

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук»

На правах рукописи



Сангаков Альбек Комарович

**Генетические и паратипические факторы формирования мясной
продуктивности у молодняка казахской белоголовой породы**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и
производство продукции животноводства

4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Научный руководитель:

доктор биологических наук

Н.П. Герасимов

Оренбург 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 Современное состояние селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой скота.....	9
1.2 Генетические факторы формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота.....	16
1.3 Паратипические факторы формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота.....	29
2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	49
3.1 Генетическая структура стада по генам GH и LEP.....	49
3.2 Условия кормления и содержания бычков.....	54
3.3 Влияние факторов генотип × среда на динамику весового роста бычков.....	61
3.4 Динамика гематологических показателей.....	65
3.5 Мясная продуктивность бычков.....	69
3.5.1 Убойные показатели.....	69
3.5.2 Морфологический состав полутуш.....	75
3.5.3 Химический состав мяса и энергетическая ценность мякоти.....	80
3.5.4 Жирнокислотный состав мяса.....	86
3.5.5 Аминокислотный состав мяса.....	90
3.5.6 Биоконверсия питательных веществ и энергии корма в мясную продукцию.....	95
3.6 Экономическая эффективность выращивания бычков.....	99
4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	102
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
6. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	111
7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Отечественные стада мясного скота располагают значительным генетическим потенциалом продуктивности, однако его реализация ограничивается суровыми климатическими условиями, неустойчивой кормовой базой и неотработанной технологией выращивания и содержания животных (Горлов И.Ф. и др., 2022; Цыдыпов С.С., Гармаев Д.Ц., 2022). В условиях интенсивно-пастбищной системы производства говядины, сезон рождения телят определяет структуру рационов и технологию содержания в конкретные этапы выращивания и откорма молодняка, реализацию генетического потенциала в критические периоды онтогенеза и рентабельность отрасли животноводства в целом (Криницина Т.П., 2021; Отаров А.И. и др., 2021; Фролов А.Н., Завьялов О.А., 2024). Использование элементов ресурсосберегающей технологии в мясном скотоводстве требует научно обоснованного подхода к организации случной кампании и отелов коров с учетом их влияния на эффективность выращивания приплода. Особенную актуальность данный вопрос приобретает для совершенствования технологии содержания казахской белоголовой породы скота из-за ее значительного распространения и разведения в различных агро-климатических зонах нашей страны (Хайнацкий В.Ю. и др., 2020). Разнообразие климатических условий требует, в первую очередь, коррекции технологии системы «корова-теленки» с учетом региональных особенностей для повышения эффективности производства говядины.

Различия в системах содержания на основных этапах производственного процесса являются основой для модификационной изменчивости показателей мясной продуктивности. Наследственная изменчивость хозяйственно-полезных признаков у мясного скота определяется множеством генов, ассоциируемым с ростом, развитием и обменом веществ животных (Kostusiak P. et al., 2024; Ibrayeva R. et al., 2025; Chimidova N. et al., 2026). Большая роль в осуществлении маркерной селекции крупного рогатого скота отводится полиморфизмам генов гормона роста (GH) и лептина (LEP) (Dushayeva L.Z. et

al., 2021; Sycheva I. et al., 2023; Pečiulaitienė N. et al., 2026). Ген LEP расположен на 4 хромосоме, участвует в энергетическом обмене животных и ассоциируется с усвоением и использованием энергии из питательных веществ корма. Ряд исследований отмечают влияние полиморфизма LEP гена на липидный обмен и особенности жиросотложения у крупного рогатого скота (Седых Т.А. и др., 2020б; Prihandini P.W. et al., 2025). Ген GH расположен на 19 хромосоме и является ключевым в соматотропной системе, ответственной за рост и развитие тканей, обмен веществ (Pećina M. et al., 2023).

Степень разработанности темы. Сильная зависимость формирования мясной продуктивности от факторов внешней среды выдвигает на первый план изучение вопроса взаимодействия генотип-среда. Оценка современного состояния исследований по повышению продуктивности мясного скота свидетельствует о том, что в большинстве своем они сосредоточены на изучении отдельных аспектов фенотипической изменчивости признаков, а именно генетических особенностей животных (Селионова М.И., Евстафьева Л.В., 2023; Горлов И.Ф. и др., 2023) или влияния паратипических условий (Насамбаев Е.Г. и др., 2020; Харламов А.В. и др., 2025). В то время как комплексного анализа взаимодействия этих компонентов проведено недостаточно для разработки целенаправленных стратегий селекции и управления стадами в мясном скотоводстве (Катков К.А. и др., 2024).

Таким образом, изучение взаимодействия сезона рождения и генотипа по генам GH и LEP при формировании мясной продуктивности позволит оптимизировать технологию производства говядины с учетом организации отелов в наиболее благоприятный период для реализации генетического потенциала молодняка казахской белоголовой породы.

Целью исследований, выполненных в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБНУ ФНИЦ БСТ РАН (2021-2025 гг. и 2026-2028 гг.) по программе ФНИ №121040100254-2 и №126022417862-7, являлось изучение взаимодействия генетических и паратипических факторов на формирование мясной продуктивности бычков для повышения

точности оценки и эффективного использования генофонда казахской белоголовой породы.

Задачи исследования:

1. Изучить генетическую структуру стада казахской белоголовой породы по генам GH и LEP, ассоциированных с мясной продуктивностью крупного рогатого скота;
2. Выявить особенности роста и развития бычков разных генотипов в зависимости от сезона рождения;
3. Провести анализ адаптационных качеств животных на основе исследования морфологического и биохимического составов крови;
4. Установить характер взаимодействия факторов сезона рождения и генотипа на формирование мясной продуктивности с учетом конверсии питательных веществ корма в мясную продукцию;
5. Оценить влияние генетических и технологических факторов на вариабельность показателей пищевой и биологической ценности говядины;
6. Определить экономическую эффективность выращивания бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона рождения.

Научная новизна. Впервые в условиях Южного Урала проведено комплексное исследование взаимодействия генетических (полиморфизмы генов GH и LEP) и паратипических (сезон рождения) факторов, определяющих формирование мясной продуктивности бычков казахской белоголовой породы. Установлены ассоциативные связи аллельных вариантов генов GH и LEP с количественными (живая масса, убойные показатели) и качественными (химический, жирнокислотный и аминокислотный составы мяса) характеристиками продуктивности в зависимости от сезона рождения. Получены новые знания по эффектам замены аллелей, а также наследственной и модификационной изменчивости убойных качеств, позволяющих повысить точность оценки продуктивного потенциала с использованием ДНК-маркеров.

Теоретическая значимость работы состоит в углублении знаний о модификационной и наследственной изменчивости хозяйственно-полезных

признаков животных, что расширяет теорию эколого-генетического взаимодействия при формировании мясной продуктивности крупного рогатого скота. Результаты исследований дополняют существующие знания о генетической дифференциации казахской белоголовой породы, ее биологических и продуктивных качествах, что можно использовать в образовательных программах по подготовке специалистов для отрасли мясного скотоводства.

Практическая значимость работы заключается в обосновании комплекса мер, направленных на рациональное использование породных ресурсов, путем организации туровых отелов в весенний период и генотипирования казахского белоголового скота по генам гормона роста и лептина. Выращивание молодняка весеннего сезона рождения позволяет сократить производственные затраты на 3,7 % и уменьшить себестоимость прироста на 6,9-9,5 % за счет более высокой продуктивности. Разведение перспективных генотипов казахской белоголовой породы позволяет дополнительно получать в расчете на 1 голову 9,2-14,6 кг мяса и повысить рентабельность производства говядины на 1,7-5,9 %. Результаты генетической оценки бычков использованы при разработке «Плана селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой крупного рогатого скота в Российской Федерации на период 2026-2030 гг.» (Оренбург, 2026).

Методология и методы исследований.

Для достижения поставленной цели и решения задач использовались стандартные молекулярно-генетические, физиологические, биохимические и зоотехнические методы исследования с использованием современного оборудования.

Полученные цифровые данные обработаны при помощи приложения Microsoft Excel из программного пакета «Office» и «STATISTICA 10.0».

Основные положения, выносимые на защиту:

- особенности роста и мясной продуктивности бычков казахской белоголовой породы разных генотипов;

- влияние технологии выращивания и сезона рождения телят на продуктивность и экономическую эффективность мясного скотоводства;
- оценка биоконверсии питательных веществ корма в мясную продукцию в зависимости от генетических и паратипических факторов.

Степень достоверности и апробация работы. Результаты проведённых исследований подтверждаются достоверностью исходных данных, репрезентативностью эмпирического материала, корректностью методик и точностью проведённых расчётов. Исследования выполнены методически правильно на достаточном поголовье бычков казахской белоголовой породы. При этом использованы современные методы и оборудование, апробированные методы анализа с использованием программного пакета STATISTICA 10.0. Выводы и рекомендации подтверждены проведённой статистической обработкой эмпирического материала и анализом экономической эффективности выращивания молодняка. Результаты проведённых исследований подтверждены актом внедрения.

Основные материалы диссертационной работы представлены и обсуждены на конференциях:

Основные материалы диссертационной работы представлены и обсуждены на конференциях: II Всероссийской молодежной научно-практической конференции "Наука будущего – наука молодых" (Оренбург, 2023); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы и инновации в животноводстве» (Оренбург, 2024); III Всероссийской молодежной научно-практической конференции "Наука будущего – наука молодых" (Оренбург, 2024); Международной научно-практической конференции «Зоотехния сегодня – приоритеты и перспективы развития» (Оренбург, 2025); Международной научно-практической конференции «Мясное животноводство: интеграция науки и производства» (Оренбург, 2025); Международной научно-практической конференции «Животноводство как драйвер устойчивости сельскохозяйственной отрасли» (Костанай, 2025).

Реализация результатов исследования. Результаты исследования внедрены и применяются в ООО «Агрофирма Калининская» Челябинской и ООО «Омеко-труд» Оренбургской областей.

Публикации материалов исследований. По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в т.ч. 5 статей – в периодических рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации.

Структура и объём диссертации. Работа изложена на 142 страницах компьютерного набора, состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, предложений производству и списка использованной литературы, включающего 258 литературных источника, из которых 142 на иностранном языке, содержит 28 таблиц и 9 рисунков.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современное состояние селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой скота

Мировой опыт лидеров в производстве мяса демонстрирует, что дальнейшее развитие специализированного мясного скотоводства – это эффективный способ увеличения объемов говядины. Следовательно, перед наукой и практикой стоит задача создания новых пород и типов скота, ориентированных на мясную продуктивность, которые отличаются интенсивным ростом, высокой продуктивностью и хорошо адаптированы к местным экологическим и экономическим условиям (Макаев Ш.А., Польских С.С., 2015).

В развитии мясного скотоводства России казахская белоголовая порода сыграла и продолжает играть ключевую роль, поэтому ее улучшение является важным условием успеха всей отрасли (Черкесов Д.Л., 2013).

Рациональная организация отрасли мясного скотоводства во многом связана с интенсивным использованием животных с высоким генетическим потенциалом продуктивности и своевременной выбраковкой неперспективных особей из стада ради экономии ресурсов (Джуламанов К.М. и др., 2022). В этой связи крайне востребованным направлением повышения конкурентоспособности производства говядины является внедрение инновационных технологий оценки, отбора и прогнозирования хозяйственной ценности мясного скота (Ruchay A et al., 2022). Так, по мнению Aigerim K Khamzina et al. (2025) успех современного сельского хозяйства во многом зависит от нашей способности разрабатывать методы создания новых пород и совершенствовать существующие типы скота в условиях меняющегося климата и растущего населения. Важную роль в этом процессе играет применение генетических маркеров, которые помогают формировать ключевые хозяйственно значимые признаки в различных экологических

условиях. Важным критерием применимости новых методов в племенном деле выступает возможность проведения селекционных мероприятий с наивысшей точностью на более ранних стадиях развития молодняка. Значительное ускорение темпов генетического совершенствования сельскохозяйственных животных способно обеспечить использование молекулярно-биологических маркеров (Амерханов Х.А. и др., 2023). Так, селекционно-племенная работа на основе данных о геноме и фенотипа позволяет повысить эффективность улучшения скота на 15-30 % по сравнению с отбором исключительно по продуктивным качествам (Столповский Ю.А. и др., 2020).

Хайнацкий В.Ю. и Каюмов Ф.Г. (2009) указывают, что казахская белоголовая порода обладает широким географическим распространением, охватывая разные почвенно-климатические и экономические регионы, что позволяет отнести её к межзональным породам. По своим хозяйственно-ценным и биологическим характеристикам эта порода проявляет значительную внутривидовую неоднородность. Гонтюрев В.А., Макаев Ш.А. (2014) отметили, что в процессе формирования породы в различных регионах использовались животные, отличавшиеся по племенным достоинствам, уровню метизации герефордами и степени поступления крови при дальнейшем селекционном улучшении.

Ключевым направлением селекционной работы для племенных хозяйств является интенсификация роста скота, что позволяет формировать стада с улучшенными продуктивными качествами (Макаев Ш.А., Польских С.С., 2015).

Успешная реализация любой программы по совершенствованию скота в значительной степени зависит от использования быков-улучшателей, отобранных на основе двухэтапной геномной оценки (Амерханов Х.А., Макаев Ш.А., 2013). При селекции мясного скота особое значение придается среднесуточному приросту живой массы в период тестирования. Этот показатель отличается высокой наследуемостью и тесно связан с

эффективностью использования корма, увеличением массы тела (Мирошников С., 2013; Макаев Ш.А., Мищенко Н.В., 2014).

По исследованиям Амерханова Х.А. и др. (2012) линейные производители характеризуются высоким ростом и выраженными мясными формами. Их высота в холке превышает 140 см. Они отличаются хорошо развитой грудью, широкой и мускулистой холкой, ровной верхней линией спины и развитым мускулистым задом. Быки характеризуются крепкой конституцией, активностью в случке, подвижностью и хорошей адаптацией к различным условиям окружающей среды (Мирошников С.А. и др., 2012).

Использование "быков-улучшателей" для племенного ядра позволило создать стада высокорослых животных с крепким телосложением, пропорциональными статями, хорошей молочной продуктивностью и интенсивным ростом, соответствующим целевым параметрам (Макаев Ш.А. и др., 2013).

Оценка по качеству потомства показывает, что быки-производители отличаются не только по средней живой массе потомства и ее приросту, но и по фенотипической изменчивости этих признаков, что свидетельствует о степени их влияния на потомство (Черкесов Д.Л., 2013).

В настоящее время, требуется создание зональных типов, что не только способно обновить генетический фонд, но и обеспечить регулярный обмен племенными животными, что ведет к сохранению единства и целостности породы в целом (Тюлебаев С.Д. и др., 2011; Лебедев С.В. и др., 2023).

Хайнацкий В.Ю. и Акимов С.С. (2021) полагают, что интенсивное развитие отрасли, снижение роли рационального использования природных пастбищ, широкое применение герефордских производителей в воспроизводстве и ограниченная связь с племенной базой Южного Урала ставят под вопрос дальнейшее развитие казахской белоголовой породы. Для сохранения породных качеств необходимо сформировать четкую генеалогическую структуру на основе заводских линий, выведенных из носителей казахской белоголовой породы, одновременно существенно

ограничив герефордское кровосмешение (Амерханов Х.А., Каюмов Ф.Г., 2009). В противном случае в ближайшие годы различия между этими породами сгладятся, что приведет к утрате уникальных адаптационных свойств казахской белоголовой породы, в частности, ее способности эффективно использовать пастбища сухой степи. Это чревато значительным снижением генетического разнообразия мясных пород в регионе. Ни менее продуктивная калмыцкая порода, ни герефордская, не адаптированная к суровым условиям степей, не смогут занять освободившуюся экологическую нишу, равно как и другие породные линии (Хайнацкий В.Ю., Каюмов Ф.Г., 2009).

Кочетков А. с соавторами (2008) считают, что рассмотрение импортных пород специализированного мясного скотоводства, несмотря на их завоз, не решит задач отрасли. Практика создания казахской белоголовой породы, а также опыт адаптации таких пород, как шортгорнская и абердин-ангусская, показывают необходимость осторожного подхода к введению европейских пород и их дальнейшему использованию в племенном деле и промышленном разведении. Увеличение генетического потенциала без должной организации производства кормов и обеспечения качественным рационом скота является неэффективным и может отрицательно сказаться на здоровье животных, снижая их репродуктивные способности (Паронян И.А., 2018). При этом нарушается генный баланс, что ухудшит приспособленность поголовья к природно-климатическим условиям разведения.

Интеграция новейших научных достижений в мясную промышленность позволяет эффективно решать стоящие перед ней задачи. Эта кооперация науки и производства служит положительным примером, поскольку позволяет находить решения для наиболее актуальных проблем отрасли. (Серков А.Ф. и др. 2018).

Для мясного скотоводства важным интегральным показателем продуктивности является живая масса. Её изменчивость в процессе роста и развития детерминирована как наследственными, так и паратипическими

факторами (Насамбаев Е.Г. и др., 2023). Причём наследование живой массы, как и других количественных признаков, происходит под действием множества генов. Так, по данным Белой Е.В. и др. (2022) отъёмная масса молодняка казахской белоголовой породы обусловлена влиянием 16 SNP высокой значимости, а среднесуточного прироста – 36 SNP. Кроме того, часть полиморфизмов оказывают положительный эффект на выраженность признака, другая часть – отрицательный. Большой массив данных, определяющих генетический потенциал мясной продуктивности крупного рогатого скота, существенно ограничивает внедрение понятной селекционной стратегии с помощью маркеров в практику племенной работы. В связи с этим необходим выбор наиболее значимых генов с гарантированным эффектом на рост и развитие мясного скота. Высоким потенциалом для прикладного использования в скотоводстве отличаются гены соматотропной оси, так как они ассоциированы с важнейшими обменными процессами организма животных (Седых Т.А. и др., 2020; Miroshnikov SA et al., 2021).

Молекулярно-генетические исследования пород крупного рогатого скота проводятся с использованием различных ДНК-маркеров, таких как ДНК-дактилоскопия, микросателлиты и SNP-маркеры (Коновалова Е.Н. и др., 2017). Эти маркеры отличаются высокой информативностью и широко применяются для оценки генетического разнообразия и структуры популяций. Однако наиболее часто исследования ограничиваются сравнительно небольшим числом маркеров, что затрудняет проведение полноценных анализов всего генома и получения полного представления о генетической архитектуре пород.

Эффективность ДНК-маркерной селекции ограничивается полигенным наследованием количественных признаков. Так, Белая Е.В. с коллегами (2023) при полногеномном исследовании бычков казахской белоголовой породы выявили 81 однонуклеотидный полиморфизм, детерминирующие величину среднесуточного прироста. Оценку и отбор молодняка с высоким генетическим потенциалом на основании данных такого количества

переменных не представляется возможным в практической племенной работе в мясном скотоводстве. Поэтому поиск наиболее значимых ассоциаций участков генома с продуктивностью имеет высокое прикладное значение. Связь весового роста казахского белоголового скота с полиморфизмами генов соматотропной оси обусловлена выполнением ими ключевой роли в координации белкового и энергетического обменов в постнатальном онтогенезе (Ulyanov VA et al., 2021).

Полиморфизм IGF-1 C472T у крупного рогатого скота связан с фенотипической изменчивостью весового роста и мясной продуктивности, что объясняет его широкое использование в MAS-селекции с мясными породами (Ardicli S et al., 2019). Бейшова И.С. (2018) представила данные о влиянии гена IGF-1 на живую массу коров и тёлочек казахской белоголовой породы, согласно которым носители ВВ-генотипа уступали сверстницам по величине массы тела во все возрастные периоды (12, 18 и 24 месяца).

Влияние полиморфизма GH L127V на динамику живой массы бычков казахской белоголовой породы отмечали в своей работе Селионова М.И. и Плахтюкова В.Р. (2020). Носители VV-генотипа значительно превосходили по массивности сверстников в 8- и 12-месячном возрасте. По данным ассоциативного анализа, проведённым Горловым И.Ф. с коллегами (2023), V-аллель гена гормона роста является предпочтительной для русской комолой, казахской белоголовой и калмыцкой пород.

Использование полиморфизма GHR F279Y для отбора мясного скота с высоким генетическим потенциалом продуктивности обусловлено заметными различиями по величине живой массы у носителей разных генотипов. Об этом свидетельствует работа Nametov AM с коллегами (2022), проведённая на бычках казахской белоголовой породы. Результаты показали убедительное превосходство YY-генотипа по живой массе в 18 и 24 месяца на 7,12-7,37 % относительно FF-сверстников, что позволило выделить Y-аллель в качестве желательной для породы. Однако контрольное выращивание абердин-ангусских бычков под наблюдением Dushayeva LZ с соавторами (2021) не

выявило значительных различий по весовому росту между носителями гомозиготных генотипов, которые варьировали в пределах 1,4-1,7 %.

Что касается структуры популяции, в рамках исследования казахской белоголовой породы крупного рогатого скота, выполненного Terletsky V.P. с коллегами (2019), использовался метод ДНК-дактилоскопии с использованием ДНК-зондов. В ходе анализа было выявлено, что наибольшим генетическим сходством обладают особи аулиекольской породы (коэффициент схожести $BS = 0,64$), затем идут алатауские животные ($BS = 0,54$), в то время как казахская белоголовая порода показала меньшую степень сходства ($BS = 0,51$). Генетическая дистанция между казахской белоголовой и аулиекольской породами оказалась минимальной ($D = 0,025$), что указывает на их родственное происхождение. В то же время, алатауская порода демонстрировала наиболее значительную генетическую дистанцию относительно обеих других групп ($D = 0,055$ и $D = 0,060$ соответственно). Анализ гетерозиготности показал, что у казахской белоголовой породы она превышает показатели аулиекольской, что свидетельствует о более высокой генетической изменчивости этой породы ($H = 0,54$ против $0,38$) (Khamzina A K et al., 2024).

Дополнительные исследования, включавшие анализ 12 микросателлитных локусов, подтвердили близкое родство казахской белоголовой породы с герефордской, что связано с использованием быков этой породы при формировании казахской породы (Shamshidin A.S. et al., 2019; Abdelmanova A.S. et al., 2021). Полногеномное генотипирование, включающее около 154 тысяч SNP-маркеров, также подтверждает эту связь, образуя совместные генетические кластеры в рамках как анализа главных компонент (PCA), так и структурных и филогенетических методов (Yurchenko A.A. et al., 2018; Юдин и Ларкин, 2019; Бейшова и др., 2022а). В то же время, казахская белоголовая порода демонстрирует высокий уровень генетического разнообразия, сохраняя значительную долю генетического наследия, связанного с турано-монгольским генетическим компонентом, вероятно,

происходящим от местных казахских и калмыцких пород (Khamzina A K et al., 2024).

Изучение специфических генов, связанных с продуктивностью, показало, что у казахской белоголовой породы селекционное воздействие проявляется на ген FKBP2, связанный с увеличением молочной продуктивности и содержанием молочного белка. В то время как у калмыцкой породы основные селекционные изменения затрагивают области гена HMGA2, отвечающего за рост крупного рогатого скота, а также гена TRPV5, связанного с гипокальциемией и послеродовым парезом (Yurchenko A.A. et al., 2018). Кроме того, у калмыцкая порода, как и другие российские породы, отмечается селекция на ген RAD52, важный для репарации ДНК и защиты от вирусных инфекций (Yudin N.S., Larkin D.M., 2019).

Исследования по ассоциации генотипов с признаками продуктивности выявили, что животные казахской белоголовой породы, гомозиготные по локусу CAPN1 (аллель CC) и GH (аллель VV), показывают более высокие показатели по таким признакам, как молочная продуктивность, среднесуточный прирост живой массы, предубойные показатели массы, а также качество мяса и его гистологические характеристики (Plakhtukova V. et al., 2020). У калмыцких животных обнаружены генетические маркеры, такие как антигены групп крови A1, A2, D', W, V и Z, которые потенциально могут использоваться в селекционных программах для выбора и разведения (Khamzina A K et al., 2024).

1.2 Генетические факторы формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота

Дифференциация пород и типов крупного рогатого скота обеспечивалась организованной селекцией, направленной на повышение продуктивности животных, в том числе связанных с производством говядины (Горлов И.Ф., 2022; Yuan Z. et al., 2013). Животноводы-селекционеры отдавали

предпочтение высокой скорости роста мышечной массы при отборе скота, чтобы удовлетворить непрерывно возрастающий спрос потребителей на высококачественное мясо (Сафронова А.А. и др., 2022; Albertí P. et al., 2008). Мясо представляет собой скелетную мускулатуру, состоящую в основном из мышечных волокон, в меньшей степени соединительной и жировой ткани, а также незначительного количества эпителиальной и нервной ткани, которые определяют количественные и качественные свойства продукта (Silva-Vignato V. et al., 2017). Фундаментальным механизмом, лежащим в основе роста скота, является накопление мышечной и жировой ткани (Gomes R. et al, 2013).

Мышечная ткань является основным компонентом тела сельскохозяйственных животных и составляет около 50 % его массы (Li R. et al., 2020). Будучи самой крупной тканью, она служит важнейшим биологически активным комплексом организма млекопитающих. Формирование клеток скелетной мускулатуры представляет собой сложный биологический процесс, который определяется экспрессией множества генов и сигнальных путей (Колпаков В. И., 2020; Сизова Е. А., Лутковская Я. В., 2023; Ayuso M. et al., 2016; Chen M. et al., 2021; Tang S. et al., 2019; Wang D. et al., 2021). Влияние естественного (Jiang Y. et al., 2021a; Jiang Y. et al., 2021b) и искусственного отбора (Bieniek-Kobuszewska M. et al., 2016; Bosse M. et al., 2018) в процессе селекции предопределило значительные генетические и фенотипические особенности в структуре и организации мышечной ткани между различными породами и производственными типами животных (Джуламанов К. М. и др., 2021; Yang Y. et al., 2021).

Скелетная мускулатура состоит из гетерогенных мышечных волокон, характеризующиеся структурными и функциональными особенностями, которые определяют свойства мышц (Miao W. et al., 2021) и тесно связаны с формированием качества мяса (Jiang A. et al., 2021; Guo X. et al., 2020; Jaiswal N. et al., 2019). Так, чем больше количество волокон и меньше их диаметр на единицу площади мышечного пучка, тем более нежное мясо получают при убое скота (Zheng Y. et al., 2018). Кроме того, количество мышечных волокон

обуславливает различия в весовом росте молодняка в период постнатального онтогенеза (Tian Z. et al., 2021).

Рост скелетных мышц у крупного рогатого скота проходит в две стадии (пренатальную и постнатальную) и в основном регулируется развитием миобластов – клеток-предшественников миоцитов (Shahjahan M., 2015). Решающую роль в процессе формирования скелетных мышц играет период внутриутробного развития организма, поскольку после рождения чистого увеличения количества мышечных волокон не происходит. У плода развитие мышечной ткани происходит вследствие дифференциации мезенхимных стволовых клеток посредством миогенеза, адипогенеза и фиброгенеза [Du M. et al., 2010; Лыков А. П. 2023). Скелетные мышцы у крупного рогатого скота созревают во время поздней беременности примерно в 210 дней (Du M. et al., 2010). В течение пренатальной стадии рост скелетной мышцы осуществляется за счет пролиферации и увеличения количества (гиперплазии) клеток, а также формирования миотрубок, на этапе постнатального онтогенеза отмечается укрупнение размеров (гипертрофия) уже сформированных волокон (Sandoval C. et al., 2020). Вклад гиперплазии в рост мышц ограничивается пренатальным периодом или ограниченным временем после рождения (Costa T. C. et al., 2021), в то время как гипертрофия миотрубок является основным фактором, определяющим рост мышечной массы (White R. B. et al., 2010). Тем не менее все вышеперечисленные этапы миогенеза являются ключевыми для роста и развития скелетных мышц и напрямую определяют биологический потенциал мясной продуктивности животных (Mohammadabadi M. et al., 2021).

Сложно организованная генная сеть регулирует качественные показатели мяса и характеристики туши (Ponsuksili S. et al., 2013). Выявление молекулярной регуляции и механизмов, лежащих в основе роста и развития скелетной мускулатуры и формирования мышечных волокон, будет способствовать повышению эффективности производства в мясном животноводстве и удовлетворения спроса покупателей на мясные продукты высшего качества (Silva-Vignato B. et al., 2017; Picard B., 2010).

Разработка методов секвенирования генома и многие ранее выявленные молекулярные маркеры открывают новые возможности для селекции животных, включая использование молекулярной информации в программах селекции (Huang C.-W. et al., 2015). Одна из самых распространённых вариаций ДНК у млекопитающих — это однонуклеотидные полиморфизмы (SNPs): они бивалентны, широко распространены и легко обнаруживаются. Несмотря на то, что признаки мясной продуктивности являются результатом полигенного наследования, важно использовать генетические маркеры на основе SNP для получения животных с лучшим генетическим потенциалом. Мясной скот с улучшенными генетическими характеристиками отличается предпочтительным составом туши, качественными и органолептическими свойствами мяса. Хотя качество мяса зависит от генотипа животного, оно также подвержено влиянию факторов окружающей среды — кормления, условий содержания и т.п. Обеспечение соответствующих условий для животных с высоким генетическим потенциалом может повлиять на качество мяса и продуктивность. Животные с выдающимся генетическим потенциалом характеризуются высокой эффективностью биоконверсии питательных веществ корма в продукцию (Meuwissen T. et al., 2016). Это очень актуально для стран с высоким уровнем молочной продуктивности и большим количеством телят, которых можно использовать для откорма (Ardicli S. et al., 2019). Многие исследования направлены на оценку влияния SNPs на качество говядины; некоторые из них характеризуются широким спектром биологических путей (Zalewska M. et al., 2021). Наиболее изученными генами являются: стеароил-КоА-десатуразы (SCD), лептина (LEP), тироглобулина (TG), диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (DGAT1) и транскрипционного фактора, связывающего регуляторные элементы стерола (SREBF1). SCD — один из основных липогенных ферментов, участвующих в синтезе жирных кислот в адипоцитах млекопитающих и участвующий в преобразовании насыщенных жирных кислот в ненасыщенные. Таким образом, жирнокислотный состав липидов мяса зависит от действия SCD (Barton L. et

al., 2016; Taniguchi, M. et al., 2004). Основная функция лептина – регуляция усвоения и использования энергии из питательных веществ корма (Gill J.L. et al., 2009). TG регулирует обмен липидов и отложение жира, а также участвует в развитии жировых клеток (Shin S.; Chung E., 2006). DGAT1 участвует в путях синтеза триглицеридов и катализирует последний этап их синтеза – превращение диацилглицерола в жирные кислоты (Yuan Z. et al., 2013). SREBF1 – важный транскрипционный активатор для нескольких генов липидного обмена (Barton L. et al., 2010). Вопросы внедрения селекции с помощью маркеров (MAS-селекция) подробно описаны Zalewska M. et al. (2021). Потребителями говядины востребованы питательная ценность (Vahmani P. et al., 2015), а также заинтересованы в хороших органолептических характеристиках. Потенциал роста и состава туши у молочного скота обычно хуже по сравнению с комбинированными и мясными породами (Albertí P. et al., 2008; Clarke A.M. et al., 2009; Clarke A.M. et al., 2009). Среди множества ассоциативных исследований, посвященных оценке влияния полиморфизмов генов на качество говядины, наиболее изученными являются гены: SCD, LEP, TG, DGAT1 и SREBF1. Эти гены играют ключевую роль в различных метаболических путях, регулирующих синтез жирных кислот, энергетический и липидный обмен, оказывая значительное влияние на характеристики качества мяса.

Полиморфизмы, влияющие на состав туши, её качество и органолептические свойства, в большинстве случаев изучены у скороспелого мясного скота или, в качестве альтернативы, у скота комбинированного направления продуктивности, а также у различных помесей между ними (Carvalho T.D.d. et al., 2012; Liu H. et al., 2010; Nkrumah, J. et al., 2004.). Nkrumah, J. et al. установили, что животные ангусской и герефордской пород, в целом имели более высокую массу туши и мраморность мяса по сравнению с лимузинской или шаролеизской породами. Такие расхождения в изучаемых стадах могут создавать дополнительные сложности при интерпретации ассоциаций выбранных полиморфизмов с признаками (Nkrumah, J. et al., 2004).

