 440–6.

214. Sellier, P. Genetically caused retarded growth in animals. / P. Sellier//*Domest Anim Endocrinol.* – 2000. – №. 19(2). – P. 105-19.

215. Smith, S.B. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. / S.B. Smith, D.K. Lunt, K.Y. Chung et al.// *Anim Sci J.*– 2006.– №. 77.– P. 478-486.

216. Sycheva, I. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. / I. Sycheva, E. Latynina, A. Mamedov et al.// *Veterinary World.* – 2023.– №. 16(8).– P. 1647-1654.

217. Tait, RG Jr. μ -Calpain (CAPN1), calpastatin (CAST), and growth hormone receptor (GHR) genetic effects on Angus beef heifer performance traits and reproduction. / R.G. Jr Tait, R.A. Cushman, A.K. McNeel et al.// *Theriogenology.* – 2018. – №. 113.– P. 1-7.

218. Thomas, M.G. Associations of DNA polymorphisms in growth hormone and its transcriptional regulators with growth and carcass traits in two populations of Brangus bulls. / M.G.Thomas, R.M. Enns, K.L. Shirley// *Genetics and Molecular Research Online Journal.* – 2007. – №. 6(1). – P. 222–237.

219. Tian, W. Chromatin interaction responds to breast muscle development and intramuscular fat deposition between Chinese indigenous chicken and fast-growing broiler. / W. Tian, Z. Wang, D. Wang//Front. Cell Dev. Biol.– 2021. – №. 9(1):782268.
220. Uemoto, Y. Whole-genome association study for fatty acid composition of oleic acid in Japanese Black cattle. / Y.Uemoto, T. Abe, N. Tameoka et al.// Anim. Genet. – 2011. – №. 42. – P. 141–148
221. Van Dung, D. Genetic characterization of LEP and TG5 gene polymorphisms in crossbred beef cattle populations. / D. Van Dung, D.T. Huong, T.T.T. Tra et al.// J Adv Vet Anim Res. – 2024 Dec 27.– №.11(4). – P. 989-995.
222. Wang, L. Associations between UASMS2 polymorphism in leptin gene and growth, carcass and meat quality traits of cattle:A meta-analysis. / L. Wang, S.H.A. Raza, L. Gui et al.// J. Anim. Biotechnol. – 2022. – №. 33(2).– P. 279–288.
223. White, S.N. A New Single Nucleotide Polymorphism in CAPN1 Extends the Current Tenderness Marker Test to Include Cattle of Bos Indicus, Bos Taurus, and Crossbred Descent. / S.N. White, E. Casas, T.L. Wheeler et al.// J. Anim. Sci. – 2005. – №. 83. – P.2001–2008.
224. Williams, J. L. Estimation of breed and heterosis effects for growth and carcass traits in cattle using published crossbreeding studies. / J. L. Williams, I. Aguilar, R. Rekaya et al.// J. Anim. Sci. – 2010. – №. 88.– P. 460–466.
225. Yadav, T. Effect of bsaa I genotyped intronic SNP of leptin gene on production and reproduction traits in Indian dairy cattle. / T. Yadav, A. Magotra , Y.C. Bangar et al.// Anim. Biotechnol. – 2021. – №. 9. – P. 261–267.
226. Yuan, Z. Effects of DGAT1 gene on meat and car-cass fatness quality in Chinese commercial cattle / Z. Yuan, J. Li, J. Li et al.//Molecular Biology Reports. – 2013. – T. 40. – P. 1947-1954.
227. Yurchenko, A. Genome-wide genotyping uncovers genetic profiles and history of the Russian cattle breeds. / A. Yurchenko, N. Yudin, R. Aitnazarov et al.//Heredity (Edinb). – 2018. – №. 120(2). – P. 125-137.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Рисунок 1	Схема исследований	32
Рисунок 2	Наблюдаемая (Ho), ожидаемая (He) гетерозиготность и индекс фиксации	37
Рисунок 3	Гомозиготный генотип LL гена GH	38
Рисунок 4	Гетерозиготный генотип LV гена GH	39
Рисунок 5	Результаты ПЦР-РВ. Аллельное распределение по полиморфизму C282G генаCAST	41
Рисунок 6	Интенсивность характеристик жареного мяса по запаху	68
Рисунок 7	Интенсивность характеристик жареного мяса по консистенции	69
Рисунок 8	Интенсивность характеристик жареного мяса по вкусу	70
Рисунок 9	Гистологическая структура мышечной ткани подопытных бычков в зависимости от генотипа по гену CAST	71

Приложение А



Рисунок А – Подопытные бычки

Приложение Б**Рисунок Б – Взвешивание бычков**

Приложение В

Рисунок В – Маркировка туш и отбор проб длиннейшей мышцы спины

Приложение Г



Рисунок Г – Подготовка образцов для гистологического анализа

Приложение Д

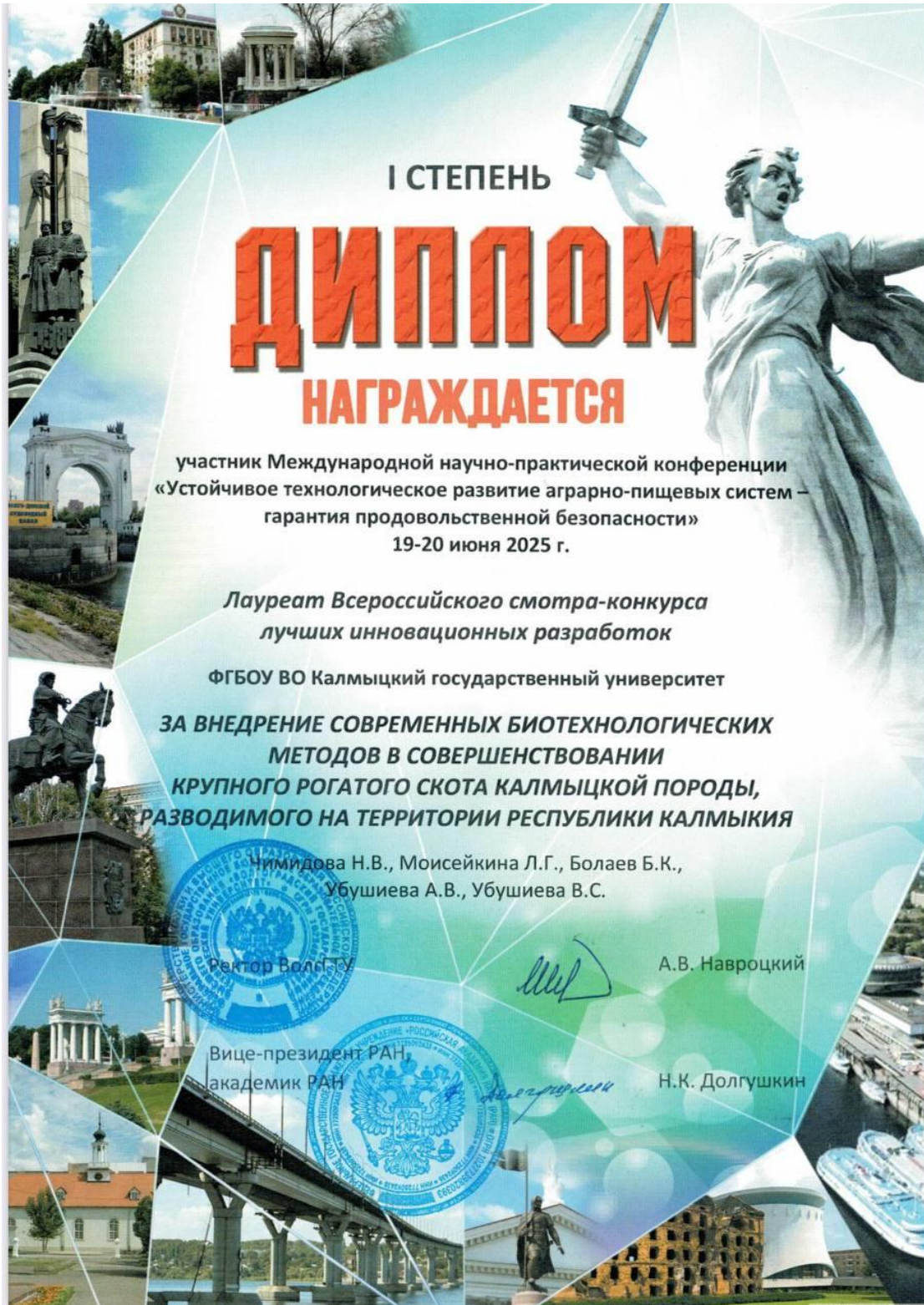


Рисунок Д – диплом лауреата Всероссийского смотра-конкурса лучших инновационных разработок

Приложение Е

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2025625469

Animal Genome & Phenotype Database (AGPD)

Правообладатель: **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КАЛМЫЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Б.Б.
ГОРДОВИКОВА" (RU)**

Авторы: **Чимидова Надежда Васильевна (RU), Хахлинов
Арсланг Иванович (RU), Убушиева Алтана Вадимовна (RU),
Убушиева Виктория Саналовна (RU), Бочкаева Занда
Владимировна (RU)**

Заявка № 2025625035

Дата поступления 11 ноября 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 25 ноября 2025 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Рисунок Е – Свидетельство о регистрации базы данных