Технология микрочипов при генотипировании является полезным инструментом для сравнительного изучения различий в экспрессии генов и определения степени их вовлеченности в фенотипические характеристики мышц (Moreno-Sánchez N. et al., 2008). После обнаружения интересующих генов следующей важной задачей геномики становится изучение функций этих генов и определение их взаимодействия для осуществления конкретных биологических процессов (Stuart J. M., 2003). У крупного рогатого скота проведено профилирование генов, связанных с формированием мышечной ткани, на основе платформ микрочипов экспрессии генов, которое на сегодняшний день представляют собой наиболее полный набор данных по молекулярно-генетической организации мышц (Reverter A. et al., 2006b; Hudson N. J. et al., 2009).

Анализом транскриптомных данных выявлены 1839 генов, вовлеченных в процессы гипертрофии и созревания скелетной мускулатуры у крупного рогатого скота. В общей сложности 68 биологических путей связаны с миогенезом, среди которых ключевое значение в гипертрофии мышц имеют процессы, ассоциируемые с развитием жировой ткани, дифференцировка миобластов и регуляция дифференцировки мышечных клеток. Участие узловых генов в биологических процессах и путях является необходимым условием для нормального миогенеза, сопровождающегося образованием многоядерных миофибрилл (Mohammadinejad F. et al., 2022). Гены, связанные с характеристиками и развитием мышц, распределены по многим хромосомам, а соответствующие QTL выявлены на 2, 3, 4, 6, 20 и 29 хромосомах крупного рогатого скота (Bordbar F. et al., 2019; McClure M. C., et al., 2010; Nishimura S. et al., 2012; Setoguchi K. et al., 2009; Takasuga A. et al., 2007; Lindholm-Perry A. K. et al., 2011).

Основным компонентом мышечного волокна является белок миозин, который состоит из двух тяжелых цепей (MyHC) и двух легких цепей (MLC), кодируемые разными генами (Schiaffino S. et al., 2015). Среди них 11 подтипов тяжелой цепи миозина кодируются шестью генами MYH, а пять основных

подтипов легкой цепи регулируется четырьмя генами MYL (Schiaffino S., Reggiani C., 2011). Причем эти гены высококонсервативны в ходе эволюции.

Важнейшую роль в процессах созревания и дифференцировки мышечных волокон играют миогенные регуляторные факторы (MRF) (Баркова О. Ю., 2022). Активация этих факторов, включая MyoD (MYF3), MyoG (MYF4-миогенин), MYF5, MRF4 (MYF6), стимулирует экспрессию тяжелой цепи миозина (MyHC), чрезвычайно важного белка для формирования миотрубок. Изоформы гена MyHC (например, MYH1, MYH2, MYH3 и MYH4) могут использоваться для характеристики типов мышечных волокон в скелетной мускулатуре, а также в качестве маркеров слияния, предоставляя ключевую информацию о дифференцировке в миогенезе (Schiaffino S., 2018). Так, MYH1 и MYH4 обычно экспрессируются в быстрых мышечных волокнах (Honda M. et al., 2017), в то время как MYH3 преимущественно в медленных мышечных волокнах (Glaser J. et al., 2018). Ген MYH1 кодирует быстрый тип волокон MyHC IIX, из которых состоят быстрые гликолитические мышцы, рассчитанные на короткие периоды интенсивной работы, связанной с анаэробным метаболизмом (Moreno-Sánchez N. et al., 2010). Экспрессия генов, ассоциируемых с быстрыми гликолитическими волокнами, положительно коррелирует с экспрессией генов гликолитических ферментов (в частности гены CKM, FBP2, ENO3, PGMM3, PGM1, PYGM), что свидетельствует о координации метаболических и структурных генов на биохимическом и транскриптомном уровне (Moreno-Sánchez N. et al., 2008).

По данным Yang C с коллегами (Yang C. et al., 2023) гены MYH6, MYH7 и небулин (NEB) имеют значительное влияние на процессы, связанные с миогенезом и формированием качества мяса у крупного рогатого скота, в том числе с площадью и диаметром миофибрилл, нежностью говядины. Гены MYH6 и MYH7 кодируют две субъединицы тяжелой цепи миозина (MyHC I), высокий уровень экспрессии которого приводит к менее эффективному гликолизу и меньшему накоплению молочной кислоты в мышечных волокнах (Scheffler T. L. et al., 2018; Bao G. et al., 2021). Особенности накопления лактата

в мышечной ткани сказываются на уровне pH говядины после убоя, что определяет цвет, нежность и сроки хранения мяса (Wicks J. et al., 2019).

Ген MYL4 кодирует легкую цепь щелочного миозина, экспрессируемую, в основном, в мышцах эмбрионов и предсердиях взрослых животных. Белок, кодируемый геном MYL4, является неотъемлемой частью миозинового комплекса, участвуя в росте мышечной ткани, а его продукт обладает свойством связываться с ионами кальция (Hu Z. et al., 2021). Высокий уровень экспрессии гена MYL4 отмечается в эмбриональной стадии развития и во время регенерации мышц (Zhong Y. et al., 2019). Кроме того, в исследовании Dong S с коллегами (Dong S. et al., 2023) доказано влияние полиморфных участков в специфической регуляторной области на степени экспрессии гена легкой цепи миозина 4 в длиннейшей мышце спины. При этом разные генетические группы животных различались по среднему количеству волокон в мышце и их площади поперечного сечения.

Ген MYL6 был выделен в области пятой аутосомы крупного рогатого скота (BTA5), который также участвует в регуляции развития мышц у всех млекопитающих. В этом же регионе BTA5 идентифицированы гены STAC3 и MYO1A, ассоциируемые с формированием и ростом скелетной мускулатуры (Zhang Y. et al., 2014b). Moravčíková N с коллегами (Moravčíková N. et al., 2019) считают, что участки хромосом BTA5 совместно с BTA2 и BTA8 находятся под сильным селекционным давлением у мясного скота, где локализованы 56 генов и локусов количественных признаков, связанных массой туши, выходом туши, живой массой, размеров мышц, интенсивности жираотложения и частотой рождения двоен.

Анализ биологических путей 36 общих дифференциально экспрессированных генов для разных видов сельскохозяйственных животных позволил определить узловые гены PPARGC1A, MYOD1, EPAS1, IGF2, CXCR4 и APOA1, участвующих в регуляции развития мышечных волокон [40].

Ген коактиватор 1-альфа пероксисомного пролифератора-активируемого рецептора гамма (PPARGC1A) является необходимым фактором контроля развития скелетных мышц, адаптации к физическим нагрузкам, транскрипционного контроля генов, отвечающих за ангиогенез, окисление жирных кислот, окислительное фосфорилирование, биогенез митохондрий, состав мышечных волокон и переход к медленно сокращающемуся типу мышц (Eivers S. S. et al., 2012; Ruas J. L. et al., 2012; Kotelnikova E. et al., 2012). Ген PPARGC1A необходим для правильной миогенной дифференцировки клеток, выступая в качестве медиатора биогенеза митохондрий в формирующихся миотрубках (Sin J. et al., 2016).

Дифференцировка миобластов регулируется множеством факторов, которые позволяют этому процессу пройти через слияние миобластов в многоядерные миотрубки до начала образования мышечных волокон (Langlois S., Cowan K.N., 2017). Миогенные регуляторные факторы, такие как миогенная дифференцировка 1 (MYOD1), экспрессируются пренатально в пролиферирующих миобластах, активированных сателлитных клетках и миоцитах (Yagi M. et al., 2021). Активность основного транскрипционного регулятора миогенеза MYOD1 совместно с MYF5 необходима для роста, гипертрофии и регенерации скелетных мышц. Он также способствует транскрипции ингибитора циклинзависимой киназы p21 и миогенина MyoG (MYF4), что позволяет остановить пролиферацию дифференцированных миоцитов (Pajalunga D., Crescenzi M., 2021; Wu M. et al., 2015). Регуляция дифференцировки мышечных клеток является ключевым фактором, определяющим скорость и степень развития скелетных мышц.

Узловой ген EPAS 1 кодирует индуцируемый фактор гипоксии 2A (HIF2A), который играет важную роль в способности тканей адаптироваться к изменению уровня кислорода (Majmundar A. J. et al., 2010). Он также регулирует сигнальный путь инсулина, оказывающего влияние на метаболизм, рост, репродуктивные способности и старение организма. Кроме того, HIF2A влияет на типы мышечных волокон и вместе с белком HIF1A контролирует

гликолитический и окислительный метаболизм скелетной мускулатуры (Badin P. M. et al., 2016). Белок HIF2A является мощным регулятором процессов, жизненно важных для развития скелетных мышц, прямо или косвенно контролирует процессы пролиферации и дифференцировки, самообновления клеток-сателлитов и метаболизма глюкозы.

Инсулиноподобный фактор роста 2 (IGF2) является узловым геном и связан с регуляцией постнатального роста скелетных мышц и внутренних органов (Younis S. et al., 2018). Кроме того, ген IGF2 является аутокринным фактором, который инициирует дифференцировку миобластов и поддерживает формирование мышечных волокон, способствуя слиянию моноклеотидных клеток-предшественников в многоядерные зрелые клетки (Antoniou A. et al., 2014; Duan C. et al., 2010; Zanou N., Gailly P., 2013). Анаболические эффекты IGF1 и IGF2 на скелетные мышцы тесно связаны и определяются одним и тем же рецептором IGF1R.

Узловой ген аполипопротеина A1 (APOA1) участвует в транспорте холестерина и липидов, регуляции метаболизма, биогенезе и метаболизме митохондрий (Van der Vorst EPC, 2020). В отсутствие инсулина ген APOA1 увеличивает поглощение глюкозы клетками скелетных мышц, что приводит к улучшению толерантности к глюкозе (Fritzen A. M. et al., 2020). Более того, ген APOA1 был предложен в качестве молекулярного маркера отложения внутримышечного жира в образцах длиннейшей мышцы спины у крупного рогатого скота с высокой степенью мраморности (Chen D. et al., 2019).

В области первой хромосомы на BTA1 локализован ген MYLK (киназа легкой цепи миозина), который играет важную роль в развитии мышц. Zheng L с коллегами (2019) отнесли его к генам-кандидатам для признаков, связанных с ростом, и предложили использовать в программах маркер-ориентированной селекции в мясном скотоводстве. Также на BTA1 был идентифицирован ген SST (ген соматостатина), который аналогично гену MYLK связан с интенсивностью роста мышечной ткани у крупного рогатого скота. В этом же регионе был обнаружен ген ADIPOQ (ген адипонектина),

ассоциируемый с мраморностью, площадью мышечного глазка и толщиной жира-полива (Zhang Y. et al., 2014b).

Геномные ассоциативные исследования Bordbar F с коллегами (2020) идентифицировали перспективный ген-кандидат миотрофина (MTPN), который связан с массой мышечной ткани, усиливает дифференцировку и гипертрофию миобластов и подавляет пролиферацию мышечных клеток у крупного рогатого скота. Hayashi T с коллегами (2001) сообщили, что MTPN совместно с IGF-1 оказывает решающее воздействие на диаметр миотрубок и гипертрофию скелетных мышц. Полученные данные свидетельствуют о том, что ген MTPN является ключевым регулятором роста и развития мускулатуры крупного рогатого скота.

У британских мясных пород скота (абердин-ангусской и герефордской) на хромосоме 13 было идентифицировано 82 гена, основную часть из которых составляло семейство генов липополисахарид-связывающего белка LBP (изоформы BPIFA2A, BPIFA2C, BPIFA2B, BPIFA3, BPIFA1, BPIFB1 и BPIFB5), играющих важную роль при формировании внутримышечного профиля (Berton M. P. et al., 2016). Аналогичный регион был идентифицирован Sorbolini S с коллегами (Sorbolini S. et al., 2015) в геноме пьемонтского и маркиджанского скота, который содержал несколько QTL, связанных с выходом туши.

Помимо мышечных волокон скелетная мускулатура состоит из жировых клеток, соединительной ткани, внеклеточного матрикса, а также различных других типов клеток, включая клетки-сателлиты, иммунные клетки и кровеносные сосуды (Chen D. et al., 2019; Park S. et al., 2018). Общее содержание липидов (жирных кислот) в мышцах крупного рогатого скота составляет 1-4%, которые в основном находятся в триацилглицериновой форме и фосфолипидов (Pe'cina M. et al., 2023). Поэтому для лучшего понимания формирования скелетной мускулатуры важно определить механизмы, ответственные как за миогенез (образования мышечных клеток),

так и за адипогенеза (образования жировых клеток) (Martínez Del Pino L. et al 2020).

Адипогенез включает в себя превращение мезенхимальных стволовых клеток в преадипоциты, детерминацию и пролиферацию преадипоцитов, а также их дифференциацию и превращение в зрелые адипоциты (Pećina M., Ivanković A., 2021). Начало формирования подкожных и межмышечных адипоцитов происходит не ранее стадии отъема молодняка мясного скота, а наиболее интенсивное жиросотложение в этих локациях происходит на этапе откорма (Du M. et al., 2013).

Содержание внутримышечного жира и состав жирных кислот являются наиболее важными факторами, определяющими пищевую ценность и органолептическую характеристику говядины, что обусловило высокий интерес ученых в поиске генов-маркеров, детерминирующих эти признаки. Экспрессия генов в жировых депо служит доказательством наличия генетического аспекта изменчивости сельскохозяйственных животных по интенсивности накопления жира. На самом деле это сложный биохимический процесс, в котором задействовано множество генов (Clark D. L. et al., 2011; Zalewska M. et al., 2021).

Ген DGAT1 идентифицирован на 14 хромосоме крупного рогатого скота (BTA14) и кодирует микросомальный фермент диацилглицерол ацилтрансферазу 1 (Тарасова Е. И. и др., 2024). Биологическая функция этого белка заключается в переработке диацилглицерол и ацетил-КоА жирных кислот в качестве субстратов для катализа конечного этапа синтеза триглицеридов (Khan M. Z. et al., 2021). Исследования показали, что ген DGAT1 значительно ассоциирован с особенностями жиросотложения у мясного скота, такими как толщина подкожной жировой клетчатки и мраморность говядины (Pannier L. et al., 2010).

Ген TG кодирует гликопротеиновый гормон щитовидной железы тиреоглобулин, который служит субстратом для синтеза тиреоидных гормонов трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4). Тиреоглобулин играет

важную роль в регуляции обмена веществ и влияет на рост и дифференцировку адипоцитов (Zhang L. et al., 2015). Полиморфизмы гена TG ассоциированы с развитием жира-полива и содержанием внутримышечного жира у мясного скота (Dubey P. K. et al., 2014; Kaczor U. et al., 2017).

Ген SCD кодирует фермент стеароил-КоА десатуразу, отвечающий за превращение и регуляцию процесса десатурации насыщенных жирных кислот в моновенасыщенные в тканях млекопитающих (Ntambi J. M., 2022). Wang Z с коллегами (Wang Z. et al., 2019) отмечали значительное влияние полиморфизмов в гене SCD на жирнокислотный состав говядины и температуру плавления жира. Ген расположен на хромосоме 26 и состоит из 6 экзонов и 5 интронов (Амерханов Х.А. и др., 2023; Alim MA et al., 2012).

Исследование связанное с геном LEP, проведенное Papaleo Mazzucco J et al. (2016), не выявило связи описанного генотипа с показателями роста, клеточностью адипоцитов, качеством мяса и профилем жирных кислот у бычков в зависимости от рациона. Анализ, проведенный на чистокровных абердин-ангусских, бельгийских Голубых, светлых аквитанских, шароле, фризских, герефордских, лимузенских, салерских и симментальских породах крупного рогатого скота, не выявил корреляции определения для четырех SNP (UASMS1, UASMS2, SNP внутри экзона 2, первоначально описанный Gan QF et al. (2008), и SNP в экзоне 3, описанный Anwar S et al. (2017), в отношении генотипов при рассмотрении признака внутримышечного жира (Buchanan FC et al., 2002; Nkrumah JD et al., 2004; Shin SC et al., 2007; Urtnowski P et al., 2011; Curi RA et al., 2011).

Бычий гормон роста и рецептор бычьего гормона роста GH взаимодействует с рецептором гормона роста (GHR) и, таким образом, влияет на рост и метаболизм. Изменения в функциональной области гена GHR могут изменять пути связывания и передачи сигналов GH, а следовательно, и активность GH в тканях (Stasio LD et al., 2005). GH и GHR связаны с потерей веса, массой тела и MBS. Исследования, проведенные на GH1: с.457C>G, показали, что этот SNP в значительной степени связан с содержанием жира в

крестце, площадью глазных мышц и весом туши, но только на уровне тенденции. Животные, имеющие гомозиготный генотип CC, имели более высокую толщину жира (Barendse W et al., 2006). Более того, GHR SNP может влиять на качественные характеристики мяса (Gill JL et al., 2009).

Stasio LD et al. (2005) проанализировали SNP (A257G) в цитоплазматическом домене гена GHR (замена аргинина на глицин). Важные функции FABP4 включают поглощение, транспорт и метаболизм жиров (Ahima RS, Flier JS, 2000). Более того, было показано, что генотипы FABP4 могут влиять на MBS и глубину подкожно-жировой клетчатки у животных мясных пород (Michal JJ et al., 2006).

Выявление взаимосвязей между генами и структурой скелетной мускулатуры имеет решающее значение для понимания закономерностей развития животных и их мясной продуктивности. Представления о молекулярных основах формирования мякоти туши позволят разработать генетические маркеры для селекции и могут быть использованы в программах по совершенствованию мясных пород скота.

1.3 Паратипические факторы формирования мясной продуктивности крупного рогатого скота

Н. П. Чирвинский (1883) утверждал, что влияние особенностей паратипических факторов на рост, развитие и мясную продуктивность крупного скота имеют ключевую роль в постнатальном онтогенезе организма. Ж.Б. Ламарк в своей работе (1911) сообщал, что именно при благоприятном воздействии внешней среды раскрывается в полной мере, обусловленный наследственностью, генетический потенциал. Изучение действия данных аспектов позволило в будущем получать лучших особей, несмотря на изменение зональности. Так как, человек с помощью новейших технологии способен воссоздать, либо отрегулировать необходимые условия для

целостного формирования сельскохозяйственных животных (О.С. Чеченихина, Н. К. Казакова, 2023).

К.М. Джуламанов, Н.П. Герасимов (2020) установили, что развитие продуктивных качеств мясного скота основывается на тесной связи между генотипом и внешними факторами, что проявляется в генетической и паратипической изменчивости признаков. Следовательно, у человека есть возможность повысить эффективность животноводства, влияя как на генетический потенциал животных, так и на условия их содержания.

В одних условиях одни генотипы демонстрируют более высокий уровень продуктивности, а в других — уступают по показателям другим генотипам, и наоборот. Индивидуальное развитие животных напрямую связано с взаимодействием генотипа и среды. Только при создании для организма с определенной наследственной основой благоприятных условий окружающей среды можно добиться получения скота желаемого типа, поскольку наследуется не конкретный признак, а норма реакции на паратипические факторы, которая определяется генами (Ю.В. Вдовиченко и др. 2017).

На данный момент существует множество исследований по влиянию различных обстоятельств на фенотип. Так М.М. Карпеня (2014) в своей научной работе выявил закономерность влияния размера площади пола на среднесуточный прирост и в целом на поведение скота. Шошина Ю.В. (2022) утверждала, что не только увеличение размера стойловых сооружений влияет на рост и развитие, но и возраст отъема телят. В момент, после отлучения бычков от матерей в их организме происходит столкновение двух явлений противоположной направленности, у него возникает сильный стресс, в последствии может отрицательно повлиять на развитие животного.

Несомненно, следует отметить, что среди всех факторов, непосредственно влияющих на рост, развитие и продуктивность животных, ключевую роль играет кормление. В то же время, в большинстве хозяйств до сих пор недостаточно уделяется внимание правильному применению технологических методов полноценного кормления и эффективному

использованию кормов собственного производства. По нашему мнению, для раскрытия полного потенциала продуктивности племенных быков необходимо обеспечить полное удовлетворение их потребностей в питательных веществах и энергии на всех этапах постнатального онтогенеза. В связи с этим при разработке рационов для молодняка важно учитывать возрастные особенности их роста и развития. Структура и состав рациона не только влияют на показатели в течение жизни животного, но и могут значительно сказаться на качественных характеристиках говядины.

По мнению Belenkaya AE (2018), эффективность производства и репродуктивные показатели животных во многом зависят от организации системы питания. Недостаточное питание ведет к снижению массы тела, ухудшению общего состояния здоровья и уменьшению репродуктивной активности. Ведь одним из самых важных элементов для роста и развития крупного рогатого скота является – тип кормления.

Иргашев Т.А., Шамсов Э.С. (2022) утверждали, что для поддержания здоровья и увеличения биомассы важно соблюдать оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов. Именно сбалансированный корм способен дать целостность формирования для молодняка крупного рогатого скота.

Также к идентичному выводу пришли ученые Сеитов М.С. и Левицкая Т.Т. (2021) – полноценное питание бычков оказывает влияние на обменные процессы в организме, что проявляется в концентрации сывороточных белков, этот показатель имеет положительную корреляцию с уровнем продуктивности. В связи с этим для полного раскрытия генетического потенциала животных необходимо обеспечить полноценное кормление и благоприятные условия содержания.

Романенко Л.В. и др. (2015) установили, что недостаточное содержание сахара в рационе может привести к снижению уровня глюкозы в крови, который в последствии ведет к ухудшению эффективности усвоения энергии из кормов, которые состоят из объемистых кормов среднего качества и комбикормов с низким содержанием сырого протеина. Также наблюдается

снижение общего белка и каротина в сыворотке крови, что обусловлено дефицитом этих веществ в их кормовых рационах.

Кормление сеном и зелеными кормами способствует более быстрому развитию рубцового пищеварения и формированию в желудке необходимой микрофлоры.

В исследованиях Б.Л. Герасимова (1985), В.Ф. Красота (1976), С.Г. Леушина (1977) указывают, что сбалансированное питание телят в раннем возрасте способствует активному развитию тела в ширину и глубину, что положительно влияет на их общую массу, конструктивные и экстерьерные особенности.

Результаты исследования Газеева И.Р. и др. (2025) показали, что методы содержания и кормления бычков в период их выращивания и откорма оказывают значительное влияние на их развитие и ростовые показатели. При наличии достаточных пастбищных площадей, когда молодняк в подсосный период пасется совместно с матерями, а в финальной стадии откорма применяется свободный выгул, формируются более высоконогие животные с ярко выраженными признаками перерослости. В то же время у них менее развиты ширина и глубина грудной клетки, а тазобедренная область туловища менее выражена.

На сегодняшний день, для правильного построения системы кормления крупного рогатого скота, зачастую не принимают во внимание влияние внешних факторов окружающей среды на физиологическое состояние животных, а также не предусматривают адаптацию минеральных рационов в соответствии с изменяющимися условиями, такими как температурные колебания и другие внешние воздействия. В результате возникает недостаток определённых химических элементов, которые необходимы для поддержания оптимального функционирования организма и повышения его устойчивости в условиях неблагоприятных экологических факторов (А.Н. Фролов, О.А. Завьялов 2024).

Ляшук А.Р. (2019), Федорова А.О. (2021) отметили, что, для увеличения поедаемости корма, необходимо учитывать и термонеutralность, при воздействии высоких и низких температур окружающей среды изменяются потребности организма животного в минеральных веществах. Так, снижение потребления корма коровами на поздних сроках беременности при воздействии высоких температур приводит к изменению элементного статуса не только самих коров, но и их новорождённых телят (Белобороденко А.М., 2013; Турейко К.А., 2022).

По данным Сериковой З.Х., Улимбашева М.Б. (2016) использование «холодного» метода выращивания оказывает значительное положительное влияние на ключевые показатели экстерьерных данных животных, на морфологический и биохимический состав крови, а также на клеточные и гуморальные механизмы защиты организма. Животные, выращенные в условиях «холодного» метода – под навесами, – демонстрируют более высокую живую массу и более гармонично развитые статические параметры тела по сравнению с аналогами, содержащимися в телятнике. Эти особи обладают телосложением, характерным для скота мясного направления, и отличаются более выраженными мясными формами. В дополнение к этому, у молодняка, выращенного по «холодной» технологии, обменные процессы протекают значительно эффективнее, что способствует улучшению общего состояния организма и повышению продуктивных качеств.

Подводя итог, по мнениям многочисленных ученых, можно отметить, что при разведении крупного рогатого скота важно учитывать их термонеutralность. Такой подход способствует созданию оптимальных условий для благополучия животных и способствует их развитию и совершенствованию.

Учитывая влияние различных паратипических факторов, влияющих на хозяйственно-полезные и продуктивные качества скота, в современном мире необходимо также рассмотреть вопрос о влиянии сезона рождения на телят и их дальнейшее развитие и хозяйственную ценность. Так, Харламовым А.В. и

др. (2015) подчеркивается влияние сезона рождения на показатели воспроизводства, продуктивности и экономической эффективности в мясном скотоводстве. Авторы утверждают, что телята, рожденные в зимне-весенний период, отличаются более высоким приростом живой массы и убойным выходом, что приводит к увеличению рентабельности производства говядины.

По данным Кринициной Т.П. (2017) динамика среднесуточного прироста живой массы бычков показывает значительные колебания в зависимости от возрастных этапов. Наименьшие показатели фиксировались у молодняка, рожденного в летние месяцы, за исключением периода от рождения до восьми месяцев. В то же время, наиболее выраженные приросты наблюдались у бычков в возрасте от восьми до двенадцати месяцев, что говорит о высокой эффективности системы кормления в период дорастивания после отъема. Такой подход позволил сгладить стрессовые реакции, связанные с процессом отлучения, однако тенденция к более низким приростам у летних рожденных животных сохранялась и в последующих возрастных группах, подтверждая устойчивость этого явления.

Инербаев Б.О. и др. (2023) полагают, что в условиях Сибири, животные родившиеся с января по апрель дают больший прирост по живой массе. Однако, по их мнению, сезон рождения достоверно не влияет на развитие крупного рогатого скота и его достижения оптимальной живой массы.

Явнов М.В. (2024) утверждает, что сфере мясного скотоводства, при организации туровых отёлов в зимний сезон, для сухостепных территорий Южного Урала рекомендуется расширить период пастбищного использования до 11 месяцев. Такой метод позволяет сохранить высокие показатели качества и продуктивности животных, одновременно снижая общие производственные расходы. В результате внедрения данной практики достигается значительный рост прибыли и улучшение уровня рентабельности, что делает её особенно привлекательной с экономической точки зрения и способствует более устойчивому развитию отрасли.

Садыков М.М. и др. (2023) определяли влияние сезона рождения и технологии кормления «корова-теленки». Исследование показало, что наибольшая масса при рождении, прирост по живой массе и убойному выходу была у особей зимнего периода рождения.

Организация целенаправленного выращивания ремонтного молодняка является ключевым аспектом при разведении высокопродуктивных животных. Так, в работах Мартыновой А.Ю. и др. (2019), Лузиковой А.Д. (2019) проводились исследования влияния сезона рождения на показатели роста и развития телочек. Установлено, что сезон рождения оказывает значительное воздействие на темпы их роста: наиболее быстрый прирост наблюдался у телочек, рожденных зимой, которые достигли необходимой для первого осеменения живой массы к 15 месяцам. Второе место по скорости набора веса заняли телки, рожденные весной, однако они достигли массы первого осеменения лишь к 21 месяцу.

Напротив, Зазнобина Т.В., Ефимова Л.В. (2024) выявили, что с момента отъема до 18-ти месячного возраста, лучшими показателями абсолютного, среднесуточного и относительного приростов относительно своих сверстниц, были у телок осеннего периода рождения. Авторами, с помощью дисперсионного анализа, подтверждено достоверное влияние сезона рождения на живую массу телок.

В опыте Игнатьевой Н.Л. и др. (2023) выявлено, что особи, родившиеся в осенний и зимний период, разнились высоким уровнем роста и развития. Животные, родившиеся зимой и весной характеризовались наибольшей живой массой при рождении. Разница, обусловленная в отличии по фенотипу, относится к основам развития организма, воздействуя на него с помощью: типа кормления, матери и паратипических факторов (Сизова Е. А., Лутковская Я. В., 2023).

Несмотря на то, что большинство исследований подтверждают влияние сезона рождения на рост и развитие молодняка КРС, необходимо учитывать, что этот эффект может быть опосредован рядом сложных и взаимосвязанных

факторов, охватывающих как физиологические особенности матери, так и внешние условия среды. Более глубокий анализ этих факторов позволяет понять механизмы влияния сезона и разработать эффективные стратегии управления производством (Вдовиченко Ю.В. и др., 2017).

Так, по данным (Ключникова Н.Ф. и др., 2021) сезон отела влияет на гормональный фон матери, что впоследствии напрямую влияет на внутриутробное развитие теленка. Например, сезонные колебания светового дня влияют на выработку мелатонина у коров. Мелатонин играет ключевую роль в регуляции репродуктивной функции, иммунитета и энергетического обмена. Изменения в уровне мелатонина у беременной коровы могут оказывать прямое воздействие на развитие плода, влияя на его гормональный фон и метаболизм. Исследования показывают, что высокий уровень мелатонина в зимний период может способствовать увеличению запасов бурого жира у телят, что обеспечивает им лучшую терморегуляцию после рождения (Ковалева Г.П. и др., 2022).

Синтез витамина D в коже коров зависит от интенсивности солнечного излучения. Дефицит витамина D у беременной коровы, особенно в зимний период, может приводить к нарушению минерализации костей у телят, снижению их жизнеспособности и повышенной восприимчивости к заболеваниям (Лесникова Д. С., 2014).

Стрессовые факторы, связанные с изменением погодных условий или недостатком кормов, могут приводить к увеличению уровня глюкокортикоидов у беременной коровы. Хроническое воздействие глюкокортикоидов на плод может негативно влиять на его развитие, приводя к нарушениям в работе иммунной системы и метаболическому программированию (Макарцев Н. А., 2019; Ахмадов, В. Т., 2025).

Дефицит микро- и макроэлементов, а также витаминов, может оказывать негативное влияние на развитие плода. Например, недостаток йода может приводить к развитию зоба у телят, а дефицит селена - к беломышечной болезни. Важно обеспечить коров-матерей специализированными

минеральными добавками и витаминными премиксами, особенно в зимний период (Карпенко А.Ф. и др., 2021; Разумовский Н. П., 2025).

Передача антител от матери к теленку через молозиво играет ключевую роль в формировании иммунитета новорожденного. На качество молозива может влиять сезон рождения, особенно в зимний период, когда у коров может наблюдаться дефицит витаминов и микроэлементов. Важно обеспечить коровам полноценное питание в сухостойный период, чтобы повысить качество молозива и обеспечить телят надежной защитой от инфекций (Богомолова О.А., 2017; Турейко К.А., 2022).

В определенные периоды года повышается риск развития респираторных и желудочно-кишечных заболеваний у телят. Например, в зимний период часто встречаются пневмонии, вызванные переохлаждением и повышенной концентрацией аммиака в воздухе. В летний период возрастает риск развития диареи, вызванной бактериями и вирусами. Важно разработать и внедрить эффективные программы профилактики заболеваний, учитывающие сезонные особенности (Великанов В.И. и др., 2020; Маслова Н.А. и др., 2024).

Противоречивые данные о влиянии сезона рождения на молодняк КРС могут быть связаны с различиями в генетике животных, системах содержания и кормления, а также с региональными особенностями климата и доступности кормов (Неверова О.П. и др., 2019). Важно проводить исследования, учитывающие эти факторы, и адаптировать стратегии управления производством к конкретным условиям. В частности, в регионах с суровым климатом (например, Сибирь), генетическая адаптация животных к местным условиям и улучшенные системы содержания и кормления могут нивелировать негативное влияние зимнего периода рождения (Инербаев Б.О. и др., 2023).

Условия внешней среды оказывают определяющее влияние на формирование мясной продуктивности крупного рогатого скота (КРС), в частности, на качественные характеристики говядины. Доказано, что степень мраморности, то есть наличие и равномерность распределения жировых

отложений внутри и между мышечными волокнами, является важнейшим показателем, определяющим вкусовые качества, нежность и сочность мяса (Текеев М.-А.Э., Биджиева А.А. 2020). Дополнительно, исследования показывают, что межмышечный жир влияет на органолептические свойства говядины, улучшая ее текстуру и аромат (Тищенко П.И. и др., 2024). Более того, неравномерное распределение жира может привести к ухудшению текстуры и снижению потребительской ценности продукта. К примеру, резкие колебания температуры в период откорма могут спровоцировать стресс у животных, что, в свою очередь, негативно скажется на формировании мраморности мяса (Шляхтунов В.И. и др., 2018).

Сафина О.Г. и Смирнова Е.С. (2025) подчеркивают высокую наследственную устойчивость мясных пород КРС, что предоставляет возможность эффективного улучшения мясной продуктивности через селекцию и скрещивание. В отличие от молочных пород, где селекция направлена на увеличение объемов надоев, мясные породы характеризуются ускоренным ростом и созреванием (Головань В.Т. и др., 2020). Эта скороспелость не только сокращает период откорма и уменьшает затраты на содержание, но и позволяет быстрее окупить инвестиции в животноводство. Продукция мясных пород выделяется высокими вкусовыми и потребительскими качествами говядины (Колпаков В. И., 2020). На практике ключевыми признаками, свойственными мясным породам, являются повышенная устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям, эффективность использования корма для наращивания мышечной массы и превосходное развитие мускулатуры в ценных частях туши, таких как поясничная и тазобедренная области. Однако, даже самый высокий генетический потенциал не может быть реализован в полной мере, если животные подвергаются постоянному стрессу, связанному с неоптимальными условиями содержания. В частности, высокая плотность посадки может привести к снижению потребления корма, увеличению агрессии и, как следствие, к замедлению роста (Сафина О.Г., Смирнова Е.С., 2025).

Интересно отметить исследования, посвященные влиянию методов содержания на мясную продуктивность. По данным Хармамова А.В. и Фролова А.Н. (2025), тип содержания оказывает существенное влияние на терморегуляцию и, как следствие, на энергозатраты организма. В частности, ими было показано, что для бычков казахской белоголовой породы применение комплексной трехэтапной системы содержания, сочетающей различные методы выращивания на разных этапах жизни животного, позволило оптимизировать рост и мясную отдачу (Насамбаев Е.Г. и др., 2023). Этот подход, по-видимому, позволяет адаптировать животных к меняющимся условиям внешней среды и максимально использовать их генетический потенциал. Необходимо отметить, что эффективность систем содержания также зависит от породы, возраста животных и доступности кормов (Сеитов М.С., Левицкая Т.Т., 2021). Разные породы КРС имеют разную устойчивость к жаре или холоду. Например, некоторые породы зебувидного скота более устойчивы к высоким температурам, чем европейские породы. Поэтому выбор системы содержания должен учитывать породные особенности и климатические условия региона (добавить ссылку).

Важно учитывать динамику развития мясной продуктивности молодняка. Прохоров И.П. и др. (2014), а также Шляхтунов В.И. и др. (2018) обнаружили интересную особенность: к шестимесячному возрасту содержание жира в длиннейшей мышце спины у бычков может снижаться по сравнению с уровнем, наблюдаемым при рождении. Этот феномен, вероятно, отражает приоритетное направление энергетических ресурсов организма на интенсивный рост скелета и мускулатуры в критический период развития (Баркова О. Ю., 2022). Молодняк в этом возрасте испытывает повышенную потребность в энергии и питательных веществах для формирования мышечной ткани, что может приводить к мобилизации жировых резервов. Этот период требует особого внимания к сбалансированности рациона и условий содержания, чтобы обеспечить оптимальное развитие и избежать негативного влияния на будущую мясную продуктивность (Селионова М.И.,

Плахтюкова В.Р., 2020). Также важно учитывать, что иммунная система молодняка еще не полностью сформирована, что делает их более восприимчивыми к болезням. Плохие санитарные условия в помещении могут привести к вспышкам заболеваний и, как следствие, к снижению продуктивности (Серкова З.Х., Улимбашев М.Б., 2016).

В заключение, формирование мясной продуктивности у молодняка казахской белоголовой породы является сложным и многофакторным процессом, в котором генетические факторы тесно переплетаются с влияниями внешней среды (Шендаков А.И. и др., 2013). Для достижения высоких показателей производства говядины необходимо внедрение комплексного подхода, включающего современные методы селекции, оптимизацию условий содержания и кормления. Однако, для полной реализации генетического потенциала и достижения устойчивых результатов, необходимо учитывать региональные особенности, проводить мониторинг состояния животных и адаптировать технологии выращивания к конкретным условиям (Амерханов Х.А. и др. 2019). Стоит отметить, что оптимизация паратипических факторов может значительно повысить рентабельность производства говядины. Снижение затрат на ветеринарное обслуживание, повышение эффективности использования корма и увеличение выхода высококачественного мяса – все это напрямую влияет на прибыль фермера (Шошина Ю.В., 2022). Улучшение здоровья и общего состояния животных – ключевой фактор устойчивого развития животноводства и производства высококачественной говядины, отвечающей требованиям современных потребителей.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-хозяйственный опыт проведен в условиях ООО "Омеко-труд" Новоорского района Оренбургской области на бычках казахской белоголовой породы. Схема исследования приведена на рисунке 1.

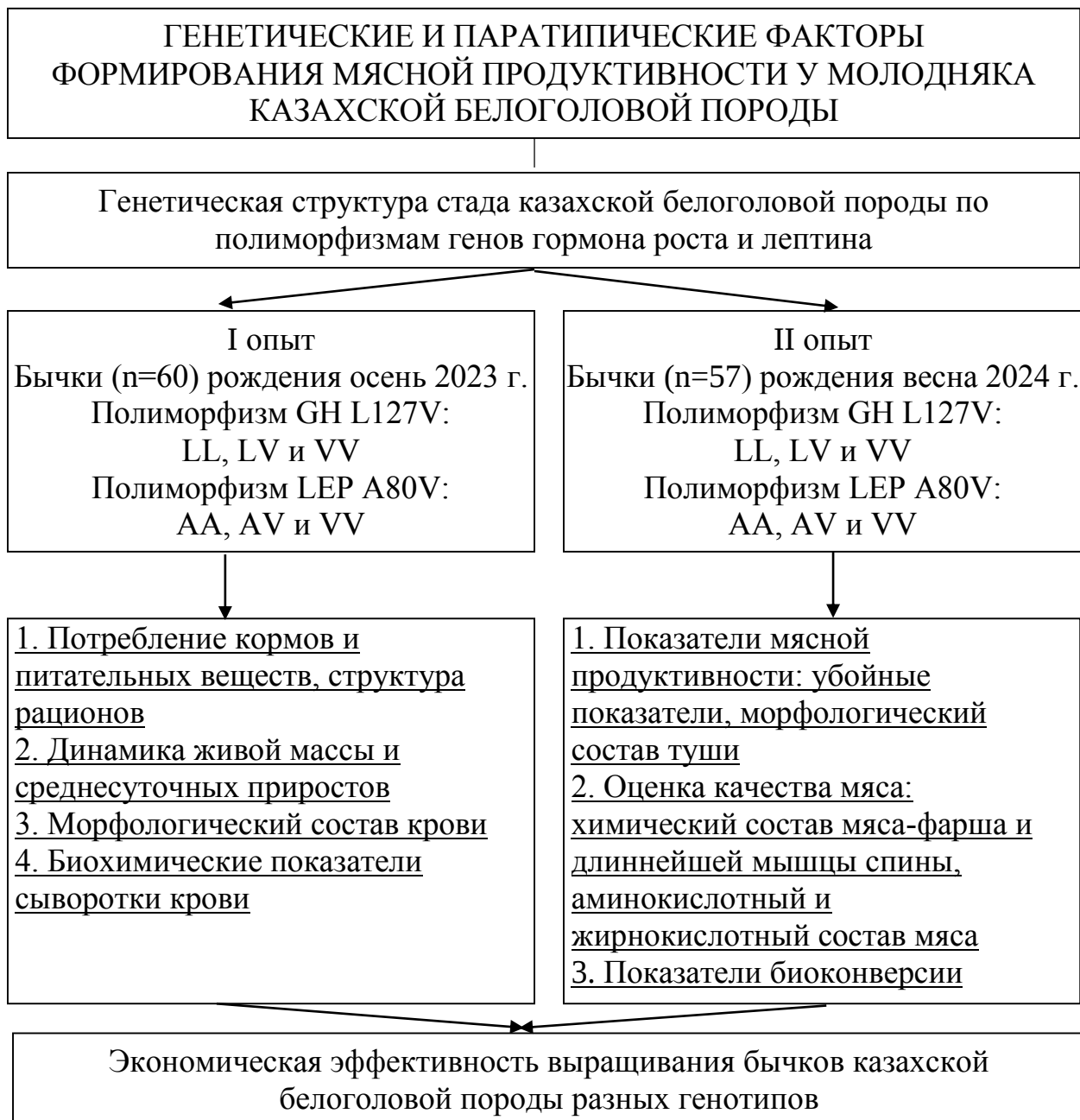


Рисунок 1. Схема исследования.

Влияние генотипа и технологии выращивания на формирование мясной продуктивности бычков изучались в двух последовательно организованных научно-хозяйственных опытах. I опыт – бычки-носители (n=60) генотипов LL, LV и VV по полиморфизму гена гормона роста (GH L127V), а также AA, AV

и VV по полиморфизму гена лептина (LEP A80V), полученных от отелов осеннего сезона (октябрь-ноябрь). Подсосный период телят проходил при зимнем стойловом содержании, отъем проводили в апреле-мае, а выращивание с 8- до 15-месячного возраста – на откормочной площадке, оборудованной помещением легкого типа.

Во II опыте использовали молодняк (n=57) аналогов по генотипу предыдущего исследования, полученных от отелов весеннего сезона рождения (март-апрель), подсосный период по технологии летнего пастбищного содержания, отъем в октябре-ноябре и выращивание с 8 до 15 месяцев в условиях откормочной площадки по технологии зимнего содержания.

Условия содержания и кормления. До отъема (в возрасте 7–8 месяцев) бычки находились на подсосе под матерями-кормилицами.

В первом опыте после отъема (апрель–май) молодняк переводили на откормочную площадку, где содержали в одном гурту. Рационы кормления были сбалансированы согласно детализированным нормам (Калашников А.П. и др., 2003) и рассчитаны на получение среднесуточных приростов живой массы на уровне 1000 г. В летний период основу рациона составляла зеленая масса; для обеспечения запланированной интенсивности роста дополнительно скармливали концентрированные корма (ячмень+пшеница+жмых подсолнечный (пропорция 50:30:20)) из расчета 1,0-1,2 кг на 100 кг живой массы. С наступлением осенне-зимнего периода (с октября) в структуру рациона вводили сено и сенаж, при этом уровень дачи кормов корректировали с учетом возраста и живой массы животных для поддержания запланированного прироста.

Во втором опыте после отъема (октябрь-ноябрь) все поголовье содержали в зимний период по технологии мясного скотоводства. Содержание беспривязное, на глубокой несменяемой подстилке, со свободным выходом на выгульно-кормовые дворы. Рационы кормления были нормированными, рассчитанными на получение среднесуточного прироста 1000 г, и включали сено естественных угодий, сенаж люцерновый и концентрированные корма.

Норму концентратов также устанавливали из расчета 1,0-1,2 кг на 100 кг живой массы. Раздачу кормов осуществляли кормораздатчиком-смесителем «Хозяин» в виде монокорма, что обеспечивало равномерное распределение питательных веществ по всей массе рациона.

Для учета расхода кормов 1 раз в месяц проводилось контрольное кормление. Учитывались заданные корма и их остатки. Поедаемость пастбищного корма вычислялась методом обратного пересчета. Химический анализ кормосмеси проводился ежемесячно, определялось содержание в нем сухого вещества, путем высушивания образцов (500 г) в сушильном шкафу при 105°C (ГОСТ 31640-2012), органического - озолением высушенного образца при 550°C, сырого протеина (ГОСТ 32044.1.2012), сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016). Химический состав используемых кормов определялся в ЦКП ФНЦ БСТ РАН <http://цкп-бст.пф> по общепринятым методикам зоотехнического анализа.

Генотипирование. Генотипирование проводили в 7-8 месячном возрасте при отъеме молодняка от коров-матерей, на основе чего сформированы подопытные группы молодняка: носители генотипов GH^{LL} , GH^{LV} и GH^{VV} , а также животные с генотипами LEP^{AA} , LEP^{AV} , LEP^{VV} . Выделение ДНК для генотипирования по полиморфизмам $GH\ L127V$ и $LEP\ A80V$ осуществляли из цельной крови, с использованием набора «DIAtomtmDNAPrep» (IsoGeneLab, Москва). Генотипирование проводили методом ПЦР-ПДРФ с применением наборов Gene Pak PCR Core (IsoGeneLab, Москва) на программируемом термоциклере «Терцик» (ДНК-технология, Россия) с использованием праймеров (НПФ «Литех»): $GH\ L127V$ – (F: 5' - gct-gct-cct-gagcct-tcg -3' и R: 5' - gcg-gcg-gca-ctt-cat-gac-cct -3'), $LEP\ A80V$ – (F: 5' - caa-gca-gga-att-agg-gag-tca-tgg-3' и R: 5' - ctg-gtg-agg-atc-agt-tcg-tag-gtc-3').

Условия проведения ПЦР для полиморфизма $GH\ L127V$: «горячий старт» – 5 мин при +95 °C; 35 циклов: денатурация – 45 с при +94°C, отжиг – 45 с при +65°C, синтез – 45 с при +72 °C; достройка – 7 мин при +72 °C;

для полиморфизма *LEP* (*A80V*): «горячий старт» – 5 мин при +95 °C; 30 циклов: +94 °C, 30 с – денатурация; отжиг праймеров – 40 с при температуре +62 °C; синтез ДНК – +72 °C, 40 с; достройка – при +72 °C, 7 мин.

Для рестрикции амплифицированных участков генов использовали эндонуклеазы: *GH* – *AluI*, *LEP* – *PspEI*. Расщепление продуктов проводили при 37°C, генотипы идентифицировали методом гель-электрофорез с визуализацией под УФ-светом. Определение длины фрагментов проводили с помощью маркера молекулярных масс GenePakR DNA Ladder M 50 (IsoGene Lab, Москва). Идентификация продуктов для гена гормона роста: *GH^{VV}* – 223 п.н.; *GH^{LV}* – 223, 171, 52 п.н.; *GH^{LL}* – 171, 52 п.н.; *LEP^{AA}* – 424 п.н.; *LEP^{AV}* – 424, 398 и 26 п.н.; *LEP^{VV}* – 398 и 26 п.н.

Живую бычков массу определяли путем ежемесячного контрольного взвешивания в одну и ту же дату до утреннего кормления, по результатам рассчитывался среднесуточный и абсолютный приросты.

Для контроля за физиологическим состоянием и здоровьем подопытных животных проводили определение гематологических показателей крови в возрасте отъема (7-8 мес.). Пробы крови отбирали от 4 голов из каждой генотипической группы по каждому изучаемому гену (*GH L127V* и *LEP A80V*). Такая выборка обеспечивала репрезентативность данных для сравнительной оценки физиологического статуса бычков разных генотипов в зависимости от сезона рождения.

Отбор проб крови у бычков проводился утром до кормления и поения из яремной вены, для морфологических исследований – в вакуумные пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА), для биохимических – с активатором коагуляции (диоксид кремния – *SiO₂*). Морфологические показатели крови определялись с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводился на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих

биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Исследования выполнялись на оборудовании ЦКП ФНЦ БСТ РАН (<http://цкп-бст.рф>)

Мясная продуктивность бычков изучалась в возрасте 15 мес по результатам контрольного убоя по методике ВАСХНИЛ (1990) в соответствии с ГОСТ Р 54315-2011 «Крупный рогатый скот для убоя. Говядина и телятина в тушах, полутушах и четвертинах». Животных для убоя отбирали, исходя из их генотипа по изучаемым генам GH и LEP с расчетом получения групп не менее 3 голов каждого генотипа. Общее поголовье для контроля мясной продуктивности составило 9 гол. в каждом опыте. Матрица совместного распределения генотипов по полиморфизмам GH L127V и LEP A80V у бычков, отобранных для изучения мясной продуктивности, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Распределение бычков по комплексу генотипов по генам GH и LEP

Генотип по гену GH	Генотип по гену LEP			Всего
	AA	AV	VV	
LL	2	2	2	6
LV	3	3	-	6
VV	1	1	4	6
Итого	6	6	6	18

Разделку и обвалку туш проводили в соответствии с ГОСТ 31797-2012 «Мясо. Разделка говядины на отрубы». Убойные качества животных характеризовались следующими данными: предубойная масса, масса парной туши, масса внутреннего жира-сырца, убойный выход, выход туши. Морфологический состав туши устанавливали путем обвалки охлажденной в течении 24 часов до +2-4⁰С полутуши. Обвалка туши производилась по естественно-анатомическим частям: I – шейная, II –плечелопаточная, III – спино-реберная, IV – поясничная, V – тазобедренная. На основании обвалки анатомических частей полутуши определялось абсолютное и относительное содержание мякотной части, костей и сухожилий, а также индекс мясности (выход мякоти на 1 кг костей).

Химический состав определялся в мясе-фарше из средней пробы (400 г) мякотной части полутуши и в пробе (200 г) длиннейшей мышцы спины. При этом определялась: влага, сухое вещество, жир, белок, зола. Для характеристики биологической ценности мяса в длиннейшей мышце спины определялось: количество неполноценных белков по оксипролину методом Неймана и Логана в модификации Е. Вербицкого и Ф. Детериджа и полноценных белков по триптофану, который определялся методом К. Грехема и др. в модификации Е. Вербицкого и Ф. Детериджа, влагоемкость определялась методом Грау в модификации Воловинской.

Жирнокислотный состав мышечной ткани определяли на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристал 5000.2» (ГОСТ 31663-2012). Аминокислотный состав мяса определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105 М» (ГОСТ Р 55569-2013).

Биоконверсию питательных веществ и энергии корма в мясную продукцию проводили по методике, предложенной В.И. Левахиным и др. (1999).

Экономическая эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы разных генотипов рассчитывалась на основании сложившихся затрат на выращивание с учетом затрат на содержание коровы и стоимости полученной продукции.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Microsoft Excel (2010) и STATISTICA 10.0. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимали $P \leq 0,05$. Уровень достоверности полученных результатов определяли по критериям Стьюдента, Фишера, Тьюки для неравнозначных выборок. Уровень значимости количественных и качественных показателей мясной продуктивности определяли непараметрическими методами по критериям U Манна-Уитни (для сравнения данных двух опытов) и Краскела – Уоллиса (для оценки различий между генотипами по каждому гену). Соответствие

наблюдаемых и ожидаемых генотипов генному равновесию проверяли методом хи-квадрат (χ^2).

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p = n/N,$$

где p – частота генотипа, n – количество особей, имеющих определённый генотип, N – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле:

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

$$q_B = (2n_{BB} + n_{AB}) \div 2N,$$

где P_A – частота аллеля А, q_B – частота аллеля В, N – общее число аллелей.

Ошибку частоты генотипической и аллельной встречаемости определяли по формулам:

$$S_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}, S_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{2N}}$$

где S_p – ошибка частоты встречаемости;

p – частота встречаемости в выборке;

N – количество особей.

В соответствии с законом Харди-Вайнберга определяли ожидаемые частоты генотипов в популяции казахского белоголового скота.

Оценку избытка гетерозигот (коэффициент Селендера) проводили по формуле:

$$D = \frac{H_o - H_e}{H_e}$$

где H_o и H_e – наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность.

Эффективное число аллелей рассчитывали по формуле:

$$n_a = \frac{1}{1 - H_e}$$

Эффекты замены аллелей, аддитивные и доминирования рассчитаны согласно моделям, предложенным Falconer и Maskay.

Аддитивный эффект (a) рассчитывали по формуле: $a = \frac{X_{BB} - X_{AA}}{2}$,

Эффект доминирования (d): $d = X_{AB} - \frac{X_{AA} + X_{BB}}{2}$,

где X_{AA} , X_{BB} , X_{AB} – средние показатели количественного признака для гомозиготных и гетерозиготного генотипа.

Эффект замены аллелей: $\frac{\alpha}{2} (A \rightarrow B) = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$, где

$$\alpha_1 = (p * X_{AA} + q * X_{AB}) - \bar{X},$$

$\alpha_2 = (p * X_{AB} + q * X_{BB}) - \bar{X}$, где p и q – частоты аллелей, $\bar{X}$ – среднее арифметическое по всей выборке.

Влияние фактора замены аллелей ($\eta^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$) определялось дисперсионным анализом.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Генетическая структура стада по генам GH и LEP

Анализ генетической структуры стада по полиморфизму гена гормона роста свидетельствует о наличии особей 3 генотипов (LL-LV-VV) в исследуемых выборках животных независимо от сезона рождения (рис. 2), причем встречаемость полиморфных вариантов гена GH у бычков от осеннего отела не соответствовала ожидаемому распределению Харди-Вайнберга ($\chi^2=7,58$; $P<0,05$), тогда как у молодняка весеннего отела была близка к равновесному состоянию ($\chi^2=2,23$; $P>0,05$). Общей тенденцией для бычков I и II опытов была невысокая частота гомозиготного генотипа GH^{VV} , которая варьировала от 0,166 до 0,298 соответственно. Напротив, гомозиготный вариант GH^{LL} имел доминирующее распространение в стаде, объединяющий 38,6-46,7% особей изучаемых выборок.

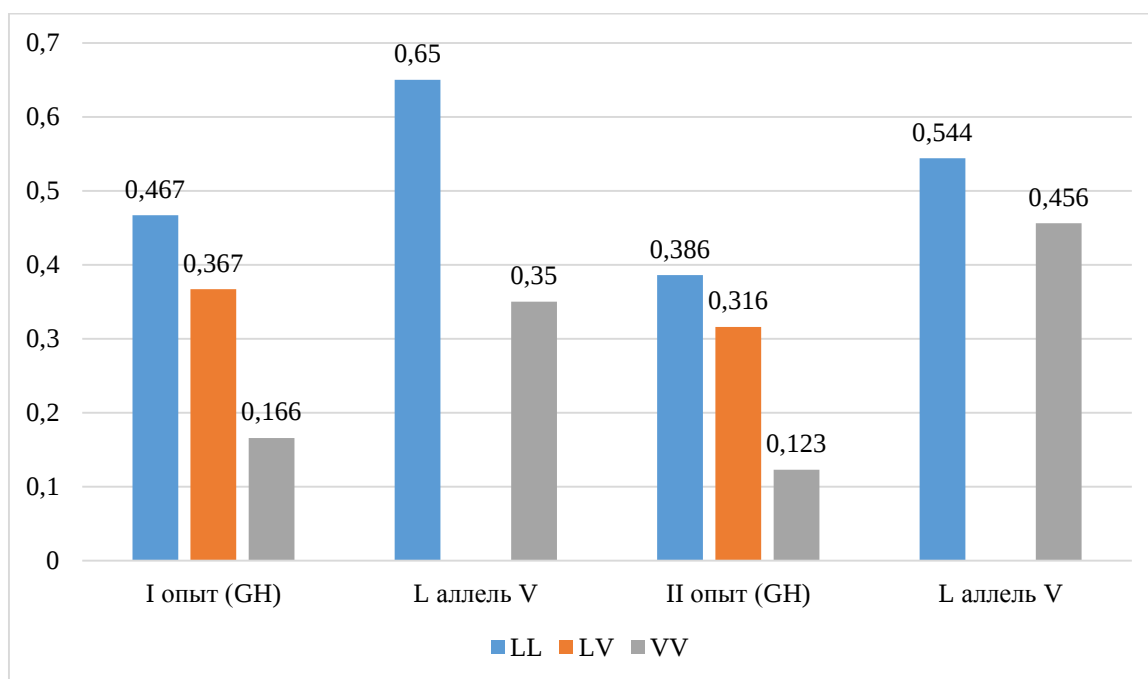


Рис. 2 – Генетическая структура бычков казахской белоголовой породы по полиморфизму гена GH

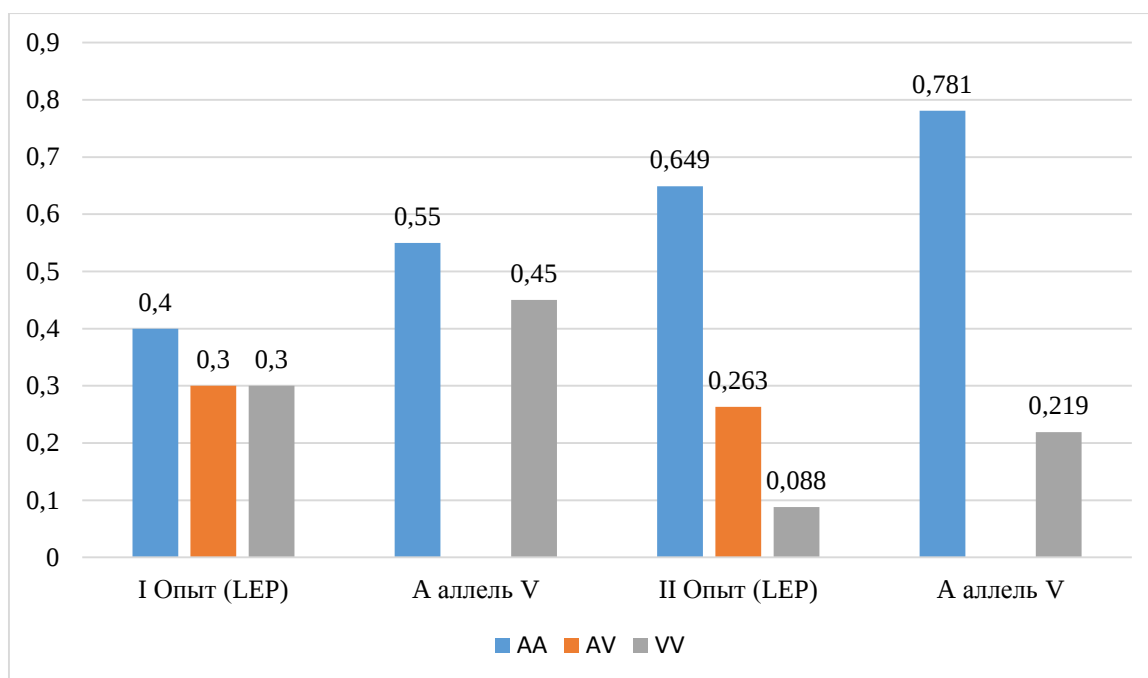


Рис. 3 – Генетическая структура бычков казахской белоголовой породы по полиморфизму гена LEP

Молодняк I опыта отличался более высокой частотой встречаемости генотипов LL (на 0,081) и LV (на 0,051) относительно животных II опыта. В то время как бычки II опыта превосходили аналогов осеннего сезона отела по доле особей с вариантом VV гена гормона роста на 0,132.

Встречаемость аллелей также различалась между исследуемыми выборками животных, при этом частота превалирующей L аллели гена гормона роста варьировала в пределах 0,544-0,650 при максимальном значении у молодняка I опыта. Наивысшее распространение альтернативной V-аллели отмечалось в группе бычков II опыта, которая превосходила на 0,106 аналогов осеннего сезона отела.

Различия в генетической структуре между двумя выборками бычков в зависимости от сезона рождения обуславливались генотипами родительских пар, участвующих в племенном подборе. Так, в среднем по всем бычкам доля носителей гомозиготных генотипов различалась на 19,6% в пользу LL-варианта гена GH. Гетерозиготный генотип встречался у трети (34,2%) поголовья. Гетерогенность популяции в зависимости от сезона отела

значительно повлияла на несбалансированное состояние генофонда стада исходя из достоверной разницы между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами генотипов по гену GH ($\chi^2=9,7$; $P<0,01$).

Аналогичные результаты получены при генотипировании бычков по полиморфизму гена LEP (рис. 3), где было выявлено различное соответствие структуры генофонда равновесному состоянию по закону Харди-Вайнберга в изучаемых выборках. Так, в I опыте отмечалось значимое отклонение от равновесия Харди–Вайнберга ($P<0,05$). Наблюдается избыток гомозигот AA (40%) и дефицит гетерозигот AV (30%) по сравнению с ожидаемыми значениями (ожидаемые: AA = 30,3%, AV = 49,5%, VV = 20,2%).

Однако, во II опыте нет статистически значимого отклонения от равновесия ($P>0,05$). Распределение генотипов близко к ожидаемому (ожидаемые: AA = 61,0%, AV = 34,2%, VV = 4,8%). Высокая частота аллеля A (78,1%) свидетельствует о высокой степени фиксации этого аллеля в породе, вероятно, как следствие длительной селекции на мраморность и эффективность откорма. Низкая частота гетерозигот (26,3%) и гомозигот VV (8,8%) указывает на слабую генетическую вариабельность по этому локусу в данной популяции.

Сравнивая структуры генофонда двух выборок по гену LEP, следует отметить существенные различия по встречаемости носителей гомозиготных генотипов. Так, минимальное распространение получили особи с вариантом LEP^{VV} (0,300) и (0,088), а разность между бычками разных сезонов отела оставила 21,2% в пользу I опыта. Обратная тенденция выявлена при анализе встречаемости варианта LEP^{AA} гена лептина, когда доля молодняка II опыта превосходила аналогов по генотипу на 24,9%. Между количеством гетерозиготных особей в двух выборках бычков различия были минимальными – 3,7%.

В целом по общему поголовью исследуемых бычков выявлено сильное отклонение от равновесия Харди–Вайнберга 16,09 ($P<0,001$). Общая популяция демонстрирует дисбаланс, обусловленный различной структурой

двух выборок: в I опыте установлен избыток гомозигот AA, тогда как II группа – избыток гетерозигот AV при сохранении доминирования аллеля A. Объединение популяций с разными сезонами отбора приводит к нарушению панмиксии, что подтверждает наличие генетической структурированности.

Изучаемое поголовье бычков характеризуется разным уровнем внутривидовой изменчивости в зависимости от анализируемого полиморфизма и сезона рождения (табл. 2).

Таблица 2. – Оценка генетического разнообразия казахской белоголовой породы по полиморфизмам генов GH и LEP

Группа	Гетерозиготность		Тест гетерозиготности	Эффективное число аллелей (N _e)	Оценка избытка гетерозигот (D)
	наблюдаемая (H _o)	ожидаемая (H _e)			
GH					
I опыт	0,367	0,455	-0,088 H _o <H _e	1,835	-0,193
II опыт	0,316	0,496	-0,180 H _o < H _e	1,984	-0,363
В среднем	0,342	0,480	-0,138 H _o < H _e	1,976	-0,287
LEP					
I опыт	0,300	0,495	-0,195 H _o < H _e	1,980	-0,394
II опыт	0,263	0,342	-0,079 H _o < H _e	1,520	-0,231
В среднем	0,282	0,447	-0,165 H _o < H _e	1,808	-0,369

Наблюдаемая гетерозиготность (H_o) по гену гормона роста в среднем по популяции составляла 0,342 и превышала данный параметр по гену лептину на 0,060. Схожий характер взаимосвязи отмечался и ожидаемой гетерозиготности (H_e). Так, данный показатель при генотипировании стада по

полиморфизму гена гормона роста равнялся 0,480, что превышало теоретическое генное разнообразие по гену *LEP* на 0,058.

Общим для исследуемых выборок и изучаемых нуклеотидных замен являлось превышение ожидаемой гетерозиготности над наблюдаемой, за исключением молодняка II опыта по полиморфизму *LEP*, где разница между H_o и H_e составляла -0,165. Это свидетельствует о некотором снижении уровня генетического разнообразия вследствие неслучайного скрещивания и давления искусственного отбора, а также о повышении инбредности популяции. Следует отметить, что согласно тесту гетерозиготности более существенная разница между наблюдаемым и ожидаемым параметром изменчивости отмечалась также в гене *LEP*, которая равнялась -0,195 у бычков I опыта.

Мониторинг генофонда изучаемой популяции выявил дефицит гетерозигот, что свидетельствует об отклонении генетической структуры стада от равновесного состояния.

В то же время незначительный диапазон генетического разнообразия популяции Южного Урала сопровождался наличием достаточно высокого числа эффективных аллелей. Причем в среднем по гену гормона роста данный параметр достигал 1,976, что превышало соответствующие показатели при *LEP* полиморфизме на 0,168.

Результаты мониторинга свидетельствуют, что в двух последовательных поколениях бычков (весеннего и осеннего сезона рождения) казахской белоголовой породы присутствуют аллели L и V в локусе гена гормона роста, а также A и V в локусе гена лептина. Различия по частоте встречаемости аллелей и генотипов изучаемых полиморфизмов в зависимости от сезона отела обуславливаются влиянием организации воспроизводства стада и племенного подбора родительских пар на структуру генофонда популяции. Ротация быков-производителей в маточных гуртах во время случной кампании обеспечила неравновесное состояние генофонда исходя из достоверной разницы между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами генотипов по генам

GH и LEP ($\chi^2=9,7-16,09$; $P<0,01-0,001$). Предпосылками для организации селекционно-племенной работы с использованием изучаемых маркеров является относительно высокое число эффективных аллелей ($N_e=1,808-1,976$).

3.2 Условия кормления и содержания бычков

Условия кормления и содержания бычков всех генотипов были идентичными по сезонам года и определялись периодом рождения подопытного молодняка. Скот казахской белоголовой породы в племрепродукторе ООО «Омеко-труд» содержится согласно традиционной технологии мясного скотоводства. В зимний период коровы с телятами содержатся в помещениях беспривязно на глубокой несменяемой подстилке. Отелы проходили в индивидуальных клетках, где приплод совместно с матерями находится в течение 7-10 суток после рождения. Кормление в стойловый период организовано на выгульно-кормовых дворах. Телята с 2-месячного возраста и до отъема подкармливались отдельно от матерей, для чего внутри коровника отгораживается секция со свободным доступом через специально оборудованные лазы. Отъем молодняка от коров проводили в 7-8 месячном возрасте. Бычков всех генотипов переводили на открытую площадку по выращиванию, которая оборудована помещением легкого типа.

В летний пастбищный период (опыт II) бычки всех генотипов выращивались на естественных пастбищах. Сухостепные пастбища Оренбургской области малопродуктивны и не способны в полной мере обеспечить животных необходимыми питательными веществами на весь пастбищный сезон, поэтому с середины лета (конец июля) телят подкармливали концентратами в загонах, где устанавливались кормушки и поилки для воды. В зимний стойловый период бычки содержались в одном помещении на соломенной подстилке с кормлением на выгульно-кормовом дворе. Режим кормления – 3 раза в день.

Анализ расхода кормов в подсосный период не выявил значительных различий, обусловленных генотипом животных (табл. 3, 4). Носители VV-генотипа по гену GH в двух последовательных опытах потребили больше молока, сена, сенажа и пастбищной травы по сравнению со сверстниками других аллельных вариантов гена, что согласовывалось с лучшим весовым ростом в доотъемный период выращивания. В свою очередь генотипирование по гену LEP выявило смену рангов по количеству потребляемых кормов в зависимости от сезона рождения молодняка. Так, в I опыте (осенний отел) наибольшим потреблением молока, сена и сенажа отличался AA-генотип. Во II опыте наивысший расход кормов установлен у VV-варианта гена LEP.

После отъема порядок генотипов по потребляемым кормам, в основном, не изменился. Лучшей поедаемостью кормов в разрезе двух опытов отличались животные VV-генотипа по генам GH и LEP. Однако в I опыте (осенний сезон рождения) генотип AA по гену LEP ассоциировался с большим потреблением зеленой массы. В то же время следует отметить, что генетические различия по поедаемости рационов были несущественные.

За весь период выращивания в I опыте носители VV-генотипа потребили больше сухого вещества на 32,6-64,3 кг (1,2-2,4%), на 20,2-41,3 корм. ед. (0,8-1,7%), обменной энергии – на 286,6-571,2 МДж (1,0-2,1%), переваримого протеина – на 2,2-4,5 кг (0,9-1,9%) по сравнению с бычками других аллельных вариантов гена гормона роста (табл. 5). Во II опыте соответствующие различия составляли по сухому веществу 32,0-56,7 кг (1,1-2,0%), по кормовым единицам 21,4-38,5 кг (0,9-1,6%), по обменной энергии 286,7-510,9 МДж (1,0-1,8%), по переваримому протеину 2,3-4,2 кг (0,9-1,8%). Минимальная поедаемость кормов и питательных веществ отмечалась в LL-группе бычков по гену гормона роста не зависимо от сезона рождения.

Таблица 3 – Количество потребленных кормов и питательных веществ бычками по периодам выращивания (в расчете на 1 животное), кг
I опыт (осенний сезон рождения)

Показатель	Возрастной период, мес											
	с рождения до 7 мес			с 8 до 15 мес			с рождения до 7 мес			с 8 до 15 мес		
	Генотип											
	Ген GH						Ген LEP					
	LL	LV	VV	LL	LV	VV	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Молоко, кг	1034,7	1046,9	1052,6	-	-	-	1052,8	1034,8	1040,6	-	-	-
Сено разнотравное, кг	178,2	178	181,2	723,9	742,2	760,6	184	172,1	181,3	748,3	720,8	757,6
Сенаж люцерновый, кг	434,1	449,2	454,9	1083,4	1101,8	1123,3	452,2	436,9	449,1	1114	1077,3	1117,2
Пастбищный корм, кг	300,7	306,9	313,1	-	-	-	306,9	303,8	310	-	-	-
Зелёная масса, кг	-	-	-	1369,2	1378,5	1390,7	-	-	-	1387,7	1372,3	1378,6
Комбикорм, кг	198,5	198,5	198,5	793,6	793,6	793,6	198,5	198,5	198,5	793,6	793,6	793,6
В кормах содержится:												
сухого вещества,	663,7	671,6	678,5	1980,2	2004	2029,7	678,3	660,3	674,4	2015,6	1976,4	2021,9
кормовых единиц	694,4	701,7	706,9	1684,9	1698,7	1713,7	706,3	692,9	702,2	1705,8	1682,9	1708,7
обменной энергии, МДж	7554,1	7634,9	7701,4	19921,6	20125,4	20345,5	7698,9	7525,7	7652,6	20225	19891,5	20276,1
сырого протеина, кг	98,7	99,9	100,9	241	243,7	246,6	100,7	98,4	100,1	245,1	240,7	245,6
переваримого протеина, кг	74,9	75,8	76,4	159,7	161,1	162,7	76,3	74,8	75,8	161,9	159,5	162,1
сырой клетчатки, кг	132,3	134,4	136,4	475,9	483,8	492,3	136,4	131,2	135,6	487,5	474,6	489,8
сырого жира, кг	53,4	54,1	54,5	50,5	51	51,7	54,5	53,4	54	51,4	50,4	51,5
БЭВ, кг	329,8	332,9	335,8	1066,9	1077,4	1088,6	335,9	328,1	334,2	1082,3	1065,3	1085,3
кальций, кг	4,8	4,9	4,9	12,7	12,8	13,1	4,9	4,8	4,9	12,9	12,6	13
фосфора, кг	2,4	2,5	2,5	5,7	5,8	5,8	2,5	2,4	2,5	5,8	5,7	5,8
каротина, г	23,6	24,2	24,6	84,3	85,3	86,5	24,4	23,8	24,4	86	84,3	85,9

Таблица 4 – Количество потребленных кормов и питательных веществ бычками по периодам выращивания (в расчете на 1 животное), кг

II опыт (весенний сезон рождения)

Показатель	Возрастной период, мес											
	с рождения до 7 мес			с 8 до 15 мес			с рождения до 7 мес			с 8 до 15 мес		
	Генотип											
	Ген GH						Ген LEP					
	LL	LV	VV	LL	LV	VV	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Молоко, кг	1102,8	1115	1130,1	-	-	-	1099,8	1114,9	1133,2	-	-	-
Сено разнотравное, кг	67,6	70,7	73,7	1040,4	1049,3	1064,9	64,6	70,6	76,8	1037,4	1043,5	1073,7
Сенаж люцерновый, кг	127,1	130,2	133,3	1777,2	1804,6	1838,1	124	130,2	136,4	1789,6	1801,5	1831,9
Пастбищный корм, кг	1516,3	1528,5	1537,9	-	-	-	1531,7	1525,4	1528,7	-	-	-
Зелёная масса, кг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Комбикорм, кг	138,5	138,5	138,5	783,8	783,8	783,8	138,5	138,5	138,5	783,8	783,8	783,8
В кормах содержится:												
сухого вещества,	757,6	766	774	2094,1	2110,4	2134,4	757,9	765,1	775,5	2095,6	2104,5	2139,8
кормовых единиц	775,3	782,7	790,2	1685,3	1695	1708,9	775,7	782	791,1	1686,6	1691,8	1711,5
обменной энергии, МДж	8640	8728,9	8816,2	20341,5	20476,8	20676,2	8643,7	8719,9	8829,5	20352,1	20427	20723,5
сырого протеина, кг	125,1	126,4	127,6	236	237,8	240,4	125,2	126,2	127,7	236,2	237,2	240,9
переваримого протеина, кг	91,2	92,1	93	153,5	154,5	155,9	91,3	92	93,1	153,6	154,2	156,2
сырой клетчатки, кг	159,6	161,7	163,7	532,5	538	546	159,6	161,5	164,2	533	536	547,8
сырого жира, кг	60,2	60,9	61,6	51,3	51,7	52,4	60,1	60,8	61,7	51,4	51,6	52,4
БЭВ, кг	354,3	357,8	361,2	1113,1	1120	1130,3	354,3	357,4	361,9	1113,5	1117,4	1132,9
кальция, кг	6,6	6,6	6,7	12,8	13	13,2	6,6	6,6	6,7	12,8	12,9	13,2
фосфора, кг	2,9	2,9	2,9	5,6	5,6	5,7	2,9	2,9	2,9	5,6	5,6	5,7
каротина, г	58,5	59,1	59,5	55,9	56,7	57,7	59	58,9	59,3	56,2	56,5	57,6

Таблица 5 – Количество потребленных кормов и питательных веществ бычками за период от рождения до 15 месяцев (в расчете на 1 животное), кг

Показатель	Этап исследования											
	I опыт (осенний сезон рождения)						II опыт (весенний сезон рождения)					
	Генотип											
	Ген GH			Ген LEP			Ген GH			Ген LEP		
	LL	LV	VV	AA	AV	VV	LL	LV	VV	AA	AV	VV
Молоко, кг	1034,7	1046,9	1052,6	1052,8	1034,8	1040,6	1102,8	1115	1130,1	1099,8	1114,9	1133,2
Сено разнотравное, кг	902,1	920,2	941,8	932,3	892,9	938,9	1108	1120	1138,6	1102	1114,1	1150,5
Сенаж люцерновый, кг	1517,5	1551	1578,2	1566,2	1514,2	1566,3	1904,3	1934,8	1971,4	1913,6	1931,7	1968,3
Пастбищный корм, кг	300,7	306,9	313,1	306,9	303,8	310	1516,3	1528,5	1537,9	1531,7	1525,4	1528,7
Зелёная масса, кг	1369,2	1378,5	1390,7	1387,7	1372,3	1378,6	-	-	-	-	-	-
Комбикорм, кг	992,1	992,1	992,1	992,1	992,1	992,1	922,3	922,3	922,3	922,3	922,3	922,3
В кормах содержится:												
сухого вещества,	2643,9	2675,6	2708,2	2693,9	2636,7	2696,3	2851,7	2876,4	2908,4	2853,5	2869,6	2915,3
кормовых единиц	2379,3	2400,4	2420,6	2412,1	2375,8	2410,9	2460,6	2477,7	2499,1	2462,3	2473,8	2502,6
обменной энергии, МДж	27475,7	27760,3	28046,9	27923,9	27417,2	27928,7	28981,5	29205,7	29492,4	28995,8	29146,9	29553
сырого протеина, кг	339,7	343,6	347,5	345,8	339,1	345,7	361,1	364,2	368	361,4	363,4	368,6
переваримого протеина, кг	234,6	236,9	239,1	238,2	234,3	237,9	244,7	246,6	248,9	244,9	246,2	249,3
сырой клетчатки, кг	608,2	618,2	628,7	623,9	605,8	625,4	692,1	699,7	709,7	692,6	697,5	712
сырого жира, кг	103,9	105,1	106,2	105,9	103,8	105,5	111,5	112,6	114	111,5	112,4	114,1
БЭВ, кг	1396,7	1410,3	1424,4	1418,2	1393,4	1419,5	1467,4	1477,8	1491,5	1467,8	1474,8	1494,8
кальция, кг	17,5	17,7	18	17,8	17,4	17,9	19,4	19,6	19,9	19,4	19,5	19,9
фосфора, кг	8,1	8,3	8,3	8,3	8,1	8,3	8,5	8,5	8,6	8,5	8,5	8,6
каротина, г	107,9	109,5	111,1	110,4	108,1	110,3	114,4	115,8	117,2	115,2	115,4	116,9

Минимальное использование питательных веществ при выращивании в I опыте отличались гетерозиготные по гену лептина бычки. Они уступали по потреблению сухого вещества на 57,2-59,6 кг (2,1-2,2%), кормовых единиц – на 35,1-36,3 кг (1,5%), обменной энергии – на 506,7-511,5 МДж (1,8%), переваримого протеина – на 3,6-3,9 кг (1,5-1,6%). Во II опыте (весенний сезон рождения) наименьшее поедание питательных веществ установлена у бычков АА-генотипа, которые уступали по расходу сухого вещества на 16,1-61,8 кг (0,6-2,1%), кормовых единиц – на 11,5-40,3 кг (0,5-1,6%), обменной энергии – на 151,1-557,2 МДж (0,5-1,9%), переваримого протеина – на 1,3-4,4 кг (0,5-1,8%).

Однако, как уже отмечалось, различия по поедаемости кормов бычками разных генотипов были незначительными. Более значительную разницу определял сезон рождения молодняка. Так, во II опыте животными израсходовано больше молока на 73,2 кг, сена – на 200,8 кг, сенажа – на 389,0 кг, пастбищного корма – на 1221,7 кг. В I опыте (осенний сезон рождения) бычки потребили больше концентратов на 69,8 кг и зеленой массы на 1379,5 кг. Особенности балансирования рационов предопределили большее потребление питательных веществ у молодняка весеннего сезона рождения по сравнению с аналогами от осенних отелов. Так, разница по использованию сухого вещества составляла 7,6%, кормовых единиц – 3,3%, обменной энергии – на 5,3%, сырого протеина – 6,1%, переваримого протеина – 4,2%.

Более наглядно особенности рационов при выращивании бычков по разным технологиям содержания иллюстрирует структура израсходованных кормов, которая менялась в зависимости от сезона года и по возрастным периодам (рис. 4). Так, основу рациона в подсосный период I опыта составляли молоко (35,76%) и концентраты (30,87%) по питательности. Во II опыте наибольшую долю по питательности занимали молоко (34,20%) и зеленая масса (39,04%). Концентратами бычки весеннего сезона рождения подкармливались в конце пастбищного содержания при обеднении травостоя. На следующем технологическом этапе (послеотъемное выращивание) расход

концентратов у молодняка разных сезонов рождения был на одинаковом уровне. В I опыте за учетный период от 8 до 15 мес относительное содержание сена и сенажа в структуре кормов снизилось относительно данных II опыта за счет включения в рацион зеленой массы в количестве 16,24%. За весь период выращивания от рождения до 15-месячного возраста у бычков I опыта в структуре кормов отмечалось превосходство по расходу зеленой массы на 1,72% и концентратов на 4,51%, а у аналогов II опыта – сена на 3,02% и сенажа на 2,86%.

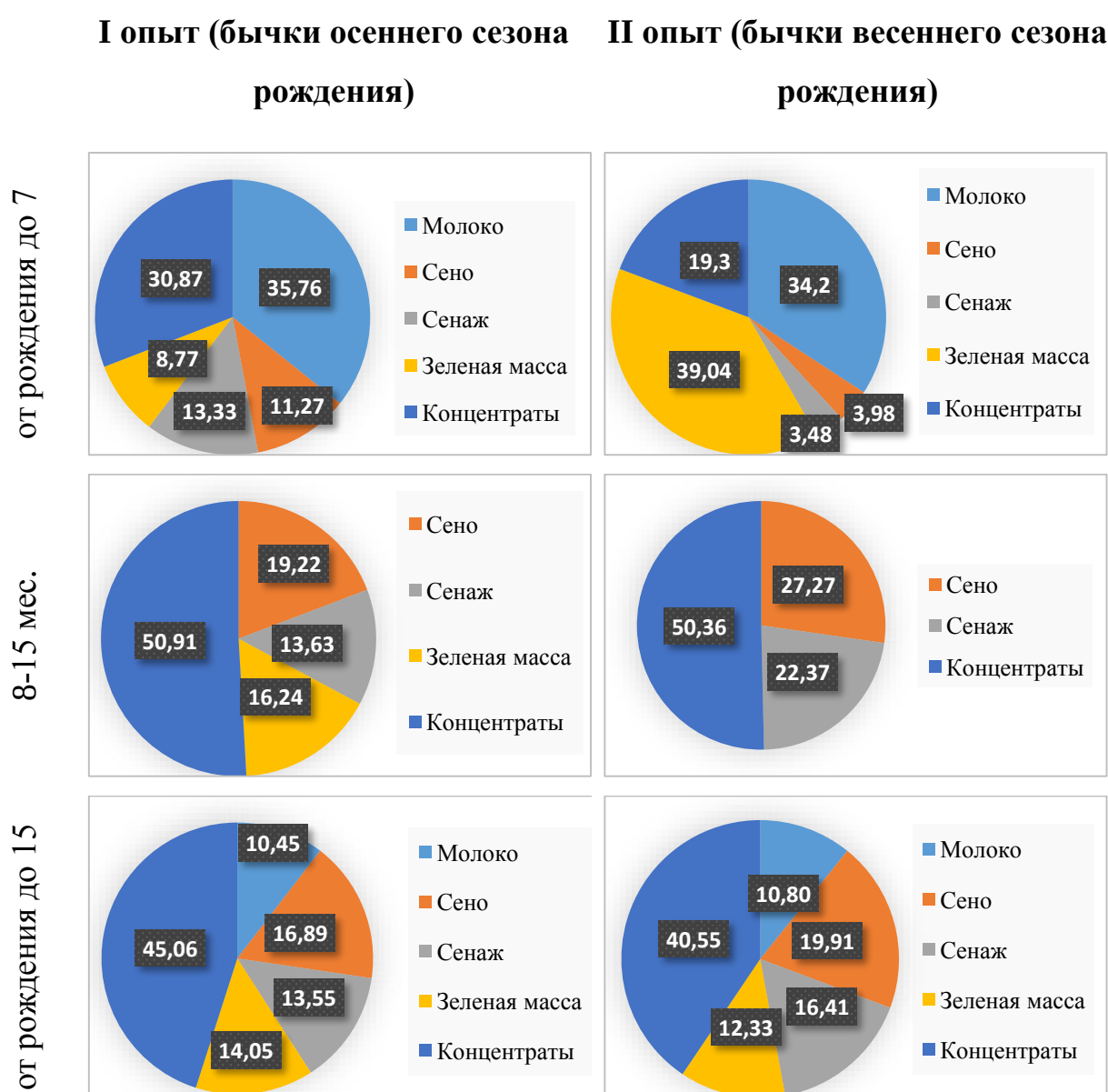


Рисунок 4 – Структура рациона бычков по возрастным периодам, %

Таким образом, независимо от сезона рождения уровень кормления был достаточно высоким, а состав рациона по своей структуре и энергетической ценности в полной мере удовлетворял потребности молодняка в питательных веществах, что способствовало реализации генетического потенциала мясной продуктивности бычками разных генотипов

3.3 Влияние факторов генотип × среда на динамику весового роста бычков

Анализ данных динамики живой массы бычков свидетельствует о том, что среди фиксированных факторов технология содержания оказывала наиболее сильное воздействие на изменчивость признака (табл. 6). Причем влияние сезона выращивания на реализацию продуктивного потенциала животных распространялось на всех этапах контроля за весовым ростом животных. Так, к 8-месячному возрасту молодняк осеннего периода рождения (I опыт) уступал по величине живой массы сверстникам II опыта на 11,6 кг (4,7 %; $P < 0,001$). В дальнейшем различия между бычками разных сезонов рождения увеличивались, достигая к 12 месяцам 17,5 кг (4,8 %; $P < 0,001$), а к возрасту 15 мес – 23,3 кг (5,2 %; $P < 0,001$). Таким образом молодняк ранневесенних отелов с самого рождения попадает в более благоприятную среду для реализации продуктивного потенциала, его подсосный этап выращивания проходит преимущественно на пастбище при достаточной молочности матерей, что является существенным заделом для формирования желудочно-кишечного тракта и последующего развития в условиях стойлового содержания.

В контрастные по температурному режиму сезоны выращивания бычки разных генотипов по гену GH неодинаково проявляли потенциал весового роста. Минимальная выраженность признака живая масса во все периоды измерений установлена у носителей LL варианта гена в разрезе двух опытов. В период подсосного выращивания (до 8 мес) по технологии зимнего

содержания (I опыт) генетические особенности бычков незначительно определяли межгрупповые различия по живой массе. После отъема гетерозиготные и гомозиготные носители V-аллели значительно превосходили сверстников по величине изучаемого показателя в 12 месяцев на 21,3-28,7 кг (6,4-8,6 %; $P<0,01$), в 15 месяцев – на 17,5-30,7 кг (4,2-7,4 %; $P<0,05-0,001$).

Таблица 6 – Динамика живой массы бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона выращивания ($X\pm Sx$), кг

№ опыта	Генотип		Возраст, мес.			
			при рождении	8	12	15
I опыт	GH	LL (n=28)	27,3±0,74	232,8±3,36	333,6±5,00	414,4±5,65 ^{ab}
		LV (n=22)	27,1±0,75	238,5±3,34	354,9±5,91 ^b	431,9±5,54 ^a
		VV (n=10)	28,3±0,50	240,7±5,57	362,3±6,34 ^b	445,1±8,89 ^b
	LEP	AA (n=24)	27,2±0,78	237,8±4,01	348,0±6,13	428,4±6,13
		AV (n=18)	26,5±0,78	233,4±3,15	339,4±7,17	416,6±7,15
		VV (n=18)	28,5±0,68	236,8±4,03	350,5±5,60	431,9±6,96
	Всего (n=60)		27,4±0,45	236,2±2,20 ^C	346,2±3,66 ^C	425,9±3,89 ^C
II опыт	GH	LL (n=17)	27,7±0,37	242,8±3,40 ^a	356,0±5,21 ^a	439,6±5,97 ^a
		LV (n=18)	27,3±0,31	245,9±3,68	360,4±5,76	447,5±6,35
		VV (n=22)	27,2±0,33	253,3±3,47 ^a	372,3±5,42 ^a	458,1±6,04 ^a
	LEP	AA (n=37)	27,3±0,27	246,9±2,55	362,2±4,02	447,8±4,34
		AV (n=15)	27,8±0,22	248,4±4,71	364,6±7,15	449,6±8,42
		VV (n=5)	26,8±0,58	253,4±4,89	372,8±7,67	458,8±9,13
	Всего (n=57)		27,4±0,19	247,8±2,09 ^C	363,7±3,26 ^C	449,2±3,64 ^C
Итого по 2 опытам (n=117)			27,4±0,25	241,9±1,61	354,7±2,58	437,3±2,87

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами различаются между генотипами в пределах каждого опыта при ^a – $P<0,05$, ^b – $P<0,01$, ^c – $P<0,001$; между средними по опытам при ^A – $P<0,05$, ^B – $P<0,01$, ^C – $P<0,001$.

Во II опыте высокий потенциал роста VV-генотипа по гену GH проявлялся уже с ранних этапов выращивания. Между альтернативными гомозиготными вариантами гена значительные различия фиксировались в возрасте 8 мес на уровне 10,5 кг (4,3 %; $P<0,05$), в 12 мес – 16,3 кг (4,6 %; $P<0,05$) и в 15 мес – 18,5 кг (4,2 %; $P<0,05$). Гетерозиготный генотип характеризовался промежуточной выраженностью живой массы.

Генотипированием бычков по гену LEP не установлено значительных различий между носителями разных генотипов. Тем не менее в разрезе двух опытов наблюдалась тенденция повышенного потенциала весового роста носителей VV-генотипа гена. В 15-месячном возрасте превосходство бычков

VV-группы по гену лептина составляло в I опыте 3,5-15,3 кг (0,8-3,7 %), во II опыте – 9,2-11,0 кг (2,0-2,5 %).

Технологический фактор (сезон выращивания) значительно определял изменчивость среднесуточного прироста как в подсосный, так и в послеотъемный периоды выращивания (табл. 7). Причем организация туровых отелов в ранневесенний сезон (II опыт) способствовала более полному проявлению генетического потенциала продуктивности бычков казахской белоголовой породы. Так, разница по среднесуточному приросту в подсосный период (от рождения до 8 мес) между молодняком I и II опыта составляла 48 г (5,6 %; $P<0,001$), на этапе послеотъемного выращивания (8-15 мес) она увеличилась до 55 г (6,2 %; $P<0,01$), а по сумме двух технологических этапов различия достигали 51 г (5,8 %; $P<0,001$).

Таблица 7 – Динамика среднесуточного прироста бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона выращивания ($\bar{X}\pm S_x$),

г

№ опыта	Генотип		Период, мес.				
			0-8	8-12	12-15	8-15	0-15
I опыт	GH	LL	845±15,2	826±34,8 ^{ab}	887±33,0	852±21,4 ^a	849±12,9 ^{ab}
		LV	870±13,2	953±40,5 ^a	846±32,4	908±24,3	888±12,1 ^a
		VV	874±23,0	997±53,0 ^b	910±46,0	960±44,5 ^a	914±19,6 ^b
	LEP	AA	867±17,2	903±35,3	883±29,2	895±21,8	880±13,6
		AV	852±12,7	869±58,3	848±48,8	860±33,8	855±16,1
		VV	857±17,9	932±39,3	894±31,9	916±28,7	885±15,7
	Всего по I опыту		859±9,4 ^C	901±25,1	876±20,8	890±15,9 ^B	874±8,7 ^C
II опыт	GH	LL	885±13,9 ^a	928±34,2	918±63,8	924±27,1	903±13,0 ^a
		LV	900±15,5	938±41,8	956±69,1	946±19,9	921±13,9
		VV	930±14,6 ^a	975±44,8	943±65,1	961±17,1	945±13,5 ^a
	LEP	AA	904±10,8	952±27,6	939±43,4	946±14,3	924±9,2
		AV	908±19,1	942±48,3	956±92,4	948±22,5	926±17,7
		VV	933±21,6	952±122,8	905±105,6	932±67,4	932±36,2
	Всего по II опыту		907±8,8 ^C	950±23,8	940±37,7	945±12,1 ^B	925±8,0 ^C
Итого по 2 опытам			883±6,8	925±17,4	907±21,4	917±10,3	899±6,4

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами различаются между генотипами в пределах каждого опыта при ^a – $P<0,05$, ^b – $P<0,01$, ^c – $P<0,001$; между средними по опытам при ^A – $P<0,05$, ^B – $P<0,01$, ^C – $P<0,001$.

Таким образом, наиболее критическим периодом в развитии молодняка мясного скота является подсосное выращивание, в течение которого создание благоприятного фона определяет последующую продуктивность. Дефицит питательных веществ и сложные условия содержания на ранних стадиях

онтогенеза затруднительно компенсировались при дальнейшей оптимизации лимитирующего фактора у бычков всех генотипов. Лучшими компенсаторными способностями отличались носители V-аллели гена GH. Так, в I опыте влияние среды сдерживало реализацию продуктивного потенциала молодняком VV-генотипа в возрастном интервале 0-8 мес, его превосходство относительно LL-варианта гена составляло 29 г (3,4 %; $P>0,05$). Тогда как во II опыте соответствующая разница увеличилась до 45 г (5,1 %; $P<0,05$). В послеотъемный период (8-15 мес) бычки VV-генотипа в I опыте нарастили темпы скорости роста до 960 г (на 86 г), в то время как показатель сверстников LL-группы оставался на уровне подсосного периода. Это обеспечило значительное превосходство гомозигот по V-аллели по величине изучаемого показателя на 108 г (12,7 %; $P<0,05$). Во II опыте межгрупповая изменчивость среднесуточного прироста за период 8-15 мес сократилась до 37 г (4,0 %; $P>0,05$), при этом бычки VV-генотипа повторили уровень показателя предыдущего этапа исследования. В целом за период 0-15 мес, при генотипировании молодняка по гену GH наибольшая межгрупповая дифференциация по скорости весового роста установлена в I опыте, которая составляла 65 г (7,7 %; $P<0,01$), а во II опыте – 42 г (4,7 %; $P<0,05$). Гетерозиготные бычки характеризовались промежуточными показателями среднесуточного прироста, на отдельных этапах I опыта отмечалось их значительное превосходство относительно LL-генотипа.

Значительных ассоциаций генотипов по гену LEP с интенсивностью роста бычков в разрезе двух опытов не выявлено. При этом наибольшие различия между носителями разных генотипов фиксировались лишь на заключительных этапах контрольного выращивания в возрасте 12-15 мес двух исследований, когда у молодняка казахской белоголовой породы усиливался липидный обмен.

Проведена оценка продуктивности бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от технологии содержания. Среди изученных фиксированных факторов значительное

влияние на изменчивость живой массы и среднесуточного прироста оказывали генетические особенности молодняка по гену GH и сезон рождения, который определял систему выращивания животных. Дефицит питательных веществ и сложные условия содержания в подсосный период при осенних отелах не компенсировались полностью при дальнейшей оптимизации лимитирующего фактора у бычков всех генотипов. Лучшими компенсаторными способностями отличались носители V-аллели гена GH.

Организацию селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве необходимо координировать с оптимизацией основных технологических этапов выращивания ремонтного молодняка. В условиях резко континентального климата важным аспектом реализации генетического потенциала племенных стад является отработка сезонного турового отела в ранневесенний период, ориентированного на пастбищную технологию выращивания подсосных телят. При этом предпочтительными для селекционных целей по комплексу показателей и адаптации к разным системам содержания являлись носители V-аллели гена гормона роста казахской белоголовой породы.

3.4 Динамика гематологических показателей

Значительный ареал разведения казахской белоголовой породы свидетельствует о превосходной приспособленности отечественного скота. Адаптационные качества животных в большей мере характеризуются их способностью поддерживать постоянство внутренней среды (интерьерных показателей) при изменении условий выращивания. Наиболее объективным параметром интерьера у крупного рогатого скота служат гематологические показатели крови. Динамика морфологического состава крови в зависимости от сезона рождения бычков, а, следовательно, и периода взятия проб, варьировала в незначительном диапазоне (табл. 8).

Таблица 8. Морфологический состав крови бычков разных сезонов рождения ($X \pm S_x$)

Показатель	Опыт	
	I	II
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$10,31 \pm 0,544^a$	$12,17 \pm 0,559^a$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$5,55 \pm 0,211$	$5,82 \pm 0,228$
Гемоглобин, г/л	$99,6 \pm 2,22$	$105,9 \pm 2,57$
Гематокрит, %	$19,95 \pm 0,641$	$20,95 \pm 0,838$
Средний объем эритроцитов, фл	$36,12 \pm 0,502$	$36,0 \pm 0,445$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	$18,18 \pm 0,513$	$18,33 \pm 0,920$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе, г/л	$503,15 \pm 10,99$	$513,25 \pm 21,09$
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$677,5 \pm 64,81$	$677,7 \pm 64,96$
Средний объем тромбоцитов, фл	$10,05 \pm 0,189$	$10,84 \pm 0,686$
Ширина распределения тромбоцитов по объему, фл	$5,41 \pm 0,151$	$6,22 \pm 0,942$
Тромбокрит, %	$0,684 \pm 0,069$	$0,773 \pm 0,108$

Повышенные окислительно-восстановительные свойства крови наблюдались у молодняка II опыта (весенний сезон рождения). Наиболее существенное превосходство установлено по содержанию гемоглобина на 6,3 г/л (6,3%; $P=0,08$). Разница по другим показателям, связанным с дыхательной функцией крови, также была в пользу бычков от весенних отелов: по количеству эритроцитов на $0,27 \times 10^{12}/\text{л}$ (4,9%), среднему содержанию гемоглобина в эритроците на 0,15 пг (0,8%), средней концентрации гемоглобина в эритроцитарной массе на 10,1 г/л (2,0%). Однако эритроциты у животных осеннего сезона рождения отличались большим объемом на 0,12 фл (0,3%), это свидетельствует о преобладании более молодых красных клеток в крови бычков II опыта. Таким образом более эффективное снабжение крови кислородом отмечалось в группах от весенних отелов, что согласуется с повышенными относительно аналогов приростами живой массы.

Активность иммунной системы и способности организма противостоять инфекциям характеризует содержание лейкоцитов в крови. По этому показателю значительное превосходство отмечалось на стороне молодняка II опыта на $1,86 \times 10^9/\text{л}$ (18,0%; $P<0,05$). Более подробно состояние иммунной

системы и адаптационных процессов в организме рассмотрено в лейкограмме (рис. 5).

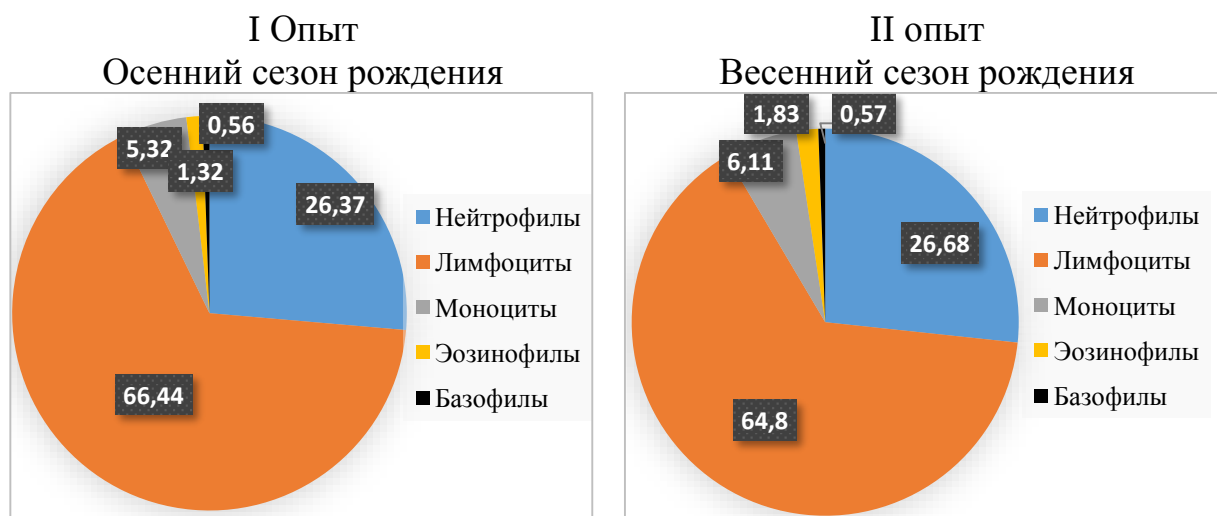


Рисунок 5. Лейкограмма крови бычков казахского белоголового скота разных сезонов рождения ($\bar{x} \pm S_x$) (диаграмма)

Бычки II опыта характеризуются повышенным содержанием клеток врожденного иммунитета, нейтрофилов на 0,31% и моноцитов на 0,79%, что свидетельствует об усилении неспецифической иммунной защиты и процессов регенерации. Также отмечается повышение доли эозинофилов, что указывает на усиление аллергических и паразитарных нагрузок в весенний период. У молодняка I опыта установлено превосходство по содержанию лимфоцитов на 1,64%, что свидетельствует об активизации процессов клеточного иммунитета и выработке антител у бычков осеннего сезона рождения. Таким образом полученные данные свидетельствуют о значимых сезонных изменениях в лейкограмме крови бычков казахской белоголовой породы.

Биохимическим подтверждением высоких среднесуточных приростов у бычков II опыта является значительное превосходство по показателям белкового обмена (табл. 9). Так, по содержанию общего белка разница составляла 4,11 г/л (5,7%; $P < 0,05$), а по активности АСТ – 15,71 Ед/л (13,1%; $P < 0,05$) в пользу животных от весенних отелов.

Таблица 9 – Биохимические показатели сыворотки крови бычков казахского белоголового скота разных сезонов рождения ($\bar{x} \pm Sx$)

Показатель	Опыт	
	I	II
Глюкоза, ммоль/л	5,41±0,246	4,80±0,298
Общий белок, г/л	72,22±0,999 ^a	76,33±1,173 ^a
Альбумин, г/л	33,39±0,301	33,87±0,703
Билирубин	1,07±0,058	0,97±0,041
АЛТ, Ед/л	22,95±1,188	23,96±1,134
АСТ, Ед/л	120,12±4,643 ^a	135,83±4,581 ^a
Холестерин, ммоль/л	5,19±0,236	5,06±0,199
Триглицериды, ммоль/л	0,30±0,028	0,32±0,031
Мочевина, ммоль/л	4,55±0,226	4,33±0,166
Креатинин, мкмоль/л	77,14±2,419	79,86±2,900
Мочевая кислота, мкмоль/л	62,76±3,312	69,62±3,322
Магний, ммоль/л	1,00±0,017	0,97±0,038
Кальций, ммоль/л	2,66±0,027	2,64±0,035
Фосфор, ммоль/л	3,42±0,065	3,47±0,058
Железо, ммоль/л	16,45±2,185	15,97±2,166

Также у молодняка II опыта отмечалось преимущество по содержанию альбуминов на 0,48 г/л (1,4%), активности АЛТ – на 1,01 Ед/л (4,4%). Конечным продуктом белкового обмена является мочевина, а ее пониженное содержание в сыворотке крови у бычков весеннего сезона рождения на 0,22 ммоль/л (4,8%) свидетельствует об сравнительно лучшей эффективности анаболического метаболизма, когда кормовой протеин используется на рост собственных тканей тела. Более интенсивный углеводный обмен установлен у бычков I опыта, что выражается в превосходстве по содержанию глюкозы на 0,61 ммоль/л (12,7%).

Комплексный анализ биохимических показателей сыворотки крови бычков казахского белоголового скота демонстрирует выраженные сезонные изменения, отражающие адаптационные механизмы организма. Эти данные подчеркивают необходимость учета сезонных факторов при организации откорма молодняка мясного скота, что обеспечит рациональное использование генетического потенциала мясной продуктивности.

3.5 Мясная продуктивность бычков

3.5.1 Показатели убоя

Наличие полиморфизма гена GH в стаде казахской белоголовой породы обуславливало сравнительно высокую изменчивость убойных показателей у бычков, выращенных при разных технологиях содержания (табл. 10). Так, предубойная масса носителей разных вариантов гена GH варьировала в диапазоне 402,0-454,7 кг, масса парной туши – 216,3-252,0 кг, при минимальной выраженности признаков в обоих случаях у LL-генотипа при убое в осенний сезон (I опыт) и максимальной у VV сверстников II опыта. В свою очередь вариабельность этих признаков при группировке животных в соответствии с генотипом по гену LEP была несколько меньше, а размах между минимумом и максимумом составлял 39,0 кг по предубойной массе и 26,3 кг по массе парной туши.

Таблица 10. Показатели убоя бычков разных генотипов по гену GH в зависимости от сезона выращивания ($X \pm Sx$)

№ опыта	Генотип по GH гену	Показатель						
		Предубойная масса, кг	Масса туши, кг	Выход туши, %	Масса жира-сырца, кг	Выход жира-сырца, %	Убойная масса, кг	Убойный выход, %
I опыт	LL	402,0± 3,51 ^{Ac}	216,3± 2,40 ^{Ac}	53,8± 0,15 ^a	9,6± 1,71	2,37± 0,40	225,9± 4,12 ^b	56,2± 0,54
	LV	415,3± 3,76 ^b	225,7± 2,40 ^a	54,3± 0,19	8,5± 1,87	2,05± 0,46	234,1± 1,40 ^a	56,4± 0,50
	VV	435,3± 4,37 ^{bc}	237,7± 3,28 ^{ac}	54,6± 0,22 ^{Aa}	10,5± 1,65	2,41± 0,36	248,2± 4,78 ^{ab}	57,0± 0,58
II опыт	LL	426,3± 7,69 ^{Aa}	232,7± 5,61 ^{Aa}	54,6± 0,60	10,8± 0,85	2,53± 0,17	243,5± 6,45	57,1± 0,76
	LV	432,7± 8,97	238,0± 5,03	55,0± 0,17	9,8± 0,70	2,26± 0,11	247,8± 5,71	57,3± 0,19
	VV	454,7± 8,65 ^a	252,0± 5,69 ^a	55,4± 0,20 ^A	10,7± 0,46	2,35± 0,06	262,7± 6,10	57,8± 0,25

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами различаются между генотипами в пределах каждого опыта при ^a – $P < 0,05$, ^b – $P < 0,01$, ^c – $P < 0,001$; между опытами в пределах генотипа при ^A – $P < 0,05$, ^B – $P < 0,01$, ^C – $P < 0,001$.

По окончании I опыта при убое наивысшая живая масса установлена у бычков с VV-генотипом по гену GH, которые превосходили сверстников на

20,0-33,3 кг (4,8-8,3%; $P<0,01-0,001$). От гомозиготных носителей V-аллели были получены более массивные туши на 12,0-21,4 кг (5,3-9,9%; $P<0,05-0,001$). При этом альтернативные гомозиготные генотипы значительно различались по выходу туши на 0,8% ($P<0,05$), а гетерозиготные особи имели промежуточный фенотип. По содержанию внутреннего жира-сырца существенной разницы в зависимости от генотипа GH не выявлено. Наивысшая убойная масса в I опыте зафиксирована у носителей VV-варианта гена GH, преимущество которых составляло 14,1-22,3 кг (6,0-9,9%; $P<0,05-0,01$).

Результаты убоя животных II опыта подтвердили превосходство VV-генотипа по основным убойным показателям. Значительные различия установлены между альтернативными гомозиготными вариантами гена GH по предубойной массе на 28,4 кг (6,7%; $P<0,05$) и массе парной туши на 19,3 кг (8,3%; $P<0,05$). По остальным показателям разница хотя и не достигала статистической значимости в силу ограниченной выборки, но ранг распределения генотипов соответствовал порядку $VV>LV>LL$ по большинству признаков за исключением развития внутреннего жира-сырца. В этом контексте следует отметить, что на фоне минимального формирования висцерального жира у гетерозиготных особей в двух опытах среди гомозиготных бычков наблюдается смена рангов в зависимости от условий выращивания. Так, организация подсосного выращивания по технологии пастбищного содержания и последующий откорм в условиях зимнего периода (по схеме II опыта) способствовала большему запасу жировой ткани у LL-генотипа, тогда как у их сверстников масса жира-сырца отличалась большей стабильностью.

Смена режимов откорма являлась существенным лимитирующим фактором для реализации генетического потенциала бычками LL-генотипа по предубойной массе и массе туши, что подтверждается значительным превосходством молодняка II опыта на 24,3 (6,0%; $P<0,05$) и на 16,4 кг (7,6%; $P<0,05$) относительно соответствующих показателей предыдущего этапа

исследований. Также следует отметить, повышение выхода туши на 0,8% ($P < 0,05$) у носителей VV-варианта гена GH при откорме по технологии зимнего содержания по сравнению с аналогами по генотипу I опыта.

Фактор разной наследственности бычков по полиморфизму гена LEP обуславливал значительные различия по депонированию резервных питательных веществ в виде липидов (табл. 11). Так, в I опыте носители VV-генотипа по гену LEP превосходили сверстников по массе жира-сырца на 3,9-4,8 кг (45,9-63,2%; $P < 0,05$). По выходу жира различия составляли 0,83-1,02% ($P > 0,05$, $P < 0,05$) также в пользу гомозигот по V-аллелю. При незначительной разнице по массе туши особенности жиронакопления носителей разных вариантов гена LEP оказались решающим фактором вариативности молодняка по убойной массе и убойному выходу, что выражалось в преимуществе VV-генотипа на 12,5-17,4 кг (5,4-7,6%; $P > 0,05$, $P < 0,05$) и 1,1-1,6% ($P < 0,05$) соответственно. Следует отметить, что минимальными показателями при убое характеризовались гетерозиготные особи, свидетельствующие об эффекте доминирования при взаимодействии двух аллелей изучаемого локуса гена LEP у казахской белоголовой породы.

Проведение откорма по технологии зимнего содержания (II опыт) существенно изменило ранг распределения носителей разных вариантов гена LEP по показателям убоя. Причем аналогично результатам I опыта значительные различия фиксировались по развитию жировой ткани, убойной массе и выходу. Минимальной выраженностью этих признаков отличались бычки AA-генотипа. Так, по массе жира-сырца они уступали сверстникам на 1,8-2,2 кг (16,5-19,5%; $P < 0,05$ -0,01), а по выходу жира – на 0,25-0,38% ($P > 0,05$, $P < 0,05$). По убойной массе различия варьировали в пределах 18,8-19,7 кг (7,9-8,3%; $P < 0,05$) соответственно в пользу гетерозиготных и гомозиготных носителей V-аллели гена LEP, а по убойному выходу – 0,9-1,4% ($P > 0,05$, $P < 0,05$). Таким образом по совокупности данных двух опытов отмечался наиболее интенсивный липидный обмен у VV-генотипа независимо от сезона

контрольного выращивания, что выражалось в повышении убойной массы относительно сверстников других групп.

Таблица 11. Показатели убоя бычков разных генотипов по гену LEP в зависимости от сезона выращивания ($X \pm Sx$)

№ опыта	Генотип по LEP гену	Показатель						
		Предубойная масса, кг	Масса туши, кг	Выход туши, %	Масса жира-сырца, кг	Выход жира-сырца, %	Убойная масса, кг	Убойный выход, %
I опыт	AA	414,7±8,95	225,0±5,29	54,3±0,24	8,5±0,69 ^a	2,06±0,19	233,5±5,07	56,3±0,36 ^a
	AV	409,7±6,94 ^A	221,0±4,62 ^A	53,9±0,22 ^B	7,6±1,77 ^a	1,87±0,44 ^a	228,6±4,25 ^{Aa}	55,8±0,45 ^{Aa}
	VV	428,3±10,27	233,7±6,74	54,5±0,27	12,4±0,48 ^a	2,89±0,15 ^a	246,0±6,65 ^a	57,4±0,20 ^a
II опыт	AA	421,0±3,79	229,3±3,71	54,5±0,51	9,1±0,26 ^{ab}	2,17±0,05 ^a	238,5±3,78 ^a	56,6±0,49 ^a
	AV	444,0±10,82 ^A	246,0±5,86 ^A	55,4±0,15 ^B	11,3±0,12 ^b	2,55±0,08 ^a	257,3±5,79 ^{Aa}	58,0±0,20 ^{Aa}
	VV	448,7±9,21	247,3±6,33	55,1±0,30	10,9±0,58 ^a	2,42±0,13	258,2±6,43 ^a	57,5±0,25

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами различаются между генотипами в пределах каждого опыта при ^a – $P < 0,05$, ^b – $P < 0,01$, ^c – $P < 0,001$; между опытами в пределах генотипа при ^A – $P < 0,05$, ^B – $P < 0,01$, ^C – $P < 0,001$.

Значительное влияние условия выращивания оказали на вариабельность показателей убоя у гетерозиготных по гену LEP животных. Так организация откорма по схеме II опыта позволила увеличить относительно предыдущего этапа предубойную массу на 34,3 кг (8,4%; $P < 0,05$), массу туши – на 25,0 кг (11,3%; $P < 0,05$), выход туши – на 1,5% ($P < 0,01$), убойную массу – на 28,7 кг (12,6%; $P < 0,05$), убойный выход – на 2,2% ($P < 0,05$). Соответствующие изменения у носителей гомозиготных вариантов гена LEP не достигали статистически достоверного уровня.

Реализация генетического потенциала мясной продуктивности бычками казахской белоголовой породы значительно определялась условиями проведения откорма (табл. 12). Наилучшие откормочные качества проявили животные, рожденные в ранневесенние месяцы. Это, в первую очередь, отразилось на преимуществе по предубойной массе на 20,3 кг (4,9%; $P < 0,05$) относительно аналогов осеннего отела, а при последующем убое

обуславливало превосходство и по убойным показателям. Так, разница в пользу молодняка II опыта по массе туши составляла 14,3 кг (6,3%; $P < 0,05$), а по выходу туши – 0,8% ($P < 0,05$). Незначительные различия по развитию висцерального жира ограничивались возрастными особенностями 15-месячных бычков, выражающихся в невысокой интенсивности жиронакопления и эффективному использованию питательных веществ рациона независимо от технологии выращивания.

Таблица 12. Показатели убоя бычков в зависимости от сезона выращивания ($\bar{X} \pm S_x$)

№ опыта	Показатель						
	Предубойная масса, кг	Масса туши, кг	Выход туши, %	Масса жира-сырца кг	Выход жира-сырца, %	Убойная масса, кг	Убойный выход, %
I опыт	417,6 $\pm$ 5,22 ^A	226,6 $\pm$ 3,38 ^A	54,2 $\pm$ 0,15 ^A	9,5 $\pm$ 0,92	2,28 $\pm$ 0,21	236,1 $\pm$ 3,75 ^A	56,5 $\pm$ 0,30 ^A
II опыт	437,9 $\pm$ 6,02 ^A	240,9 $\pm$ 3,97 ^A	55,0 $\pm$ 0,22 ^A	10,4 $\pm$ 0,38	2,38 $\pm$ 0,07	251,3 $\pm$ 4,21 ^A	57,4 $\pm$ 0,26 ^A
Итого по 2 опытам	427,7 $\pm$ 4,59	233,7 $\pm$ 3,07	54,6 $\pm$ 0,16	10,0 $\pm$ 0,50	2,33 $\pm$ 0,11	243,7 $\pm$ 3,30	56,9 $\pm$ 0,22

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами различаются между средними по опытам при ^A – $P < 0,05$, ^B – $P < 0,01$, ^C – $P < 0,001$.

Анализ данных свидетельствует о неодинаковом влиянии учетных факторов на убойные качества бычков (табл. 13).

Таблица 13. Влияние фиксированных факторов на показатели убоя бычков, %

Признак	Фактор				
	Сезон рождения	ГН генотип	LEP генотип	Сочетание сезон $\times$ ГН	Сочетание сезон $\times$ LEP
Предубойная масса	28,9**	41,3**	18,0	0,6	6,1
Масса туши	30,1**	40,2**	16,5	0,4	7,2
Выход туши	32,6**	25,8*	8,6	0,2	16,0
Масса жира	5,1	9,1	33,9*	1,6	26,9*
Выход жира	1,3	7,8	26,9*	1,6	26,5*
Убойная масса	28,4**	36,7**	21,5*	0,4	9,3
Убойный выход	22,9*	12,5	21,3*	0,1	26,2*

Примечание: *уровень значимости силы влияния $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Сезон рождения молодняка определял технологические особенности проведения откорма, что обуславливало значительную модификационную

изменчивость предубойной массы (28,9%; $P<0,01$), массы (30,1%; $P<0,01$) и выхода (32,6%; $P<0,01$) туши, убойной массы (28,4%; $P<0,01$) и выхода (22,9%; $P<0,05$).

Генотип по гену *GH* являлся значительным фактором наследственной изменчивости для предубойной массы (41,3%; $P<0,01$), массы (40,2%; $P<0,01$) и выхода (25,8%; $P<0,05$) туши, убойной массы (36,7%; $P<0,01$). Полиморфизм гена *LEP* оказывал существенное воздействие на вариабельность массы (33,9%; $P<0,05$) и выхода (26,9%; $P<0,05$) жира, убойной массы (21,5%; $P<0,05$) и выхода (21,3%; $P<0,05$). Значительное взаимодействие сезона рождения и генотипа по гену *LEP* установлено на развитие внутреннего жира (26,5-26,9%; $P<0,05$) и на убойный выход (26,2%; $P<0,05$). В то время как полиморфизм *GH* и фактор внешней среды действуют независимо на вариабельность показателей убоя бычков.

У бычков наблюдался положительный эффект замещения аллеля *L* на *V* в локусе гена *GH* на большинство показателей убоя, что выражалось в значительном повышении предубойной массы на 7,15 кг, массы туши на 4,80 кг, выхода туши на 0,21%, убойной массы на 4,78 кг у носителей гомозиготного генотипа (табл. 14). Это свидетельствует об аддитивном эффекте замены аллелей. В то же время слабый эффект доминирования нуклеотидной замены отмечался по развитию висцерального жира.

Таблица 14. Эффект замены аллелей генов *GH* и *LEP* на показатели убоя бычков

Замена аллелей	Показатель						
	Предубойная масса, кг	Масса туши, кг	Выход туши, %	Масса жира, кг	Выход жира, %	Убойная масса, кг	Убойный выход, %
<i>GH</i> (<i>L</i> → <i>V</i>)	7,15	4,80	0,21	-0,03	-0,04	4,78	0,18
<i>LEP</i> (<i>A</i> → <i>V</i>)	4,96	3,27	0,12	0,59	0,11	3,85	0,23

Замена аллелей *A*→*V* в локусе гена *LEP* сопровождалась существенным повышением массы жира-сырца на 0,59 кг, выхода жира на 0,11% и убойной массы на 3,85 кг. Наибольшая выраженность этих признаков у гомозиготных

VV-носителей свидетельствовала о значительном аддитивном эффекте нуклеотидной замены.

Таким образом наиболее благоприятной системой организации откорма является комплектование контингента на площадке молодняком осеннего сезона отъема по окончании подсосного выращивания на пастбищах. При такой технологии достигнуты наивысшая убойная масса и убойный выход, а разница по сравнению с аналогами I опыта составляла 15,2 кг (6,4%; $P < 0,05$) и 0,9% ($P < 0,05$) соответственно. В этом контексте более эффективное использование благоприятных условий для реализации потенциала продуктивности отмечалась в гетерозиготной группе по гену LEP, которые значительно улучшили свои убойные показатели относительно предыдущего этапа исследования.

3.5.2 Морфологический состав полутуш бычков

Анатомо-морфологическая характеристика охлажденных полутуш бычков свидетельствует о комплексном влиянии генотипа и факторов внешней среды на развитие отдельных тканей в теле молодняка. Так, наследственная изменчивость, обусловленная полиморфизмом гена GH, определяла значительные различия по массе охлажденной полутуши независимо от условий выращивания (табл. 15). В I опыте между бычками от осеннего отела разница составляла 5,7-10,3 кг (5,2-9,8%; $P < 0,05-0,01$) в пользу носителей VV-варианта гена GH. Во II опыте (весенний отел) ранг распределения генотипов не изменился, а соответствующие различия достигали 6,8-9,4 кг (5,9-8,3%; $P > 0,05$, $P < 0,05$).

Фактор разной наследственности по гену GH детерминировал вариабельность мякотной части туши. Преимущество по массе мякоти отмечалось на стороне носителей VV-генотипа, которые превосходили сверстников в I опыте на 5,3-9,0 кг (6,1-10,8%; $P < 0,05-0,01$), а во II опыте – на 5,5-7,6 кг (6,0-8,4%; $P > 0,05$, $P < 0,05$). Однако по выходу мякоти различий

между бычками разных аллельных вариантов гена GH не выявлено. Мышечная ткань занимала наибольшую долю от массы полутуши, а значит межгрупповая вариабельность по массе мышечной ткани стремилась к аналогичному распределению генотипов. Так, подтверждено при разных технологиях выращивания превосходство носителей VV-генотипа по данному показателю в I опыте на 5,8-9,3 кг (7,6-12,8%; $P<0,05-0,01$), а во II опыте – на 5,7-8,3 кг (7,1-10,6%; $P>0,05$, $P<0,05$). По выходу мышечной ткани заметные различия фиксировались лишь между гомозиготными бычками от весеннего отела на уровне 1,5% ($P<0,05$).

Таблица 15. Морфологический состав полутуш бычков разных сезонов отелов в зависимости от генотипа по гену GH ($\bar{X}\pm S_x$)

Показатель	I опыт (осенний сезон отела)			II опыт (весенний сезон отела)		
	Генотип по гену GH					
	LL	LV	VV	LL	LV	VV
Масса охлажденной полутуши, кг	104,7±1,20 ^{Aab}	109,3±1,20 ^a	115,0±1,53 ^{ab}	112,8±2,72 ^{Aa}	115,4±2,44	122,2±2,76 ^a
Масса мякоти, кг	83,2±1,15 ^{Ab}	86,9±1,88 ^a	92,2±1,64 ^{ab}	90,2±2,04 ^{Aa}	92,3±2,25	97,8±1,79 ^a
Выход мякоти, %	79,5±0,60	79,4±0,89	80,1±0,57	79,8±0,17	80,0±0,63	79,9±0,39
в т.ч. мышечной ткани, кг	72,4±0,96 ^b	75,9±1,80 ^a	81,7±1,61 ^{ab}	78,2±2,07 ^a	80,8±2,18	86,5±1,76 ^a
мышечной ткани, %	69,1±0,49	69,4±0,98	71,0±0,81	69,2±0,42 ^a	70,0±0,55	70,7±0,42 ^a
жира, кг	10,9±0,19	11,0±0,33	10,5±0,39	12,0±0,39	11,5±0,29	11,2±0,23
жира, %	10,4±0,11 ^b	10,0±0,26 ^a	9,1±0,30 ^{ab}	10,6±0,43 ^a	10,0±0,32	9,2±0,23 ^a
Масса костей, кг	17,7±0,54	18,5±0,66	18,7±0,50	18,6±0,72	18,9±0,64	20,0±0,82
Выход костей, %	16,9±0,44	16,9±0,77	16,3±0,57	16,6±0,30	16,4±0,55	16,4±0,32
Масса сухожилий, кг	3,7±0,17	3,9±0,10	4,1±0,21	4,0±0,26	4,2±0,07	4,5±0,18
Выход сухожилий, %	3,6±0,18	3,7±0,12	3,6±0,14	3,6±0,27	3,6±0,11	3,7±0,09
Индекс мясности	4,70±0,16	4,72±0,27	4,93±0,20	4,82±0,09	4,90±0,20	4,89±0,12

Наибольшее содержание жира в полутуше отмечалось у носителей LL-генотипа, которые превосходили сверстников в I опыте на 0,4-1,3% ($P>0,05$, $P<0,01$), а во II опыте – на 0,6-1,4% ($P>0,05$, $P<0,05$). По массе жира разница между бычками во взаимосвязи с полиморфизмом GH гена была несущественной. Несъедобная часть туши, представленная костями, сухожилиями и связками, не отличалась значительной вариабельностью в зависимости от генотипа. Следует отметить, что гетерозиготные бычки по большинству изучаемых показателей имели промежуточную выраженность признаков.

Изменение условий выращивания положительно повлияло на массу охлажденной полутуши и ее мякотной части у бычков LL-генотипа весеннего сезона рождения, а разница относительно аналогов по генотипу от осеннего отела составляла 8,1 кг (7,7%; $P<0,05$) и 7,0 кг (8,4%; $P<0,05$) соответственно. По остальным показателям различия между соответствующими генотипами по GH гену, выращенными при разных технологиях содержания, были не существенны, хотя и фиксировалась тенденция к превосходству молодняка II опыта.

На этом фоне дифференциация бычков по LEP гену отличалась более тесным взаимодействием с факторами внешней среды (табл. 16). Так, для гетерозиготного молодняка условия выращивания выступали существенным лимитирующим фактором для массы полутуши (разница между опытами 12,3 кг, $P<0,05$), мякоти (10,5 кг, $P<0,05$), мышечной ткани (9,7 кг, $P<0,05$) и жира (0,9 кг, $P<0,01$). При этом лучшая реализация потенциала продуктивности наблюдалась у AV-генотипа весеннего сезона рождения. В то же время значительных ассоциаций полиморфизма LEP гена и морфологического состава туш не выявлено, за исключением массы мякоти во II опыте между бычками гомозиготных групп с превосходством VV-генотипа на 7,1 кг (8,0%; $P<0,05$).

Таблица 16. Морфологический состав полутуш бычков разных сезонов отелов в зависимости от генотипа по гену LEP ($X \pm S_x$)

Показатель	I опыт (осенний сезон отела)			II опыт (весенний сезон отела)		
	Генотип по гену LEP					
	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Масса охлажденной полутуши, кг	109,0± 2,65	107,0± 2,31 ^A	113,0± 3,21	111,2± 1,80	119,3± 2,84 ^A	120,0± 3,07
Масса мякоти, кг	86,8± 1,57	84,8± 2,68 ^A	90,7± 3,04	88,9± 1,44 ^a	95,3± 2,23 ^A	96,0± 2,26 ^a
Выход мякоти, %	79,6± 0,52	79,3± 0,93	80,2± 0,49	79,8± 0,59	79,9± 0,33	80,0± 0,33
в т.ч. мышечной ткани, кг	75,7± 1,65	74,2± 2,59 ^A	80,1± 3,21	77,1± 1,56	83,9± 2,09 ^A	84,5± 2,60
мышечной ткани, %	69,4± 0,43	69,4± 1,01	70,8± 1,02	69,3± 0,47	70,3± 0,32	70,4± 0,73
жира, кг	11,1± 0,26	10,6± 0,10 ^B	10,6± 0,45	11,7± 0,37	11,5± 0,15 ^B	11,5± 0,50
жира, %	10,2± 0,36	9,9± 0,14	9,4± 0,54	10,6± 0,45	9,6± 0,11	9,6± 0,57
Масса костей, кг	18,4± 0,89	18,2± 0,64	18,3± 0,17	18,2± 0,76	19,8± 0,48	19,6± 0,72
Выход костей, %	16,9± 0,41	17,0± 0,79	16,3± 0,52	16,3± 0,56	16,6± 0,28	16,3± 0,30
Масса сухожилий, кг	3,8± 0,22	4,0± 0,09	4,0± 0,25	4,2± 0,10	4,1± 0,35	4,4± 0,12
Выход сухожилий, %	3,5± 0,13	3,7± 0,15	3,5± 0,14	3,8± 0,14	3,5± 0,21	3,7± 0,03
Индекс мясности	4,73± 0,15	4,68± 0,28	4,95± 0,18	4,90± 0,20	4,81± 0,10	4,91± 0,11

Создание контрастных условий выращивания подопытного молодняка позволило определить наиболее благоприятный период для комплектования откормочного контингента. От бычков весеннего сезона рождения к моменту убоя в 15-месячном возрасте были получены более тяжеловесные охлажденные полутуши на 7,1 кг (6,5%; $P < 0,05$) по сравнению со сверстниками от осеннего отела (табл. 17).

При обвалке полутуш на отдельные ткани тела также установлены различия по массе мякоти на 6,0 кг (6,9%; $P < 0,05$), мышечной ткани – на 5,1 кг (6,6%; $P < 0,05$), жира – на 0,8 кг (7,4%; $P < 0,01$), сухожилий – на 0,3 кг (7,7%;

$P < 0,05$) в пользу молодняка от весенних отелов. Следует отметить, что разница по доле этих тканей в туше была несущественной.

Таблица 17. Морфологический состав полутуш бычков разных сезонов рождения ($\bar{X} \pm S_x$)

Показатель	I опыт (осенний сезон)	II опыт (весенний сезон)	В среднем
Масса охлажденной полутуши, кг	$109,7 \pm 1,63^A$	$116,8 \pm 1,92^A$	$113,2 \pm 1,50$
Масса мякоти, кг	$87,4 \pm 1,52^A$	$93,4 \pm 1,52^A$	$90,4 \pm 1,27$
Выход мякоти, %	$79,7 \pm 0,37$	$79,9 \pm 0,22$	$79,8 \pm 0,21$
в т.ч. мышечной ткани, кг	$76,7 \pm 1,55^A$	$81,8 \pm 1,59^A$	$79,2 \pm 1,25$
мышечной ткани, %	$69,9 \pm 0,49$	$70,0 \pm 0,32$	$69,9 \pm 0,29$
жира, кг	$10,8 \pm 0,17^B$	$11,6 \pm 0,19^B$	$11,1 \pm 0,16$
жира, %	$9,8 \pm 0,22$	$9,9 \pm 0,26$	$9,9 \pm 0,17$
Масса костей, кг	$18,3 \pm 0,32$	$19,2 \pm 0,42$	$18,8 \pm 0,28$
Выход костей, %	$16,7 \pm 0,32$	$16,4 \pm 0,21$	$16,6 \pm 0,19$
Масса сухожилий, кг	$3,9 \pm 0,10^A$	$4,2 \pm 0,11^A$	$4,1 \pm 0,08$
Выход сухожилий, %	$3,6 \pm 0,08$	$3,7 \pm 0,09$	$3,6 \pm 0,06$
Индекс мясности	$4,79 \pm 0,11$	$4,87 \pm 0,07$	$4,83 \pm 0,07$

Таким образом для рационального использования кормовых ресурсов и более полной реализации генетического потенциала бычков на откорме целесообразно комплектование контингента на площадке молодняком весеннего сезона рождения. При такой технологии достигнуто наиболее выгодное соотношение съедобных и несъедобных частей туши. В этом контексте более эффективное использование благоприятных условий выращивания отмечалась в гетерозиготной группе по гену LEP, которые значительно улучшили морфологический состав относительно предыдущего этапа исследования.

3.5.3 Химический состав мяса и энергетическая ценность мякоти

Особенности метаболизма и интенсивности накопления питательных веществ в съедобных тканях тела бычков в большей мере характеризует химический состав мяса и отдельных мышц. Существенная роль генов GH и LEP в обменных процессах животных позволяет предположить, что изменения в нуклеотидной последовательности этих генов могут быть связаны с синтезом питательных веществ в теле. Однако по данным двух опытов каких-либо значительных различий, обусловленных генотипом по изучаемым маркерам, в химическом составе мяса-фарша молодняка выявлено не было (табл. 18). Частично отсутствие достоверных ассоциаций может быть связано с эффектом небольшой выборки в нашем исследовании и, как следствие с высокой внутригрупповой изменчивостью содержания питательных веществ. Таким образом некоторые значимые связи генов GH и LEP, определяющие качество мяса, возможно, не были обнаружены. Тем не менее необходимо выделить выявленные тенденции генетических аспектов формирования питательной ценности говядины у молодняка казахской белоголовой породы.

Данные I опыта свидетельствуют о том, что минимальное количество питательных веществ содержалось в мясе-фарше гетерозиготных по гену GH бычков. Разница относительно VV-генотипа по доле сухого вещества составляла 1,84% ($P=0,23$), которая возникла, главным образом, за счет превосходства гомозиготных носителей V-аллели по содержанию протеина на 1,47% ($P=0,22$) в мякоти туши. Преимущество по синтезу жира в средней пробе мяса-фарша отмечалось на стороне бычков с LL вариантом гена GH, составляющее 1,04% по сравнению с гетерозиготным молодняком.

У бычков II опыта изменчивость химического состава мякоти туши в зависимости от генотипа по гену GH не фиксировалась. В то же время необходимо отметить повышенное содержание питательных веществ в мясе-фарше у гетерозиготного молодняка относительно аналогов по генотипу I

опыта. Так, различия по сухому веществу составляли 2,22% ($P=0,20$), по жиру – 1,76% ($P=0,29$) в пользу животных II опыта.

Таблица 18 – Химический состав мяса-фарша бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона выращивания ($\bar{X} \pm S_x$), %

№ опыта	Генотип		Показатель			
			Сухое вещество	Жир	Зола	Протеин
I опыт	GH	LL	30,06±1,44	10,72±1,27	0,92±0,01	18,42±0,28
		LV	28,83±0,82	9,68±0,95	0,93±0,01	18,22±0,84
		VV	30,67±0,35	10,05±1,05	0,93±0,01	19,69±0,97
	LEP	AA	30,37±0,92	11,10±0,55	0,92±0,01	18,35±1,05
		AV	29,91±1,23	9,97±1,17	0,93±0,01	19,01±0,15
		VV	29,29±1,05	9,38±1,21	0,94±0,01	18,97±1,04
	Всего по I опыту		29,85±0,56	10,15±0,57	0,93±0,01	18,78±0,44
II опыт	GH	LL	31,04±1,48	11,20±2,04	0,94±0,02	18,90±1,35
		LV	31,05±1,18	11,44±1,09	0,93±0,01	18,68±0,37
		VV	31,11±0,62	11,21±1,14	0,94±0,01	18,97±0,55
	LEP	AA	32,30±0,93	13,05±1,48	0,92±0,02	18,33±0,71
		AV	30,97±0,80	10,87±0,99	0,94±0,01	19,16±1,16
		VV	29,94±1,04	9,93±0,98	0,95±0,01	19,06±0,48
	Всего по II опыту		31,07±0,58	11,28±0,75	0,94±0,01	18,85±0,44
Итого по 2 опытам			30,46±0,42	10,72±0,48	0,93±0,01	18,81±0,30

Вариации гена LEP, ассоциируемым с энергетическим и липидным обменом, оказывали влияние на вариабельность содержания жира в мякоти туши. В I опыте различия между гомозиготными генотипами составляло 1,72% ($P=0,28$), а во II опыте эта разница увеличилась до 3,12% ($P=0,11$) в пользу носителей А-аллели. Заметные различия по синтезу жира у бычков весеннего сезона рождения способствовали превосходству АА-генотипа по содержанию сухого вещества в мясе-фарше на 2,36% ($P=0,12$) по сравнению с VV вариантом гена LEP.

Сезон рождения молодняка не оказал значительного влияния на его способности к синтезу питательных веществ в мякотной части туши. Тем не менее необходимо отметить превосходство бычков II опыта по содержанию сухого вещества на 1,22% ($P=0,15$) и жира на 1,13% ($P=0,24$) в мясе-фарше. В

целом при оценке пищевой ценности мясо 15-месячных бычков казахской белоголовой породы отвечало требованиям постной и богатой белком говядины. При этом соотношение белка и жира в среднем по двум опытам составляло 0,57:1. Несколько выше жиры-протеиновое соотношение отмечалось у бычков весеннего сезона рождения 0,60:1 по сравнению с показателем сверстников от осеннего отела 0,54:1. Крайние варианты варьирования данного показателя установлены 0,49:1 и 0,71:1 у VV и AA генотипов по гену LEP в I и во II опытах соответственно.

Характер накопления питательных веществ в мышечной ткани в основных тенденциях был аналогичен химическому составу средней пробы мякоти туш бычков (табл. 19).

Таблица 19 – Химический состав длиннейшей мышцы спины бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона выращивания ($X \pm S_x$)

№ опыта	Генотип		Показатель			
			Сухое вещество, %	Жир, %	Протеин, %	БКП, ед.
I опыт	GH	LL	23,56±0,95	2,35±0,44	20,30±0,55	6,51±0,74
		LV	22,50±0,71	1,98±0,49	19,63±0,44	6,50±0,47
		VV	23,50±0,20	2,02±0,33	20,57±0,28	7,02±0,20
	LEP	AA	23,70±0,36	2,57±0,29	20,22±0,49	6,72±0,22
		AV	23,08±1,07	1,93±0,44	20,25±0,61	6,91±0,65
		VV	22,79±0,56	1,85±0,38	20,02±0,44	6,40±0,59
	Всего по I опыту		23,19±0,39	2,12±0,22	20,17±0,26	6,68±0,27
II опыт	GH	LL	23,38±1,12	2,74±0,40	19,72±0,90	6,48±0,61
		LV	23,39±0,56	2,31±0,34	20,18±0,23	6,90±0,50
		VV	24,11±0,62	1,91±0,38	21,28±0,28	6,50±0,31
	LEP	AA	23,96±0,26	2,91±0,30 ^a	20,14±0,26	7,21±0,55
		AV	23,97±0,80	2,24±0,30	20,81±0,49	6,46±0,27
		VV	22,94±1,04	1,80±0,31 ^a	20,22±1,07	6,20±0,34
	Всего по II опыту		23,63±0,42	2,32±0,22	20,39±0,36	6,62±0,25
Итого по 2 опытам			23,41±0,28	2,22±0,15	20,28±0,22	6,65±0,18

Так, наименьшая доля сухого вещества в I опыте отмечалась в длиннейшей мышце спины гетерозиготных бычков по гену GH, которые уступали по данному компоненту носителям LL-генотипа на 1,06%. По

содержанию жира эта разница составляла 0,37%. Наибольшее содержание протеина установлено в мышечной ткани молодняка VV-варианта, их превосходство составляло 0,94% ($P=0,17$) относительно гетерозиготных сверстников. На втором этапе исследования химического состава длиннейшей мышцы спины ранг распределения генотипов по гену GH несколько изменился. Минимальное содержание жира отмечалось в образцах VV-генотипа, которые уступали альтернативным гомозиготам на 0,83% ($P=0,17$). Напротив, наивысшая интенсивность синтеза протеина выявлена у гомозиготных носителей V-аллели с превосходством на 1,56% ($P=0,09$) по сравнению с LL-генотипом.

Относительно небольшое содержание внутримышечного жира обусловило невысокую изменчивость данного показателя по сравнению с вариабельностью жира в мясе-фарше и протеина в длиннейшей мышце спины. Тем не менее во II опыте установлены значительные (1,11%; $P<0,05$) различия по доле жира между гомозиготными генотипами по гену LEP в пользу AA-варианта. В I опыте ранг распределения генотипов по синтезу внутримышечного жира повторился, а разница составляла 0,72% ($P=0,22$). Гетерозиготные бычки отличались промежуточным накоплением жира в мышечной ткани. По остальным компонентам химического состава длиннейшей мышцы спины различия, обусловленные генотипом по гену LEP, не установлены.

В целом содержание питательных веществ в мышечной ткани отличается большей стабильностью по сравнению с мякотью туши. Это обуславливало несущественную разницу по синтезу отдельных компонентов в разрезе двух опытов. Несколько выше содержание сухого вещества, жира и протеина отмечалось в мышцах бычков весеннего сезона рождения, эти различия составляли 0,44%, 0,20% и 0,22% соответственно. Однако для подтверждения эффекта сезона рождения на химический состав длиннейшей мышцы спины необходимо масштабировать исследования на большей выборке.

Важным оценочным параметром биологической полноценности говядины является белково-качественный показатель (БКП), который определяется по содержанию аминокислот триптофана и оксипролина в длиннейшей мышце спины. Анализ данного коэффициента подтверждает высокое качество белка говядины, полученной от бычков казахской белоголовой породы. В разрезе двух опытов показатель БКП варьировал в пределах 6,62 ед. (II опыт) и 6,68 ед. (I опыт). Каких-либо заметных различий между генотипами не установлено, а наибольшая межгрупповая дистанция (1,01 ед., $P=0,13$) по белковому-качественному показателю зафиксирована между гомозиготными по гену LEP бычками весеннего сезона рождения.

Анализ химического состава мякоти свидетельствует, что несмотря на значительно большее содержание белка независимо от сезона рождения энергетическая ценность мякотной части туши в большей степени определялась содержанием жира (табл. 20). Так, в I опыте при максимальном содержании протеина у носителей VV-генотипа наибольшее количество энергии в 1 кг мякоти установлено у бычков с LL-вариантом гена, которые превосходили сверстников на 42,8-439,8 кДж. Причем это преимущество обеспечивалось повышенным содержанием жира на 6,7-10,4 г. Аналогичная тенденция отмечалась при сравнении гетерозиготных и AA-генотипа по гену LEP. Во II опыте закономерность положительной корреляции содержания жира и энергетической ценности 1 кг мяса повторилась у гетерозиготных по гену GH бычков и носителей AA-генотипа по гену LEP, причем молодняк этих генотипов содержал минимальное количество белка в мякоти.

Однако высокая энергетическая ценность 1 кг мякоти не гарантировала максимального содержания энергии во всей туше. Этот показатель во многом определялся количеством съедобных тканей тела. Так, наибольшее количество энергии содержала мякоть, полученная от бычков VV-генотипа гена GH, что подтверждено при двух различных системах выращивания.

Таблица 20 – Выход питательных веществ и энергетическая ценность мякотной части туши бычков разных генотипов по генам GH и LEP в зависимости от сезона выращивания ($X \pm S_x$)

№ опыта	Генотип		Содержание в 1 кг мякоти, г		Заключено энергии в 1 кг мякоти, кДж	в том числе энергии, кДж		Всего энергии в мякоти туши, МДж
			протеина	жира		протеина	жира	
I опыт	GH	LL	184,2± 2,76	107,2± 12,66	7336,0± 524,50	3162,0± 47,40	4174,1± 493,02	1219,5± 77,35
		LV	182,2± 8,36	96,8± 9,49	6896,2± 309,29	3127,1± 143,49	3769,1± 369,45	1196,0± 33,75 ^A
		VV	196,9± 9,75	100,5± 10,53	7293,2± 258,54	3380,0± 167,35	3913,2± 410,05	1344,8± 58,68
	LEP	AA	183,5± 10,55	111,0± 5,47	7471,4± 201,94	3149,4± 181,06	4322,0± 212,88	1295,7± 26,33
		AV	190,1± 1,47	99,7± 11,70	7144,6± 466,58	3263,8± 25,20	3880,7± 455,66	1207,2± 42,41
		VV	189,7± 10,44	93,8± 12,08	6909,4± 397,84	3255,8± 179,24	3653,6± 470,50	1257,4± 111,80
	Всего по I опыту		187,8± 4,44	101,5± 5,69	7175,1± 203,39	3223,0± 76,17	3952,1± 221,71	1253,4± 37,59 ^B
II опыт	GH	LL	189,0± 13,48	112,0± 20,43	7606,6± 659,96	3244,4± 231,47	4362,3± 795,58	1366,4± 86,59
		LV	186,8± 3,72	114,4± 10,87	7661,0± 435,41	3206,6± 63,91	4454,4± 423,13	1411,1± 55,45 ^A
		VV	189,7± 5,54	112,1± 11,42	7620,7± 354,15	3255,8± 95,17	4364,9± 444,54	1488,4± 56,28
	LEP	AA	183,3± 7,11	130,5± 14,79	8226,5± 475,01	3146,5± 122,12	5080,0± 575,92	1459,6± 63,78
		AV	191,6± 11,60	108,7± 9,86	7522,8± 273,19	3289,0± 199,13	4233,8± 383,95	1435,6± 76,20
		VV	190,6± 4,80	99,3± 9,83	7139,0± 383,23	3271,2± 82,37	3867,8± 382,94	1370,7± 74,58
	Всего по II опыту		188,5± 4,37	112,8± 7,46	7629,4± 250,22	3235,6± 74,94	4393,9± 290,45	1422,0± 38,24 ^B
Итого по 2 опытам			188,1± 3,02	107,2± 4,76	7402,3± 165,83	3229,3± 51,85	4173,0± 185,16	1337,7± 33,08

Следует отметить, что весенний сезон рождения положительно повлиял на содержание энергии в тушах молодняка всех генотипов. Значительные различия установлены между гетерозиготными бычками по гену GH на 215,1 МДж (18,0%; $P < 0,05$). Между средними показателями по опытам также выявлена существенная разница на 168,6 МДж (13,5%; $P < 0,01$) в пользу животных II этапа исследований.

Таким образом, ассоциация генотипов по генам GH и LEP с химическим составом и энергетической ценностью мяса определяется взаимодействием

наследственных факторов и сезона рождения бычков. При этом молодняк от весенних отелов отличался лучшими характеристиками питательной ценности говядины.

3.5.4 Жирнокислотный состав мяса

Важнейшим аспектом качественной характеристики говядины является жирнокислотный состав липидов, который определяет питательную ценность и органолептические свойства мяса. Установлено, что наибольшую часть в структуре жирных кислот (ЖК) мяса от бычков казахской белоголовой породы занимают мононенасыщенные ЖК, доля которых варьировала в пределах 46,69-47,12%, соответственно в I и II опытах (рис. 6).

Другим существенным компонентом липидов говядины являются насыщенные ЖК, в количественном отношении их уровень незначительно изменялся в зависимости от технологии выращивания молодняка: от 43,80% в I опыте (осенний сезон рождения) до 44,08% во II опыте (весенний сезон).

Полиненасыщенные ЖК не смотря на невысокую долю в структуре жирных кислот (8,91-9,51%) являются важнейшим фактором, обуславливающим нежность, вкус и аромат мяса. Следует отметить, что снижение уровня ПНЖК у бычков весеннего сезона рождения на 0,60% проходило на фоне совокупного повышения количества НЖК и МНЖК, а также более интенсивного жиронакопления. Таким образом, нами выявлена обратная связь синтеза полиненасыщенных жирных кислот и содержания жира в туше и мясе у молодняка казахской белоголовой породы.

Сезон рождения значительно повлиял на синтез НЖК в мышечной ткани у носителей LL-генотипа по гену GH, повышенное содержание отмечалось у бычков II опыта с превосходством на 1,13% ($P<0,01$) относительно аналогов по генотипу от осеннего отела коров (I опыт). Кроме того, технологический фактор существенно повлиял на содержание ПНЖК в составе липидов мяса у гетерозиготного по гену GH молодняка, разница составляла 1,90% ($P<0,05$) в пользу животных осеннего сезона рождения.

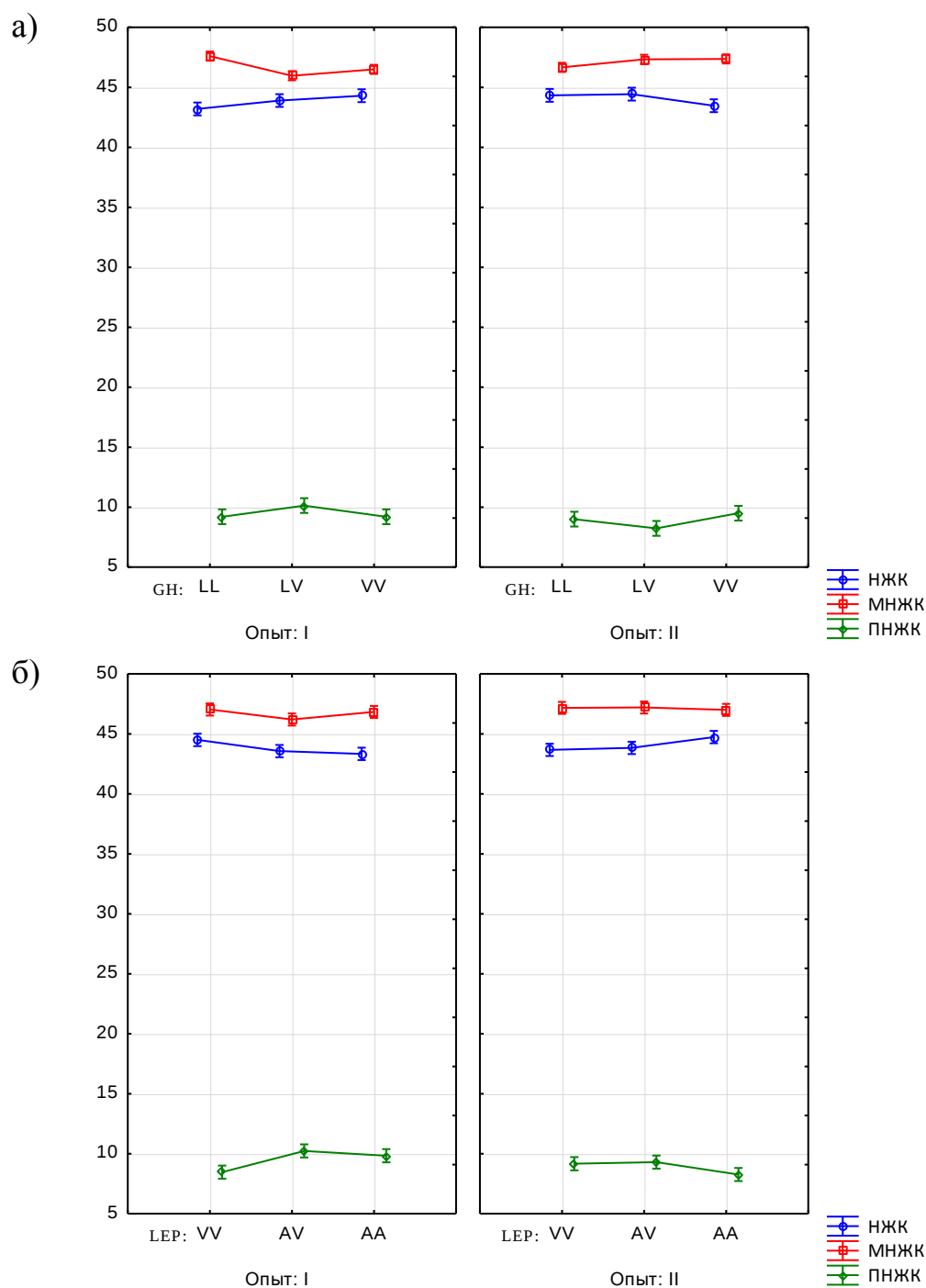


Рисунок 6. Содержание насыщенных (НЖК), моновенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных (ПНЖК) жирных кислот в мясе бычков разных генотипов по генам GH (а) и LEP (б) в зависимости от сезона рождения

В свою очередь структура жирных кислот в мясе у носителей разных генотипов гена LEP отличалась большей стабильностью в зависимости от технологии выращивания.

Генетические особенности бычков по гену GH определяли различия по содержанию олеиновой ЖК в I опыте, различия варьировали в пределах 1,07-1,50% ($P<0,05-0,01$) в пользу носителей LL-генотипа (табл. 21). Во II опыте значительная разница установлена по уровню пальмитолеиновой ЖК, которая составляла 0,30-0,50% ($P<0,05-0,01$) при минимальной показателе у гомозигот по L-аллелю.

Таблица 21. Жирнокислотный состав мяса бычков разных генотипов по гену GH в зависимости от сезона выращивания ($X \pm Sx$), %

№ опыта	Генотип по GH гену	Жирная кислота							
		C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:4}
I опыт	LL	3,73± 0,28	26,03± 0,78	3,90± 0,17	13,43± 0,41 ^A	43,70± 0,26 ^{ab}	3,90± 0,06	0,50± 0,06	4,80± 0,36
	LV	4,00± 0,23	25,10± 0,78	3,77± 0,09 ^A	14,80± 0,75	42,20± 0,30 ^b	4,60± 0,47	0,53± 0,09	5,00± 0,25
	VV	3,90± 0,06	25,47± 0,69	3,87± 0,18	14,93± 0,52	42,63± 0,30 ^a	4,03± 0,69	0,47± 0,03	4,70± 0,29
II опыт	LL	3,60± 0,06	24,77± 0,64	3,73± 0,07 ^{ab}	15,97± 0,64 ^A	42,93± 0,43	3,73± 0,35	0,53± 0,09	4,73± 0,15
	LV	3,67± 0,09	25,63± 0,22	4,23± 0,09 ^{Ab}	15,13± 0,66	43,10± 0,55	3,27± 0,44	0,50± 0,12	4,47± 0,24
	VV	3,77± 0,15	24,30± 0,61	4,03± 0,09 ^a	15,40± 0,26	43,33± 0,29	4,30± 0,66	0,50± 0,06	4,70± 0,32

Примечание: C_{14:0} – миристиновая, C_{16:0} – пальмитиновая, C_{16:1} – пальмитолеиновая, C_{18:0} – стеариновая, C_{18:1} – олеиновая, C_{18:2} – линолевая, C_{18:3} – линоленовая, C_{20:4} – арахидоновая

Между аналогичными генотипами по гену GH в разрезе двух опытов выявлена разница по содержанию пальмитолеиновой ЖК на 0,46% ($P<0,05$) у гетерозиготных бычков в пользу представителей II опыта. Кроме того, достоверные различия установлены по синтезу стеариновой ЖК на 2,54% также с преимуществом молодняка весеннего сезона рождения.

Полиморфизм гена LEP, ассоциируемого с липидным и энергетическим обменом, незначительно влиял на вариабельность содержания отдельных жирных кислот у носителей разных генотипов (табл. 22). Стоит отметить, разницу по сумме ПНЖК между гетерозиготными и гомозиготными носителями V-аллели в I опыте, которая составляла 1,76% ($P<0,05$). Во II опыте преимущество гетерозиготной группы по данному показателю хотя и повторилось, но было не настолько выраженным.

Таблица 22. Жирнокислотный состав мяса бычков разных генотипов по гену LEP в зависимости от сезона выращивания ($X \pm Sx$), %

№ опыта	Генотип по LEP гену	Жирная кислота							
		C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:4}
I опыт	AA	3,77± 0,19	26,10± 0,83	3,90± 0,17	13,47± 0,38 ^A	42,93± 0,59	4,37± 0,52	0,57± 0,07	4,90± 0,30
	AV	3,83± 0,28	25,00± 0,69	3,77± 0,09	14,73± 0,81	42,43± 0,46	4,63± 0,44	0,50± 0,06	5,10± 0,31
	VV	4,03± 0,15	25,50± 0,67	3,87± 0,18	14,97± 0,50	43,17± 0,38	3,53± 0,20	0,43± 0,03	4,50± 0,15
II опыт	AA	3,67± 0,09	25,30± 0,26	4,10± 0,17	15,77± 0,49 ^A	42,90± 0,38	3,07± 0,35	0,57± 0,07	4,63± 0,09
	AV	3,70± 0,15	24,57± 0,69	4,00± 0,20	15,57± 0,81	43,20± 0,59	4,00± 0,20	0,53± 0,12	4,77± 0,39
	VV	3,67± 0,09	24,83± 0,78	3,90± 0,06	15,17± 0,32	43,27± 0,29	4,23± 0,68	0,43± 0,03	4,50± 0,15

Примечание: C_{14:0} – миристиновая, C_{16:0} – пальмитиновая, C_{16:1} – пальмитолеиновая, C_{18:0} – стеариновая, C_{18:1} – олеиновая, C_{18:2} – линолевая, C_{18:3} – линоленовая, C_{20:4} – арахидоновая

У бычков AA-генотипа весеннего сезона рождения к моменту убоя в мясе содержалось на 2,30% ($P < 0,05$) больше стеариновой ЖК по сравнению с аналогами по генотипу от осеннего отела.

Таким образом, генетические особенности молодняка по изучаемым генам не оказывали значительного влияния на структуру липидов говядины. В большей степени жирнокислотный состав мяса обусловлен технологией выращивания и откорма бычков. При этом более благоприятным соотношением полиненасыщенных (эссенциальных) и насыщенных жирных кислот отличались животные осеннего сезона рождения (рис. 7). Причем лучшая сбалансированность структуры липидов мышечной ткани у бычков I опыта сопровождалась меньшей интенсивностью жиронакопления в туше и мясе по сравнению со сверстниками весеннего сезона рождения.

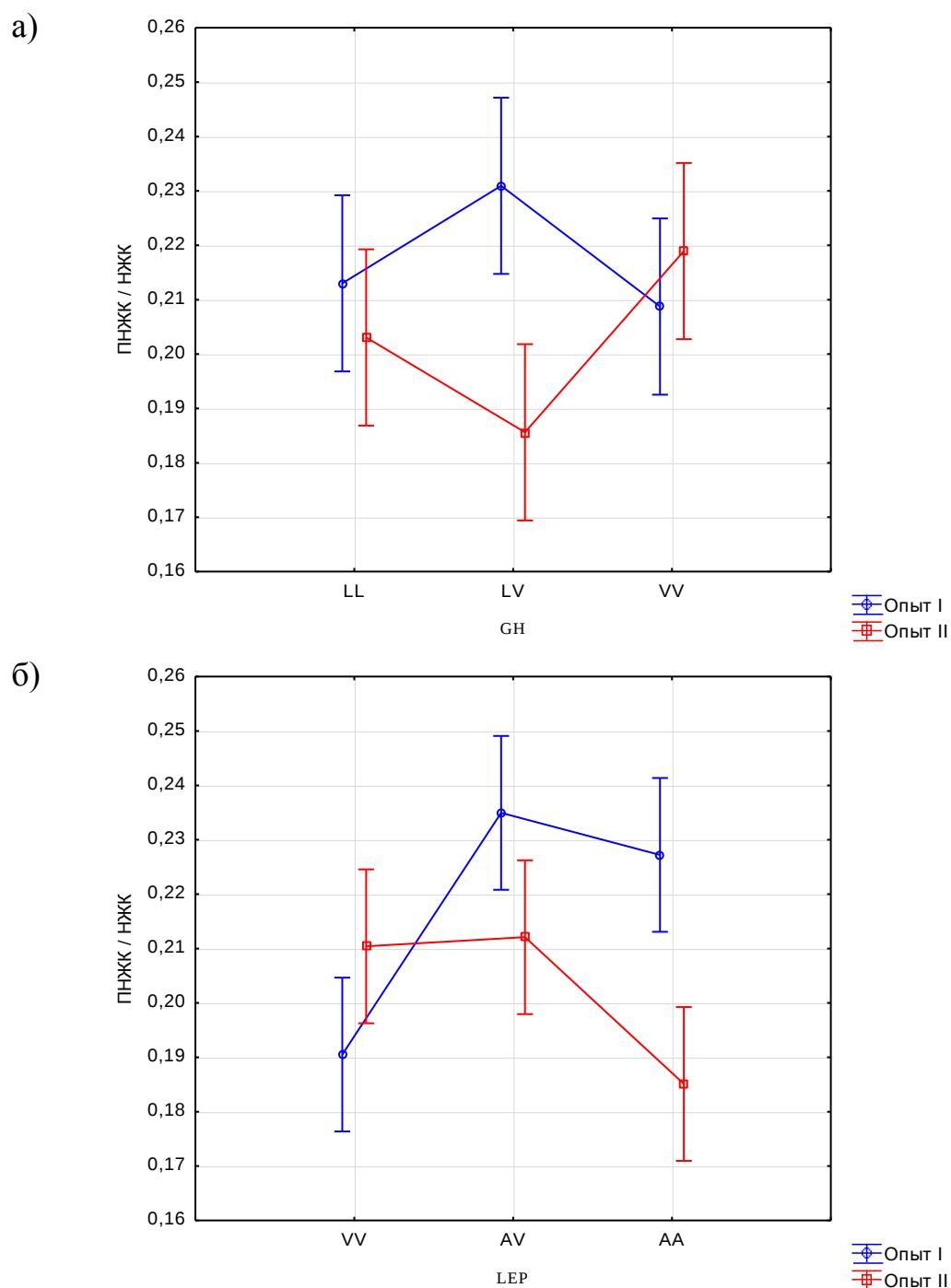


Рисунок 7. Соотношение полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот в мясе бычков разных генотипов по генам GH (а) и LEP (б) в зависимости от сезона рождения

3.5.5 Аминокислотный состав мяса

Высокие питательные свойства мяса определяются, в первую очередь, содержанием незаменимых и заменимых аминокислот (АМК). Анализ аминокислотного состава мяса бычков свидетельствует о высокой биологической полноценности белка говядины независимо от сезона

рождения и генотипа по генам GH и LEP, что подтверждается существенно большим содержанием незаменимых аминокислот (рис. 8).

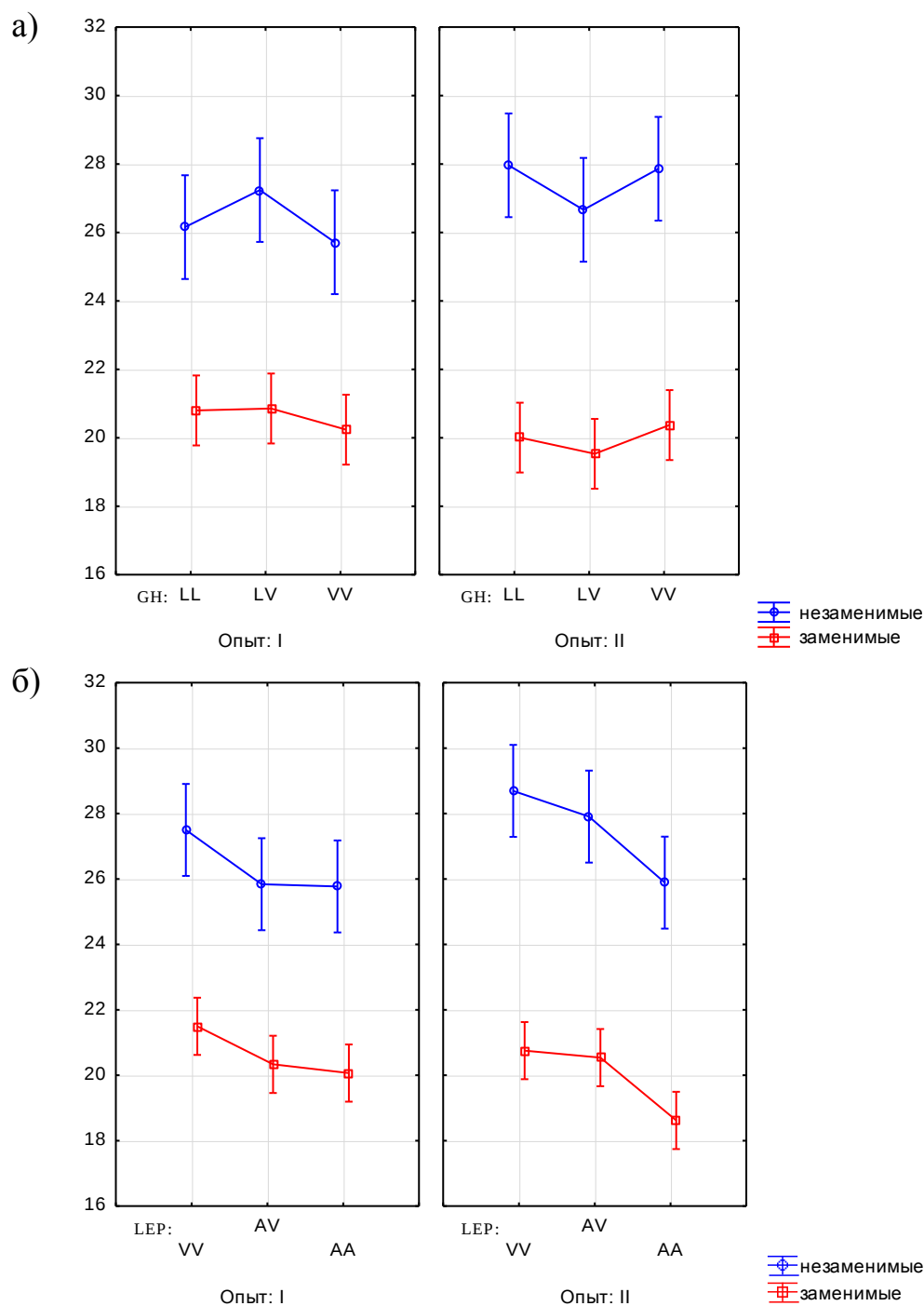


Рисунок 8. Динамика аминокислотного состава мяса у бычков разных генотипов по генам GH (а) и LEP (б) в зависимости от технологии выращивания

Причем в состав говядины входят все 9 незаменимых АМК, суммарная доля которых в I опыте составляла 26,37%, а во II опыте на 1,13% выше. Динамика заменимых АМК в зависимости от сезона выращивания имела

обратный ранг распределения. При убое бычков весеннего сезона рождения в мясе содержалось заменимых АМК на 0,66% ниже по сравнению со сверстниками от осеннего отела. Между аналогами по генотипам генов GH и LEP значительных различий по суммарным уровням незаменимых и заменимых АМК не выявлено в разрезе двух опытов. Носители AA-генотипа по гену LEP весеннего сезона рождения отличались меньшим содержанием заменимых АМК на 1,92-2,13% ($P<0,05-0,01$) по сравнению со сверстниками других аллельных вариантов гена.

Генетические особенности бычков по гену GH не имели значительного влияния на уровень отдельных АМК в мясе (табл. 23).

Таблица 23. Содержание незаменимых аминокислот (АМК) в мясе бычков разных сезонов отелов в зависимости от генотипа по гену GH ($X \pm S_x$), %

Показатель	I опыт (осенний сезон отела)			II опыт (весенний сезон отела)		
	Генотип по гену GH					
	LL	LV	VV	LL	LV	VV
Лизин	4,97± 0,73	5,36± 0,36	5,12± 0,14 ^A	5,77± 0,25	5,46± 0,01	5,83± 0,19 ^A
Фенилаланин	2,04± 0,25	2,14± 0,14	2,02± 0,04	2,20± 0,11	2,12± 0,05	2,19± 0,09
Гистидин	1,83± 0,12 ^A	2,17± 0,20	2,10± 0,08	2,28± 0,10 ^A	2,12± 0,10	2,29± 0,15
Лейцин+Изолейцин	8,34± 0,79	8,33± 0,61	7,83± 0,15 ^B	8,75± 0,54	8,29± 0,22	8,76± 0,12 ^B
Метионин	2,20± 0,13	2,36± 0,18	2,22± 0,05 ^A	1,98± 0,23	1,92± 0,14	1,90± 0,10 ^A
Валин	3,20± 0,36	3,31± 0,23	3,07± 0,05 ^B	3,41± 0,20	3,33± 0,10	3,45± 0,06 ^B
Треонин	3,57± 0,30	3,57± 0,26	3,34± 0,11	3,56± 0,23	3,43± 0,12	3,45± 0,16
Сумма незаменимых АМК	26,16± 2,46	27,24± 1,93	25,72± 0,62	27,96± 1,63	26,66± 0,69	27,86± 0,68

Однако технология выращивания оказала сильное воздействие на синтез незаменимых АМК. Так, повышенное содержание лизина на 0,71% ($P<0,05$), лейцина и изолейцина на 0,93% ($P<0,01$), валина на 0,38% ($P<0,05$), а также пониженный уровень метионина на 0,32% ($P<0,05$) выявлен в мышечной ткани

носителей VV-варианта весеннего сезона отела по сравнению с их аналогами по генотипу гена GH. Также, следует отметить, значительные различия по содержанию гистидина на 0,45% ($P<0,05$) у бычков LL-генотипа в пользу животных II опыта. Синтез незаменимых АМК у гетерозиготного молодняка не различался по сезонам выращивания.

Дифференциация генотипов по гену LEP не определяла вариабельность структуры аминокислотного состава мяса у животных I этапа исследований (табл. 24).

Таблица 24. Содержание незаменимых аминокислот (АМК) в мясе бычков разных сезонов отелов в зависимости от генотипа по гену LEP ($X \pm S_x$), %

Показатель	I опыт (осенний сезон отела)			II опыт (весенний сезон отела)		
	Генотип по гену LEP					
	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Лизин	5,01± 0,30	4,88± 0,54	5,58± 0,44	5,41± 0,05	5,76± 0,21	5,90± 0,16
Фенилаланин	2,00± 0,06	2,02± 0,20	2,19± 0,17	2,05± 0,06 ^a	2,18± 0,10	2,27± 0,02 ^a
Гистидин	2,08± 0,04	2,07± 0,23	1,96± 0,19	2,16± 0,08	2,13± 0,14	2,41± 0,04
Лейцин+Изолейцин	7,96± 0,08	8,03± 0,73	8,51± 0,69	8,04± 0,25 ^a	8,84± 0,35	8,91± 0,04 ^a
Метионин	2,26± 0,07 ^A	2,23± 0,21	2,29± 0,09	1,76± 0,17 ^A	2,02± 0,09	2,02± 0,14
Валин	3,08± 0,07	3,14± 0,31	3,36± 0,28	3,19± 0,12 ^a	3,47± 0,09	3,53± 0,03 ^a
Треонин	3,39± 0,04	3,47± 0,30	3,62± 0,28	3,29± 0,14	3,50± 0,20	3,66± 0,06
Сумма незаменимых АМК	25,77± 0,58	25,84± 2,49	27,50± 1,81	25,89± 0,87	27,91± 1,11	28,69± 0,21

Во II опыте установлены значительные различия между гомозиготными вариантами гена LEP по содержанию фенилаланина на 0,22% ($P<0,05$), лейцина и изолейцина на 0,87% ($P<0,05$) и валина на 0,34% ($P<0,05$) в пользу VV группы бычков. Также выявлено влияние технологии выращивания на уровень метионина у носителей AA-генотипа, преимущество молодняка осеннего сезона рождения составляло 0,50% ($P<0,05$).

В целом технологический фактор в большей степени определял вариабельность аминокислотного состава мяса бычков, об этом свидетельствуют данные по соотношению незаменимых и заменимых АМК (рис. 9). Причем изучаемый показатель у молодняка I опыта был заметно ниже полученным результатам во II этапе исследования.

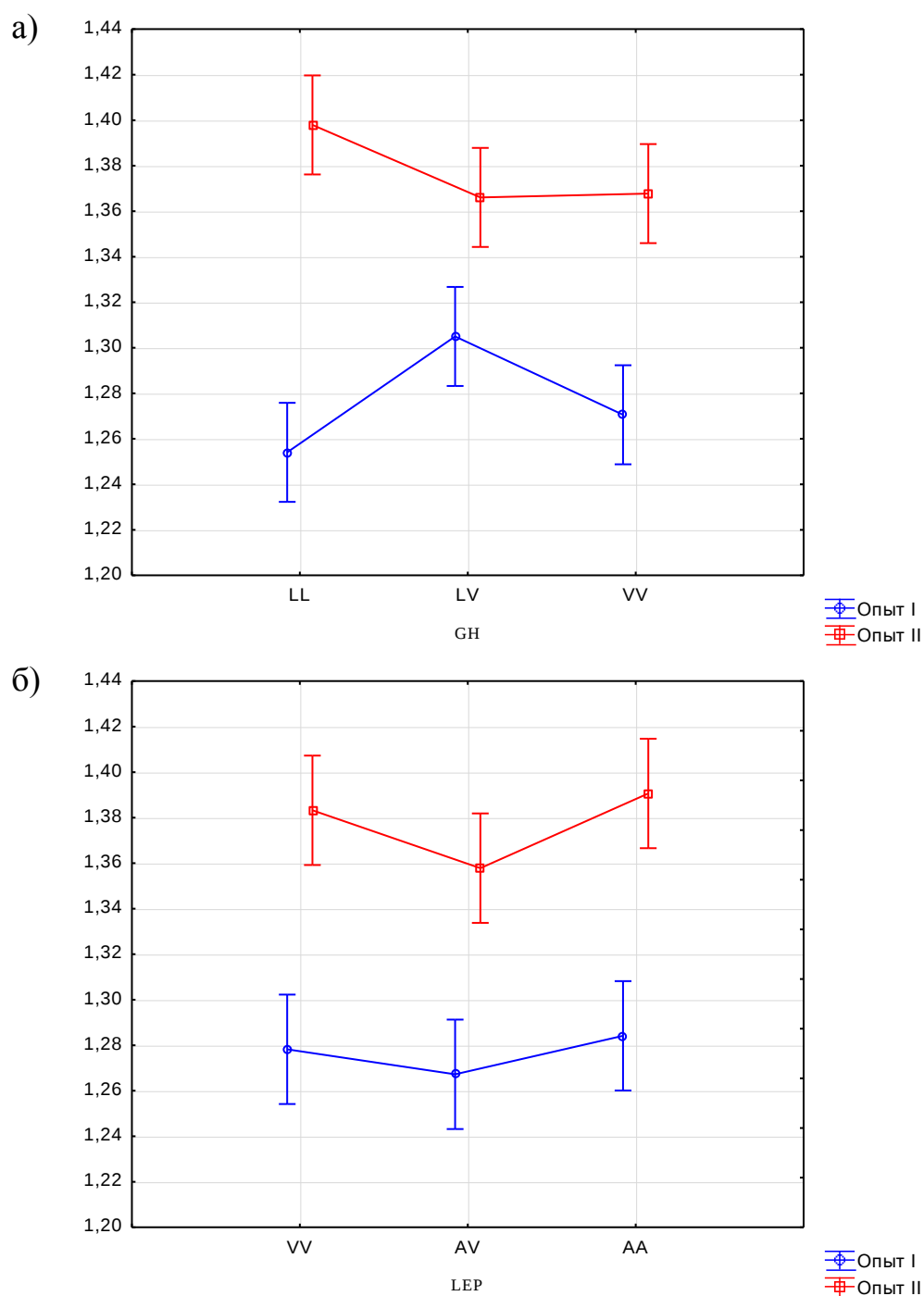


Рисунок 9. Соотношение незаменимых и заменимых АМК в мясе бычков разных генотипов по генам GH (а) и LEP (б) в зависимости от технологии выращивания

Так, при анализе взаимодействия полиморфизма гена GH с условиями выращивания на соотношение незаменимых и заменимых АМК в мясе установлено превосходство носителей весеннего сезона рождения LL-генотипа на 0,15 ед. ($P<0,05$) и VV-варианта на 0,10 ед. ($P<0,05$) относительно соответствующих аналогов по генотипам I опыта. Схожая тенденция установлена у гомозиготных по гену LEP бычков, разница между молодняком AA-генотипа весеннего и осеннего отела составляла 0,11 ед. ($P<0,01$), VV группами – 0,10 ед. ($P<0,01$).

Таким образом говядина от бычков казахской белоголовой породы является полноценным белковым продуктом. В большей степени аминокислотный состав мяса обусловлен технологией выращивания и откорма молодняка. При этом более сбалансированным по соотношению незаменимых и заменимых АМК отличались животные весеннего сезона рождения.

3.5.6 Биоконверсия питательных веществ и энергии корма в мясную продукцию

Генотипирование бычков по гену GH показало, что фактор сезона рождения не оказал значительного влияния на потребление питательных веществ и обменной энергии корма молодняком разных генотипов (табл. 25). В I опыте (осенний отел) потребление сырого протеина на единицу прироста живой массы составило 853,8-906,6 г, а на следующем этапе исследования этот показатель варьировал в пределах 860,8-905,9 г. Носители VV-генотипа отличались минимальным использованием питательных веществ и обменной энергии по сравнению со сверстниками других аллельных вариантов гена гормона роста.

При наивысшем потреблении сырого протеина бычками LL-генотипа в теле было синтезировано минимальное количество протеина, в I опыте они уступали сверстникам на 1,18-5,98 кг (3,2-14,6%), а во II – на 0,43-3,30 кг (2,5-7,8%). В то время как различия, обусловленные генотипом по гену GH, по

содержанию жира в теле были менее существенные. Следует отметить, что весенний сезона рождения способствовал повышению синтетических процессов в организме бычков, преимущество к концу периода контрольного выращивания (15 мес) относительно аналогов по генотипу составляло в LL-группе 3,59 кг по протеину и 3,42 кг по жиру, соответственно у гетерозиготных особей 2,84 и 5,43 кг, у VV-варианта – 0,91 и 3,6 кг.

Таблица. 25 Биоконверсия протеина и энергии корма в съедобные части тела бычков разных сезонов рождения в зависимости от генотипа по гену GH

Показатель	I опыт			II опыт		
	LL	LV	VV	LL	LV	VV
Потреблено на 1 кг прироста живой массы:						
сырого протеина, г	906,6	885,1	853,8	905,9	898,4	860,8
обменной энергии, МДж	73,33	71,51	68,91	72,71	72,04	68,99
Содержание протеина в теле, кг	35,10	36,28	41,08	38,69	39,12	41,99
Содержание жира в теле, кг	26,90	24,96	28,42	30,32	30,39	32,02
Выход на 1 кг живой массы:						
протеина, г	87,31	87,36	94,37	90,76	90,41	92,35
жира, г	66,92	60,10	65,29	71,12	70,23	70,42
энергии, МДж	4,70	4,43	4,80	4,95	4,90	4,96
Коэффициент конверсии протеина, %	9,63	9,87	11,05	10,02	10,06	10,73
Коэффициент конверсии обменной энергии, %	6,41	6,19	6,97	6,81	6,80	7,19

Влияние комплекса факторов сезон рождения и генотипа на синтез питательных веществ в съедобных частях тела бычков обусловила межгрупповую вариабельность биоконверсии протеина и энергии корма в пищевой белок. Независимо от периода проведения исследований лучшей эффективностью использования питательных веществ на продуктивность характеризовались носители VV-генотипа. Так, в I опыте их превосходство по коэффициенту конверсии протеина составляло 1,18-1,42%, обменной энергии – 0,56-0,78%, а во II опыте различия достигали 0,67-0,71% и 0,38-0,39%, соответственно. Уменьшение диапазона межгрупповой изменчивости у бычков весеннего сезона рождения (II опыт) связано с существенным повышением изучаемых показателей у LL-генотипа (на 0,39 и 0,40%) и

гетерозиготных (на 0,19 и 0,61%) бычков по гену гормона роста. Тогда как носители VV-варианта гена отличались минимальным взаимодействием с климатическим фактором по сравнению со сверстниками.

Анализ данных биоконверсии протеина и энергии корма в пищевой белок с учетом генотипа бычков по гену лептина свидетельствует о более выраженном влиянии фактора сезона рождения на количество израсходованных питательных веществ на единицу прироста живой массы (табл. 26). При этом у гомозиготного молодняка от весенних отелов наблюдалось повышение потребления сырого протеина на 9,0-25,6 г (1,0-2,9%) и обменной энергии на 0,19-1,59 МДж (0,3-2,2%), соответственно у VV и AA генотипов. Тогда как у гетерозиготных бычков показатели потребления питательных веществ во II опыте снизились на 11,8 г (1,3%) и 1,52 МДж (2,1%) по сравнению с предыдущим этапом исследования. AA-генотип гена LEP ассоциировался с повышенным расходом кормов в расчете на 1 кг прироста независимо от сезона рождения молодняка.

Таблица. 26 Биоконверсия протеина и энергии корма в съедобные части тела бычков разных сезонов рождения в зависимости от генотипа по гену LEP

Показатель	I опыт			II опыт		
	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Потреблено на 1 кг прироста живой массы:						
сырого протеина, г	892,4	884,9	864,7	918,0	873,1	873,7
обменной энергии, МДж	72,06	71,55	69,86	73,65	70,03	70,05
Содержание протеина в теле, кг	36,44	36,69	39,06	37,10	41,29	41,42
Содержание жира в теле, кг	27,40	24,24	28,54	31,84	31,31	29,32
Выход на 1 кг живой массы:						
протеина, г	87,87	89,55	91,20	88,12	92,99	92,31
жира, г	66,07	59,16	66,64	75,63	70,52	63,34
энергии, МДж	4,68	4,45	4,78	5,06	4,97	4,68
Коэффициент конверсии протеина, %	9,85	10,12	10,55	9,60	10,65	10,56
Коэффициент конверсии обменной энергии, %	6,49	6,22	6,84	6,87	7,10	6,68

На фоне высокого потребления бычки AA-генотипа отличались минимальным содержанием белка в теле, уступая в I опыте сверстникам на

0,25-2,62 кг (2,7-6,7%) и во II опыте на 4,19-4,32 кг (10,1-10,4%). Напротив, гомозиготы по А-аллели характеризовались интенсивным жиронакоплением в разрезе двух этапов исследования. Ранг распределения генотипов по гену LEP по выходу питательных веществ и энергии на 1 кг прироста был аналогичен их содержанию в теле животных.

Наивысшая эффективность конверсии протеина в I опыте установлена у носителей VV-генотипа, которые превосходили сверстников на 0,43-0,70%. Во II опыте изучаемый показатель в этой группе незначительно изменился, что свидетельствует о стабильности синтетических процессов гомозигот по V-аллели независимо от сезона рождения телят. Напротив, у гетерозиготных бычков отмечалось существенное повышение конверсии протеина на 0,53% у животных от весенних отелов, что обеспечило им лидерство по данному показателю во II опыте с превосходством на 0,09-1,05%. Наименьшая эффективность конверсии протеина установлена у AA-генотипа в разрезе двух опытов. На ранг распределения генотипов по гену LEP по конверсии энергии корма существенное влияние оказали условия выращивания бычков, лучшими по данному коэффициенту при осеннем сезоне рождения являлись гомозиготы по V-аллели, превосходя сверстников на 0,35-0,62%. Однако во II опыте у носителей этого генотипа зафиксирован минимальный показатель трансформации энергии, они уступали на 0,19 и 0,42% соответственно AA и AV группам бычков.

Таким образом, показатели биоконверсии протеина и энергии корма у бычков всех генотипов по генам GH и LEP были достаточно высокими, что подтверждалось при разных технологиях выращивания животных. Молодняк весеннего сезона рождения, как правило, характеризовался лучшей способностью использования питательных веществ рациона. Вариабельность в величине изучаемых показателей в зависимости от сезона рождения обусловлена взаимодействием комплекса факторов наследственности и системы содержания животных, который значительно определял интенсивность обменных процессов.

3.6 Экономическая эффективность выращивания бычков

Получение телят в сжатые сроки облегчает организацию случной кампании в хозяйстве, позволяет более точно нормировать кормление коров и телят, упрощает технологические операции, связанные с содержанием и кормлением молодняка, улучшает возможности оценки племенной ценности поголовья, а также способствует повышению эффективности труда. По нашим данным производственные затраты при выращивании телят весеннего сезона рождения были ниже в среднем на 3,7% по сравнению с аналогами от осеннего отела (табл. 27).

Таблица. 27 Экономическая эффективность выращивания бычков разных генотипов по гену GH до 15 мес. в зависимости от сезона рождения (в расчете на 1 животное с учетом затрат на содержание коровы)

Показатель	Опыт I (осенний сезон рождения)			Опыт II (весенний сезон рождения)		
	LL	LV	VV	LL	LV	VV
Производственные затраты, руб.	98228,34	99251,42	99933,43	94646,57	95270,29	96127,48
Валовый прирост, ц	3,87	4,05	4,17	4,12	4,20	4,31
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	25382,00	24506,52	23964,85	22972,47	22683,40	22303,36
Реализационная стоимость при убое, руб.	103600,0	107975,0	111275,0	109900,0	111875,0	114525,0
Прибыль, руб.	5371,66	8723,58	11341,57	15253,43	16604,71	18397,52
Уровень рентабельности, %	5,47	8,79	11,35	16,12	17,43	19,14

Получение высокой продуктивности у бычков II опыта и низкие расходы на производство в совокупности обеспечили существенное снижение себестоимости 1 ц прироста живой массы у LL-генотипа на 9,49%, у гетерозиготных животных – 7,44% и у VV-группы – на 6,93% относительно

аналогов по генотипу гена гормона роста I этапа исследования. Наивысшая стоимость при реализации на мясокомбинате независимо от условий выращивания отмечалась у VV-генотипа, которые превосходили сверстников I опыта на 3300,0-7675,0 руб., во II опыте – на 2650,0-4625,0 руб. Откорм бычков казахской белоголовой породы до 15-месячного возраста является прибыльным производством говядины. При этом сумма прибыли в I опыте варьировала в пределах 5371,66-11341,57 руб., а во II опыте аналоги по генотипу гена GH превосходили на 7055,95-9881,77 руб. Наибольшая прибыль и рентабельность отмечались при убое носителей VV-варианта гена гормона роста, что подтверждалось выращиванием при разных технологических условиях. Превосходство этой группы бычков по уровню рентабельности в I опыте составляла 2,56-5,88%, а во II опыте – 1,71-3,02%.

Группировка животных в соответствии с генотипом по гену лептина при реализации на мясокомбинате выявила схожую тенденцию динамики основных экономических показателей (табл. 28).

Таблица 28. Экономическая эффективность выращивания бычков разных генотипов по гену LEP до 15 мес. в зависимости от сезона рождения (в расчете на 1 животное с учетом затрат на содержание коровы)

Показатель	Опыт I (осенний сезон рождения)			Опыт II (весенний сезон рождения)		
	AA	AV	VV	AA	AV	VV
Производственные затраты, руб.	99024,08	98398,84	99137,76	95270,29	95426,17	96205,57
Валовый прирост, ц	4,01	3,90	4,03	4,20	4,22	4,32
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	24694,28	25230,47	24599,94	22683,40	22612,84	22269,81
Реализационная стоимость при убое, руб.	107100,0	104150,0	107975,0	111950,0	112400,0	114700,0
Прибыль, руб.	8075,92	5751,16	8837,24	16679,71	16973,83	18494,43
Уровень рентабельности, %	8,16	5,84	8,91	17,51	17,79	19,22

Так, получение телят в весенний сезон и их выращивание до 15 месяцев способствуют снижению производственных затрат и себестоимости приростов по сравнению с аналогами осеннего сезона рождения. И, напротив, отмечалось увеличение реализационной стоимости и прибыли при убое бычков, полученных от весенних отелов. При этом по совокупности двух опытов установлено превосходство VV-генотипа по гену LEP по уровню рентабельности. В I опыте разница относительно сверстников по эффективности производства составляла 0,75-3,07%, а на II этапе исследования – 1,43-1,71%.

Таким образом, организация туровых отелов в весенний сезон отвечает требованиям ресурсосберегающей технологии, позволяющей оптимизировать производственные затраты при выращивании молодняка для получения высококачественной говядины. В этот период приплод рождается более жизнеспособным и хорошо приспособленным к условиям кормления и содержания. В первые месяцы жизни телятам от весенних отелов не требуется большого количества грубых, сочных и концентрированных кормов. Они только приучаются их поедать, а потребность в корме полностью удовлетворяют за счет молока матери, которого вполне хватает маленькому теленку. А с выходом на пастбища молочность у коров-матерей увеличивается, что способствует получению высоких приростов живой массы без больших материальных затрат на корма.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целенаправленная селекционно-племенная работа по созданию высокопродуктивного стада крупного рогатого скота казахской белоголовой породы в ООО «Омеко-труд» началась с момента основания хозяйства в 2003 году. Племенная работа с заводскими линиями и родственными группами животных строится на основе целенаправленного использования скота желательного типа. Их распространение способствует распространению генетического материала и диапазона селекции. Стадо ООО «Омеко-труд» имеет разностороннюю в генеалогическом отношении структуру. При организации стада хозяйства был осуществлен завоз маточного поголовья и племенных бычков из племрепродуктора ОНО ОПХ "Буртинское", СПК колхоз "Уральский" и СПК колхоз "Теренсайский", СПК (колхоз) «Аниховский» Оренбургской области. В 2020 году ООО «Омеко-труд» закупил семя производителей казахстанской селекции для освежения крови и изменения генеалогической структуры стада. Интенсивно используется семя производителей: Чемпиона KZC 109168663, Крепыша KZR 157267280.

В большинстве хозяйств по разведению казахской белоголовой породы практикуются круглогодовые отелы, и наметилась четкая тенденция к выравниванию числа отелов по сезонам года, около 65% отелов происходят в теплый период (март-октябрь) на пастбищах (Хайнацкий В.Ю. и др., 2022). На результатах воспроизводства стада сильно сказываются экономические и природно-климатические условия (Макаев Ш.А. и др., 2013). Заметное снижение в показателях отмечается в засушливые неурожайные годы.

Сезон рождения телят является фундаментальным фактором в мясном скотоводстве, определяющим особенности кормления и системы содержания животных (Завьялов О.А., Фролов А.Н., 2025). В нашей работе основу рациона в подсосный период телят осеннего сезона рождения составляли молоко (35,76%) и концентраты (30,87%) по питательности. У сверстников от весенних отелов наибольшую долю по питательности занимали молоко

(34,20%) и зеленая масса (39,04%). Концентратами бычки весеннего сезона рождения подкармливались в конце пастбищного содержания при обеднении травостоя. За весь период выращивания от рождения до 15-месячного возраста у бычков I опыта в структуре кормов отмечалось превосходство по расходу зеленой массы на 1,72% и концентратов на 4,51%, а у аналогов II опыта – сена на 3,02% и сенажа на 2,86%. При выращивании герефордских бычков в условиях Западной Сибири приводятся схожие рационы кормления и потребление кормов в зависимости от сезона рождения (Инербаев Б.О. и др., 2018).

В первую очередь пластичность генофонда определяется использованием отцов-носителей альтернативных аллелей (Герасимов Н.П., 2022). Ротация быков-производителей в маточных гуртах во время случной кампании обеспечит более выровненное по генотипу потомство. Поэтому важно при изучении генетической структуры популяции оценить распределение генотипов у всего поколения ремонтного молодняка. В нашей работе различия в генетической структуре между двумя выборками бычков в зависимости от сезона рождения обуславливались генотипами родительских пар, участвующих в племенном подборе. Гетерогенность популяции в зависимости от сезона отела значительно повлияла на несбалансированное состояние генофонда стада исходя из достоверной разницы между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами генотипов по гену GH ($\chi^2=9,7$; $P<0,01$). Это свидетельствует о том, что большое влияние на структуру генофонда изучаемого стада оказывает организация воспроизводства поголовья и племенной подбор родительских пар (Дубовскова М.П. и др., 2021).

Генотипированием бычков по гену LEP не установлено значительных различий между носителями разных генотипов. Это объясняется тем, что ген лептина ассоциирован с липидным обменом, интенсивность которого повышается с возрастом и определяет скороспелость животного (Селионова М.И., Евстафьева Л.В., 2024). Казахская белоголовая порода современной

селекции относится к долгорослому типу мясного скота, способной длительное время наращивать мышечную ткань вплоть до 18-20-месячного возраста, а до этого этапа в меньшей степени происходит жиронакопление в организме (Хайнацкий В.Ю. и др., 2020; Цыдыпов С.С., Гармаев Д.Ц., 2022). В итоге в наших исследованиях не выявлены значительные различия по весовому росту казахских белоголовых бычков. Тем не менее в разрезе двух опытов наблюдалась тенденция повышенного потенциала весового роста носителей VV-генотипа гена.

Среди организованных в исследовании факторов наиболее сильное воздействие на вариабельность показателей убоя бычков оказывала технология содержания и полиморфизм гена GH. Лучший весовой рост у гомозиготных носителей V-аллели сочетался с наивысшими массой и выходом туши, преимущество по которым составило 13,0-20,3 кг (5,6-9,0%; $P>0,05$, $P<0,05$) и 0,3-0,8% ($P>0,05$) соответственно. Ранг распределения генотипов соответствовал порядку $VV>LV>LL$ по большинству признаков за исключением развития внутреннего жира-сырца. Наши результаты согласуются с данными, полученными Горловым И.Ф. и др. (2023) при выращивании бычков 3 пород (русской комолой, казахской белоголовой и калмыцкой) южной популяции, отмечая значительное превосходство гомозиготного по V-аллелю молодняка по живой массе в 16-месячном возрасте.

Наличие полиморфизма гена GH в стаде казахской белоголовой породы обуславливало сравнительно высокую изменчивость убойных показателей у бычков, выращенных при разных технологиях содержания. Так, предубойная масса носителей разных вариантов гена GH варьировала в диапазоне 402,0-454,7 кг, масса парной туши – 216,3-252,0 кг, при минимальной выраженности признаков в обоих случаях у LL-генотипа при убое в осенний сезон (I опыт) и максимальной у VV сверстников II опыта. В свою очередь вариабельность этих признаков при группировке животных в соответствии с генотипом по гену LEP была несколько меньше, а размах между минимумом и максимумом

составлял 39,0 кг по предубойной массе и 26,3 кг по массе парной туши. Это согласуется с результатами убоя герефордских и лимузинских бычков, которые свидетельствовали о различной степени детерминации убойных качеств генами GH и LEP, подтвержденные на двух породах (Седых Т.А. и др., 2020а, 2020б).

Катков К.А. и др. (2024) рекомендуют учитывать лимитирующие факторы при селекции мясного скота. Смена режимов откорма являлась существенным лимитирующим фактором для реализации генетического потенциала бычками LL-генотипа по предубойной массе и массе туши, что подтверждается значительным превосходством молодняка II опыта на 24,3 (6,0%; $P < 0,05$) и на 16,4 кг (7,6%; $P < 0,05$) относительно соответствующих показателей предыдущего этапа исследований. Также следует отметить, повышение выхода туши на 0,8% ($P < 0,05$) у носителей VV-варианта гена GH при откорме по технологии зимнего содержания по сравнению с аналогами по генотипу I опыта.

Данные генотипического анализа голштинского молодняка показали, что полиморфизм LEP A80V может быть потенциальным маркером для оценки показателей роста и откормочных качеств (Ardicli S et al., 2019). При этом животные с TT-генотипом (в нашем случае VV-генотип) быстрее достигали целевой живой массы в 200, 300 и 450 кг по сравнению с носителями альтернативных вариантов гена. В наших исследованиях генотип бычков по гену LEP детерминировал значительные различия по отложению висцерального жира. При этом носители распределялись в порядке VV>AV>AA. При незначительных различиях по массе туши особенности жиронакопления, обусловленные генотипом по гену LEP, оказались решающим фактором изменчивости бычков по убойной массе. Наши данные согласуются с результатами убоя голштинских бычков и помесей с шароле, проведенные Kostusiak P. et al. (2024), которые свидетельствовали о значительной ассоциации LEP гена с жиронакоплением в туше. Седых Т.А. и др. (2020) получили сходные с нашими данными при убое герефордских и

лимузинских бычков, подтверждающие влияние полиморфизма LEP гена на массу и выход жира-сырца.

В исследованиях Отарова А.И. и др. (2021) сроки комплектования откормочных площадок в высокогорном районе Северного Кавказа существенно повлияли на продуктивные качества чистопородных и помесных бычков абердин-ангусской и калмыцкой пород скота. В нашей работе создание контрастных условий выращивания подопытного молодняка позволило определить наиболее благоприятный период для комплектования откормочного контингента. От бычков весеннего сезона рождения к моменту убоя в 15-месячном возрасте были получены более тяжеловесные охлажденные полутуши по сравнению со сверстниками от осеннего отела. При обвалке полутуш на отдельные ткани тела также установлены различия по массе мякоти на 6,0 кг (6,9%; $P < 0,05$), мышечной ткани – на 5,1 кг (6,6%; $P < 0,05$), жира – на 0,8 кг (7,4%; $P < 0,01$), сухожилий – на 0,3 кг (7,7%; $P < 0,05$) в пользу молодняка от весенних отелов. Следует отметить, что разница по доле этих тканей в туше была несущественной.

По данным Фролова А.Н. и Завьялова О.А. (2024) сезоны выращивания молодняка и связанные с ними температурные колебания изменяют потребности организма в питательных веществах, что сказывается на пищеварительной функции и, в конечном счете, на продуктивности животных. В наших исследованиях реализация генетического потенциала мясной продуктивности бычками казахской белоголовой породы значительно определялась условиями проведения откорма. Незначительные различия по развитию висцерального жира ограничивались возрастными особенностями 15-месячных бычков, выражающихся в невысокой интенсивности жиронакопления и эффективному использованию питательных веществ рациона независимо от технологии выращивания. Наилучшую способность к биоконверсии протеина и энергии корма в пищевой белок проявили животные, рожденные в ранневесенние месяцы.

Косян Д.Б. и др. (2019) рекомендовали использовать полиморфизм гена гормона роста в качестве надежного теста для прогнозирования жирнокислотного состава мяса у герефордских бычков. В наших исследованиях выявлено значительное взаимодействие генотипа и сезона рождения на состав липидов мышечной ткани. Так, лучшим соотношением ПНЖК и НЖК в мясе отличались животные I опыта.

Таким образом, результаты нашей работы дополняют существующие знания о влиянии генотипов по генам GH и LEP на формирование мясной продуктивности крупного рогатого скота, при этом расширяя теорию эколого-генетического взаимодействия при организации продуктивных качеств животных.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации представлен анализ взаимодействия комплекса генетических и паратипических факторов на особенности формирования мясной продуктивности бычков казахской белоголовой породы, направленный на повышение эффективности использования породных ресурсов в условиях Южного Урала. На основе полученных данных сформулированы следующие выводы:

1. Предпосылкой организации селекции казахской белоголовой породы по полиморфизмам GH^{L127V} и LEP^{A80V} является репрезентативная встречаемость минорных аллелей в стаде, составляющая для генов $GH^V=0,402$ и $LEP^V=0,338$. Носители генотипов были представлены с частотой $GH^{LL}=0,427$, $GH^{LV}=0,342$ и $GH^{VV}=0,231$, а также $LEP^{AA}=0,521$, $LEP^{AV}=0,282$ и $LEP^{VV}=0,197$.

2. Структура рационов и уровень потребления питательных веществ определялись сезоном рождения бычков. В подсосный период при осенних отелах (I опыт) основу рациона по питательности составляли молоко матери (35,76%) и концентраты (30,87%), при весенних (II опыт) – молоко (34,20%) и зеленая масса (39,04%). За весь период выращивания у бычков I опыта в структуре кормов отмечалось превосходство по расходу зеленой массы на 1,72% и концентратов на 4,51%, а у аналогов II опыта – сена на 3,02% и сенажа на 2,86%. Молодняк весеннего отела потребил больше обменной энергии (на 5,3%), кормовых единиц (на 3,3%) и переваримого протеина (на 4,2%).

3. Влияние сезона рождения на весовой рост значительно ($P<0,001$) на всех этапах контроля. В возрасте 15 мес бычки I опыта уступали по величине живой массы сверстникам весеннего отела на 23,3 кг. Высокий потенциал роста GH^{VV} -генотипа проявлялся уже с ранних этапов выращивания и достигал максимума к 15 мес, превосходя сверстников LL -группы в I опыте на 30,7 кг ($P<0,01$), во II опыте – 18,5 кг ($P<0,05$). За период от рождения до 15 мес наибольшая разница по среднесуточному приросту между гомозиготными

генотипами по гену GH установлена в I опыте – 65 г ($P<0,01$), а во II опыте – 42 г ($P<0,05$).

4. Высокая интенсивность роста бычков весеннего сезона рождения (II опыт) подтверждается достоверным превосходством показателей белкового обмена: по содержанию общего белка в сыворотке крови разница составляла 5,7% ($P<0,05$), а по активности АСТ – 13,1% ($P<0,05$) по сравнению с аналогами осеннего отела. У молодняка II опыта также отмечено повышенное содержание лейкоцитов – на 18,0% ($P<0,05$), что свидетельствует об активизации иммунной защиты и более высокой резистентности организма.

5. Молодняк весеннего отела существенно превосходил ($P<0,05$) осенних сверстников по убойной массе (на 15,2 кг) и убойному выходу (на 0,9%). У бычков наблюдался аддитивный эффект замещения $L \rightarrow V$ аллелей в локусе гена GH, выраженном в значительном ($P<0,05-0,001$) повышении массы туши, выхода туши, убойной массы у носителей VV-генотипа, что подтверждалось при разных технологиях выращивания. Значительное ($P<0,05$) взаимодействие сезона рождения и генотипа по гену LEP установлено на развитие жира-сырца и убойный выход. При этом отмечался эффект доминирования при замене $A \rightarrow V$ аллелей, что выражалось в значительном ($P<0,05-0,01$) увеличении у гетерозиготных бычков II опыта массы туши – 25,0 кг, выхода туши – 1,5%, убойной массы – 28,7 кг, убойного выхода – 2,2% относительно аналогов предыдущего этапа.

6. От бычков II опыта были получены более тяжеловесные охлажденные полутуши на 7,1 кг ($P<0,05$) с наибольшим содержанием мякоти на 6,0 кг ($P<0,05$), мышечной ткани – на 5,1 кг ($P<0,05$) и жира – на 0,8 кг ($P<0,01$) по сравнению с аналогами I опыта. Положительное влияние весенний сезон рождения оказал на реализацию потенциала продуктивности GH^{LL} и LEP^{AV} генотипов увеличением массы полутуши на 8,1-12,3 кг ($P<0,05$) и мякоти на 7,0-10,5 кг ($P<0,05$), соответственно. Подтверждено при разных технологиях выращивания превосходство ($P<0,05-0,01$) носителей VV-

генотипа по массе полутуши на 9,4-10,3 кг, мякоти на 7,6-9,0 кг и мышечной ткани на 8,3-9,3 кг относительно LL-варианта GH гена.

7. Значимых ассоциаций GH и LEP генов с химическим составом мяса не выявлено. Во II опыте установлено превосходство LEP^{AA}-генотипа по содержанию жира в длиннейшей мышце спины на 1,11% ($P<0,05$) по сравнению с VV-группой. Лучшим соотношением ПНЖК и НЖК в мясе отличались животные I опыта. Повышенное на 1,13% ($P<0,01$) содержание НЖК отмечалось у GH^{LL}-генотипа II опыта относительно аналогов по генотипу от осеннего отела. Технологический фактор существенно повлиял на содержание ПНЖК у гетерозиготного по гену GH молодняка, разница составляла 1,90% ($P<0,05$) в пользу животных I опыта. Превосходство ($P<0,05-0,01$) по соотношению незаменимых и заменимых АМК в мясе установлено у бычков от весеннего отела относительно аналогов по генотипам I опыта.

8. Бычки весеннего сезона рождения отличались лучшими показателями биоконверсии корма в мясную продукцию. Независимо от периода проведения исследований более эффективным использованием питательных веществ на синтез съедобных частей тела характеризовались носители GH^{VV}-генотипа. Условия выращивания существенно повлияли на перераспределение рангов генотипов по гену LEP, причем в I опыте лучшие показатели биоконверсии протеина и энергии корма отмечались у LEP^{VV}-генотипа, а во II опыте превосходство установлено у гетерозиготных бычков.

9. Производственные затраты при выращивании телят весеннего сезона рождения были ниже в среднем на 3,7% по сравнению с аналогами от осеннего отела. На фоне высокой продуктивности и оптимизации производственных расходов при убое бычков II опыта увеличение рентабельности составляло 7,79-11,95% относительно результатов предыдущего убоя. Наибольшая прибыль и рентабельность отмечались при убое носителей VV-генотипов по генам GH и LEP, что подтверждалось выращиванием при разных технологических условиях.

6. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В сухостепных условиях Южного Урала для повышения эффективности производства говядины рекомендуется:

1. Организовывать туровые отелы казахской белоголовой породы в весенний сезон (март-апрель), что позволяет снизить производственные затраты на 3,7 % и обеспечить более полную реализацию генетического потенциала мясной продуктивности бычков.

2. В племенной работе со стадами казахской белоголовой породы проводить генотипирование животных по полиморфизмам генов гормона роста (GH L127V) и лептина (LEP A80V) с целенаправленным отбором и подбором родительских пар для повышения встречаемости V-аллелей указанных маркеров.

Комплексное применение рекомендуемых селекционно-технологических мероприятий позволяет дополнительно получать 9,2-14,6 кг мяса в расчете на одну голову и повысить рентабельность производства говядины на 13,4-13,7 %.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Учитывая ограниченный объем выборки при изучении количественных и качественных показателей мясной продуктивности потребуются дополнительные исследования с увеличением поголовья и включением новых популяций для разработки стратегии маркер-ассоциированной селекции на породном уровне. Дальнейшим развитием темы является расширение спектра генов для мониторинга стад мясного скота и проведение исследований с участием других пород.

7. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амерханов Х.А., Каюмов Ф.Г. Племенные ресурсы в развитии специализированного мясного скотоводства // Вестник мясного скотоводства. 2009. Выпуск 62 (3). С. 3-7.
2. Амерханов Х.А., Хайнацкий В.Ю., Каюмов Ф.Г. Значение казахской белоголовой породы в решении проблемы развития мясного скотоводства // Вестник мясного скотоводства. 2010. Т. 1. № 63. С. 16-20.
3. Амерханов Х.А. Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности: произв.-практ. изд. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 39 с.
4. Амерханов Х.А., Макаев Ш.А. Рекомендации по составлению перспективного плана селекционно-племенной работы с мясными породами крупного рогатого скота. М., 2013. 31 с.
5. Амерханов Х.А., Клименко А.И., Шевхужев А.Ф., Дубовскова М.П., Каниболоцкая А.А. Полиморфизм генов SCD и FABP4 у мясного скота калмыцкой породы. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 9-13.
6. Ахмадов В.Т., Бетигова М.Л. Влияние факторов окружающей среды на организм молочных коров // Наука молодых - наука будущего: Сборник материалов Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Грозный, 24 апреля 2025 года. Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2025. С. 24-28.
7. Баркова О.Ю. Обзор ключевых генов, регулирующих рост и развитие скелетных мышц у домашних кур // Птицеводство. 2022. № 4. С. 4-9.
8. Бейшова И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 48-53.
9. Белая Е.В., Бейшова И.С., Селионова М.И., Бирг В.С., Снагощенко К.И. Ген HERC3 как генетический маркер среднесуточного прироста у

казахского белоголового скота // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2023. Т. 59. № 3. С. 43-48.

10. Белая Е.В., Бейшова И.С., Селионова М.И., Шулинский Р.С., Ульянова Т.В. Полногеномный поиск QLT-ассоциированных SNP для прогнозирования наследственного потенциала продуктивности у казахского белоголового скота // Вестник АПК Ставрополя. 2022. № 3(47). С. 18-25.

11. Белобороденко, А.М., Белобороденко М.А., Белобороденко Т.А. Репродуктивная функция и состояние организма коров в экстремальных условиях Северного Зауралья. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2013. 220 с.

12. Богомолова, О.А. Методы оценки колострального иммунитета новорожденных телят // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 2(10). С. 9-16.

13. Болатчиев А.Т., Боташева Х.Ю., Гогугев Э.Х., Биджиев Р.Х. Мясная продуктивность ярок карачаевской породы в зависимости от ряда паратипических факторов // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 18-19.

14. Вдовиченко Ю.В., Писаренко А.В., Макаручук Р.Н., Фурса Н.Н. Влияние генетических и паратипических факторов на живую массу молодняка южного мясного скота // Научный вестник "Аскания-Нова". 2017. № 10. С. 148-156.

15. Великанов В.И., Кляпнев А.В., Харитонов Л.В., Терентьев С.С. Физиологическое состояние, становление неспецифической резистентности и иммунологического статуса телят раннего постнатального периода онтогенеза после применения Тимогена, Полиоксидония, Ронколейкина и Синэстрола 2 % коровам матерям перед отелом. Нижний Новгород : Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. 224 с.

16. Газеев И.Р., Карамаева А.С., Карамаев С.В. Влияние технологии выращивания и откорма бычков мандолонгской породы на их рост и развитие // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство:

агрономия, ветеринария и зоотехния. 2025. № 1 (10). С. 124-131.

17. Герасимов Б.Л. Невидомская А.Ф., Галдев Б.Х. Разный уровень концентратов в рационах мясного скота // Сб. науч. Тр. ВАСХНИЛ.- 1985.- С.50-56.

18. Герасимов Н.П. Генетическая структура казахского белоголового скота по комбинации полиморфизмов GH (g. 2141C>g) и GHR (g. 914T>A) // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 97. С. 155-160.

19. Головань В.Т., Юрин Д.А., Кучерявенко А.В. Влияние типа кормления в молочный период на последующие рост и развитие бычков при интенсивном выращивании // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 251-256.

20. Гонтюрев В.А., Макаев Ш.А. Состояние и дальнейшее направление племенной работы с мясным скотом казахской белоголовой породы // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 4 (87). С. 39-42.

21. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Николаев Д.В., Мосолова Н.И., Карпенко Е.В., Шахбазова О.П., Раджабов Р.Г., Мосолова Д.А. Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 56-68.

22. Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Анисимова Е.Ю., Карпенко Е.В., Бадмаева К.Е., Убушиева В.С. Полиморфизм генов GH, MC4R и CAPN1 у южных популяций крупного рогатого скота мясных пород и влияние на живую массу // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 21-34.

23. Джуламанов К.М., Бактыгалиева А.Т., Колпаков В.И., Джуламанов Е.Б. Качество мяса бычков и кастратов разных генотипов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2021. № 4 (65). С. 54-60.

24. Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Формирование мясной продуктивности герефордских бычков разных типов телосложения во

взаимосвязи с факторами внешней среды // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 57-67.

25. Джуламанов К.М., Сафронова А.А., Платонов С.А., Кизаев М.А. Оценка генотипа герефордского скота по племенным и продуктивным качествам // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2022. № 4 (69). С. 63-69.

26. Дмитриев М.Ю., Емельянова В.Г. Интенсивность роста и развития молодняка крупного рогатого скота мясного направления в зависимости от возраста матерей // В сборнике: актуальные вопросы современных научных исследований. сборник статей Международной научно-практической конференции в 2 частях. Пенза, 2023. С. 199-201.

27. Донник И.М., Лоретц О.Г., Барашкин М.И., Портнов В.С., Бейкин Я.Б., Шкуратова И.А., Верещак Н.А., Кривоногова А.С., Исаева А.Г. Физиологические особенности животных в районах техногенного загрязнения // Ветеринария Кубани. 2013. № 1. С. 21-22.

28. Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Характеристика генетической структуры стада племенных бычков герефордской породы по полиморфизму генов GH (с. 2141C>G) и TG5 (с. -422C>T) в динамике поколений // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 47-56.

29. Жан Батист Ламарк. Философия зоологии / пер с фр. С. В. Сапожникова. М.: Наука, 1911.

30. Завьялов О.А., Харламов А.В., Харламов В.А., Левахин В.И., Иванов П.А. Эффективность выращивания молодняка для производства говядины в мясном скотоводстве // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 4 (82). С. 48-51.

31. Завьялов О.А., Фролов А.Н. Влияние температуры окружающей среды на продуктивные качества и биологические особенности бычков чернопестрой породы в ранний период постнатального онтогенеза // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26. № 6. С. 1365-1374.

32. Зазнобина Т.В., Ефимова Л.В. Рост и развитие тёлочек в зависимости

от сезона рождения // Молочнохозяйственный вестник. 2024. № 3 (55). С. 82-92.

33. Игнатьева Н.Л., Воронова И.В., Немцева Е.Ю., Данилова Н.В. Рост и продуктивные качества голштинизированных телок и коров черно-пестрой породы в зависимости от сезона рождения // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (26). С. 80-84.

34. Инербаев Б.О., Дуров А.С., Храмцова И.А., Борисов Н.В., Рыков А.И. Влияние сезона рождения на живую массу герефордских бычков // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 4 (22). С. 74-80.

35. Инербаев Б.О. Храмцова И.А., Инербаева А.Т. Генотипическая и фенотипическая характеристика популяции герефордского скота Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 3. С. 97-105.

36. Иргашев Т.А., Шамсов Э.С. Влияние генотипа бычков на морфофизиологические показатели в условиях гиссарской долины таджикистана // Мичуринский агрономический вестник. 2022. № 2. С. 35-41.

37. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов, Н.И. Клейменов // Справочное пособие 3-е изд. Под ред. А.П. Калашникова. М.: Россельхозиздат. 2003. 456 с.

38. Карпенко А.Ф., Разумовский Н.П., Соболев Д.Т., Царенок А.А. Полноценное кормление высокопродуктивных коров: монография // НАН Беларуси, Институт радиобиологии. Минск: Белорусская наука, 2021. 430 с.

39. Карпеня М.М., Карпеня С.Л., Шамич Ю.В., Подрез В.Н., Дуброва Ю.Н. Рост, естественная резистентность организма и этологические особенности ремонтных бычков, выращиваемых при беспривязном содержании на различной площади пола // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2014. Т. 50. № 1-1. С. 177-181.

40. Катков К.А., Дубовскова М.П., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А.

Селекция с учетом лимитирующих факторов в стаде герефордской породы // Сельскохозяйственный журнал. 2024. №4 (17). С. 64-75.

41. Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. Сезон отела и продуктивность коров на фермах Хабаровского края // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 3 (217). С. 148-151.

42. Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (15). С. 58-65.

43. Колпаков В.И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор). // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 47-64.

44. Коновалова Е.Н., Гладырь Е.А., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Генетические дефекты мясных пород крупного рогатого скота и стратегии их контроля // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. №7. С. 42-52.

45. Косян Д.Б., Сурундаева Л.Г., Русакова Е.А. Взаимосвязь полиморфизма гена bGH с показателями липидного обмена у крупного рогатого скота герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 4. С. 79-86.

46. Красота В.Ф. Лобанов В.Т. Разведение сельскохозяйственных животных // М.: Колос, 1976. 396-410 с.

47. Криницина Т.П. Влияние сезона рождения на мясную продуктивность бычков породы обрак // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (91). С. 199-201.

48. Криницина Т.П. Живая масса и мясная продуктивность бычков герефордской породы разных сезонов рождения // В сборнике: Современные научно–практические решения в АПК. Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. Тюмень. 2017. С. 90-93.

49. Лебедев С.В., Амерханов Х.А., Джуламанов К.М., Макаев Ш.А., Герасимов Н.П., Дубовскова М.П., Хайнацкий В.Ю., Колпаков В.И.

Руководство по составлению плана селекционно-племенной работы с мясными породами крупного рогатого скота: учебное пособие. Оренбург: ООО «Типография «Агентство Пресса», 2023. 60 с.

50. Лесникова, Д.С. Витамины а и д и их влияние на телят // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики : сборник научных трудов по материалам II-ой Международной научно-практической конференции, Томск, 21-25 октября 2014 года. Томск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2014. С. 93-95.

51. Леушин С.Г. Беломытцев Е.С., Бельков Г.И. Технология мясного скотоводства. Челябинск: Юж. Урал. кн. изд-во, 1977. 125с.

52. Лузикова А.Д. Влияние сезона рождения телят на их интенсивность роста // Форум молодых ученых. 2019. № 7 (35). С. 154-156.

53. Лыков А.П. Мезенхимные стволовые клетки: свойства и клиническое применение // Сибирский научный медицинский журнал. 2023. № 43 (2). С. 40-53.

54. Ляшук, А.Р. Андрейчук О.А. Влияние внешней среды и условий содержания на молочную продуктивность коров при переходе на органические технологии // Научный журнал молодых ученых. 2019. № 2(15). С. 24-29.

55. Макаев Ш.А., Гонтюрев В.А., Жамбулов М.С. Хозяйственно-полезные признаки первотёлок мясного скота // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 2(80). С. 17-21.

56. Макаев Ш.А., Мищенко Н.В. Селекционно-племенная работа в совершенствовании структурных элементов стада // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 2(85). С. 13-20.

57. Макаев Ш.А., Польских С.С. Создание новых заводских линий высокорослых животных казахской белоголовой породы // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 2 (90). С. 11-20.

58. Макарец Н.А. Микотоксины в кормлении животных. М.: Росинформагротех, 2019. 288 с.

59. Мартынова А.Ю., Шевлягин А.О., Горелик О.В. Влияние сезона рождения на рост и развитие ремонтных телок // Молодежь и наука. 2018. № 5. С. 59.

60. Мартынова Е.Н., Ястребова Е.А. Освещенность животноводческих помещений и ее влияние на продуктивность коров // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 386.

61. Мартынова Е.Н., Ястребова Е.А. Физиологическое состояние коров в зависимости от микроклимата помещений // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 8. С. 53-56.

62. Маслова Н.А., Хохлова А.П., Попова О.А. Усовершенствование технологии выращивания телят в профилакторный период. Белгород : ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2024. 256 с.

63. Мирошников С. Программный подход к созданию отрасли // Животноводство России. Специальный выпуск по мясному скотоводству. 2013. С. 2-3.

64. Мирошников С.А., Макаев Ш.А., Фомин В.Н. Ведение линий казахского белоголового скота // Молочное и мясное скотоводство. 2012. № 1. С. 46.

65. Насамбаев Е.Г. Ахметалиева А.Б., Нугманова А.Е., Досжанова А.О. влияние типов кормления на продуктивные качества животных казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 150-159.

66. Насамбаев Е.Г., Ахметалиева А.Б., Нугманова А.Е., Батыргалиев Е.А., Кулбаев Р.М., Третьякова Р.Ф., Амерханов Х.А., Дунин И.М. Рост и развитие молодняка аулиекольской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 80-90.

67. Неверова О.П., Горелик О.В., Лиходеевская О.Е. Влияние сезона года рождения на рост молодняка крупного рогатого скота // В книге: Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам IV Национальной

конференции. 2019. С. 67.

68. Отаров А.И., Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Рост, развитие и мясные качества чистопородных и помесных бычков при откорме на площадке в зависимости от сезона года // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. №3(89). С. 267-272.

69. Паронян И.А. Возможности сохранения и совершенствования генофонда пород крупного рогатого скота отечественной селекции // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т.32. №5 С. 63-66.

70. Прохоров И.П., Лукьянов В.Н., Пикуль А.Н. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков симментальской породы и ее помесей с герефордской и шаролежской // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 74-89.

71. Разумовский Н.П. Влияние кормления на воспроизводительную способность КРС // Наше сельское хозяйство. 2025. № 18(362). С. 15-21.

72. Родин В.И., Яремчук В.П., Расторгуева П.С., Кужда И.И., Хоменец Н.Г. Влияние факторов внешней среды на состояние здоровья и продуктивность крупного рогатого скота // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2012. № 2. С. 62-73.

73. Романенко Л.В., Волгин В.И., Федорова З.Л., Корочкина Е.А. Влияние генетических и паратипических факторов на метаболизм черно-пестрых голштинских коров. // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2015. № 2. С. 5-8.

74. Садыков М.М., Симонов Г.А., Кебедова П.А., Алиханов М.П. Влияние сезона рождения на продуктивность бычков калмыцкой мясной породы в предгорной зоне Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 3 (55). С. 110-115.

75. Садыков М.М., Симонов Г.А., Садыков Р.М., Зейналова З.Г. Влияние сезона рождения на продуктивность телок калмыцкого скота. // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 1 (17). С. 138-144.

76. Сафина О.Г., Смирнова Е.С. Генетические факторы, влияющие на

мясную продуктивность крупного рогатого скота // Молодежь и наука. 2025. № 1. С 6-10.

77. Сафронова А. А., Джуламанов К. М., Сурундаева Л. Г. Генетическая оценка бычков по собственной продуктивности // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 71-78.

78. Седых Т.А., Гизатуллин Р.С., Долматова И.Ю., Гусев И.В., Калашникова Л.А. Полиморфизм гена соматотропного гормона в связи с качеством туш мясного скота // Российская сельскохозяйственная наука. 2020а. № 2. С. 53-57.

79. Седых Т.А., Калашникова Л.А., Гизатуллин Р.С., Косилов В.И. Влияние полиморфизма гена лептина на продуктивность мясного скота // Российская сельскохозяйственная наука. 2020б. № 5. С. 54-58.

80. Сеитов М.С., Левицкая Т.Т. Содержание, кормление и сравнительная оценка показателей роста бычков разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 256-260.

81. Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9-12.

82. Селионова М.И., Евстафьева Л.В. Влияние полиморфизма в гене лептина на качество говядины у бычков абердин ангусской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2024. №5. С. 13-18.

83. Серков А.Ф., Маслова В.В., Чекалин В.С. Устойчивое развитие и повышение конкурентоспособности сельского хозяйства России в условиях углубления интеграции в ЕАЭС: монография; под ред. академика И.Г. Ушачева. М.: Научный консультант, 2018. 320 с.

84. Серкова З.Х., Улимбашев М.Б. Влияние способа содержания на рост, развитие и иммунологический статус бычков // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 1. С. 44-49.

85. Сидорова В.Ю., Петров Е.Б. К вопросу о методах выявления стресса

у мясного крупного рогатого скота // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 5-10.

86. Сизова Е.А., Лутковская Я.В. Экспрессия генов, связанных с хозяйственно полезными признаками цыплят-бройлеров (*Gallus gallus domesticus*), под влиянием различных паратипических факторов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 4. С. 581-597.

87. Столповский Ю.А., Пискунов А.К., Свищева Г.Р. Геномная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития // Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1006-1017.

88. Тарасова Е.И., Полякова В.С., Сизова Е.А. Связь полиморфизма гена DGAT1 с элементным составом биосубстратов и продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 8-24.

89. Текеев М.А., Биджиева А.А. Мясная продуктивность бычков красной степной породы (кубанский тип) при различных условиях содержания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 284-288.

90. Тищенко П.И., Васильев А.А., Быков Д.В. Влияние типа кормления на жирнокислотный состав мяса говядины // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2024. С. 221-226.

91. Турейко, К. А. Колостральный иммунитет новорожденных телят и способы его повышения // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. В IV томах, Иркутск, 17–18 февраля 2022 года. п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. С. 167-173.

92. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д., Мирошников С.А., Ушаков А.С. Отечественная мясная порода интенсивного типа – новое направление в мясном скотоводстве России // Проблемы биологии продуктивных животных.

2011. № 3. С. 20-26.

93. Усманова Е.Н. Остапчук П.С., Уппе В.А., Куевда Т.А. Практика ведения мясного скотоводства в Российской Федерации и за рубежом. Перспективы развития отрасли для Республики Крым. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2021. 102 с.

94. Федорова, А.О. Кухаренко Н.С. Стресс-фактор и реакция организма животных на его влияние. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. 214 с.

95. Фролов А.Н., Ажмулдинов Е.А., Харламов А.В. Влияние сезона года и продолжительности предубойной выдержки на уровень окислительного стресса, убойные показатели и качественные характеристики мяса бычков // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 4. С. 91-101.

96. Фролов А.Н., Завьялов О.А. Влияние сезона года на элементный статус и продуктивные качества бычков // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 31-40.

97. Хайнацкий В.Ю., Акимов С.С. Адаптация статистических методов на основе модели BLUP Sire Model при оценке племенной ценности производителей в мясном скотоводстве // Вестник Бурятской государственной с/х академии им. В.Р.Филиппова. 2021. 4(65). С. 185-192.

98. Хайнацкий, В.Ю., Каюмов, Ф.Г. Состояние и перспективы развития племенной базы мясного скотоводства в Оренбургской области // Вестник мясного скотоводства. 2009. Выпуск 62 (2). С. 201-209.

99. Хайнацкий В. Ю., Гонтюрев В. А., Джуламанов К. М., Искандерова А. П., Тюлебаев С. Д. Казахская белоголовая - первая отечественная специализированная порода мясного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2020. №2. С. 7-10.

100. Хайнацкий В.Ю., Лебедев С.В., Джуламанов К.М. Мясное скотоводство (вопросы селекции и разведения). Оренбург, 2022. 339 с.

101. Харламов А.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Мирошников А.М., Курилкина М.Я. Влияние сезонов рождения бычков казахской белоголовой

породы на мясную продуктивность и экономическую эффективность производства говядины в условиях южного урала // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 1 (89). С. 58-62.

102. Харламов А.В., Фролов А.Н., Ильин В.В., Ажмулдинов Е.А. Продуктивность казахских белоголовых бычков при разных системах выращивания и откорма // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 3. С. 169-182.

103. Цыдыпов С.С., Гармаев Д.Ц. Некоторые хозяйственные и биологические особенности молодняка казахской белоголовой породы забайкальской селекции // Животноводство и кормопроизводство. 2022. №105(1). С. 52-61.

104. Черкесов Д.Л. Развитие мясного скотоводства в России // Мясная индустрия. 2013. № 5. С. 44-45.

105. Черников Е.В. Влияние генетических и паратипических факторов на мясную продуктивность крупного рогатого скота // В сборнике: Многополярный мир в фокусе новой действительности. материалы XIII Евразийского экономического форума молодежи. Уральский государственный экономический университет. Екатеринбург, 2023. С. 66-68.

106. Чернявский С.Е., Зельдин В.Ф., Сокрут А.В. Влияние паратипических факторов на откормочные качества молодняка крупного рогатого скота при выращивании. // Зерновые культуры. 2019. Т. 3. № 1. С. 154-158.

107. Чеченихина О.С., Казакова Н.К. Факторы, влияющие на индивидуальное развитие животных // Аграрное образование и наука. 2023. № 2. С. 10.

108. Чирвинский Н.П. Общее животноводство. Изд. А. Ф. Девриена. СПб.: Тип. М. Стасюлевича, 1888. [2], VIII, 260, [1] с.; [7], 165 с.

109. Шабля В.П., Юрченко С.Г., Пастухова Т.А. Удлиненный период выпаса – эффективный элемент технологии выращивания молодняка мясных пород в зоне лесостепи // Научно-технический бюллетень Института

животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2013. № 109-2. С. 213-218.

110. Шендаков А.И., Шендакова Т.А., Ляшук Р.Н. Сила влияния генотипических и паратипических факторов на интенсивность роста голштинских тёлочек от рождения до 18 месяцев // В сборнике: Материалы Международного научного симпозиума, посвященного 150-летию со дня рождения выдающегося ученого в области зоотехнии академика Е.Ф. Лискуна "Достижения зоотехнической науки в решении актуальных задач животноводства и аквакультуры". сборник статей. Москва, 2023. С. 344-346.

111. Шендаков А.И., Шендакова Т.А., Ханина Т.И., Климова С.П. Совершенствование системы оценки генетических и средовых факторов при составлении родительских пар в молочном скотоводстве // Биология в сельском хозяйстве. 2013. № 1. С. 2-13.

112. Шляхтунов В.И., Подрез В.Н., Шульга Л.В., Медведева К.Л. Факторы, способствующие увеличению мясной продуктивности и повышению качества говядины // Ветеринарный журнал Беларуси. 2018. № 1 (8). С. 71-74.

113. Шошина Ю.В. Влияние различных технологий содержания на рост бычков симментальской породы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (68). С. 83-93.

114. Южаков А.А., Лайшев К.А., Забродин В.А. Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 93-100.

115. Явнов М.В., Фролов А.Н., Соболева Н.В. Влияние различных способов доращивания на интенсивность роста, убойные качества и экономическую эффективность выращивания бычков казахской белоголовой породы. // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 99-107.

116. Abdelmanova A.S., Kharzinova V.R., Volkova V.V., Dotsev A.V., Sermiyagin A.A., Boronetskaya O.I., Chinarov R.Y., Brem G., Zinovieva N.A.

Analysis of genetic diversity of Kazakh white-headed cattle breed by microsatellites compare with ancestral breeds. In: Proceedings of the 1st International Electronic Conference on Biological Diversity, Ecology and Evolution, 15–31 March 2021. Basel, Switzerland: MDPI, 2021;9487.

117. Ahima RS, Flier JS. Leptin. *Annu Rev Physiol* 2000;62:413-37.

118. Albertí P., Panea B., Sañudo C., et al. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livest sci.* 2008. Vol. 114. Pp. 19-30.

119. Albertí, P.; Panea, B.; Sanudo, C.; Olleta, J.; Ripoll, G.; Ertbjerg, P.; Christensen, M.; Gigli, S.; Failla, S.; Concetti, S. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestig. Sci.* 2008, 114, 19–30.

120. Alim M. A., Fan Y. P., Wu X. P., Xie Y., Zhang Y., Zhang S. L., Sun D. X., Zhang Y., Zhang Q., Liu L., Guo G. Genetic effects of stearoyl-coenzyme A desaturase (SCD) polymorphism on milk production traits in the Chinese dairy population. *Mol Biol Rep.* 2012. Vol. 39 (9). Pp. 8733-8740.

121. Antoniou A., Mastroiannopoulos N. P., Uney J. B., Phylactou L. A. miR-186 inhibits muscle cell differentiation through myogenin regulation. *J Biol Chem.* 2014. Vol. 289 (7). Pp. 3923-35.

122. Anwar S, Putra AC, Wulandari AS, Agung PP, Putra WPB, Said S. Genetic polymorphism analysis of 5' untranslated region of thyroglobulin gene in Bali cattle (*Bos javanicus*) from three different regions of Indonesia. *J Indones Trop Anim Agric* 2017;42:175-84.

123. Ardicli S, Samli H, Vatansever B, Soyudal B, Dincel D, Balci F. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Friesian bulls. *Arch Anim Breed.* 2019;62(1):9-32.

124. Ardicli, S.; Samli, H.; Vatansever, B.; Soyudal, B.; Dincel, D.; Balci, F. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein–Friesian bulls. *Arch. Anim. Breed.* 2019, 62, 9–32

125. Ayuso M., Fernández A., Núñez Y., Benítez R., Isabel B., Fernández

A. I., Rey A. I., González-Bulnes A., Medrano J. F., Cánovas Á., López-Bote C. J., Óvilo C. Developmental Stage, Muscle and Genetic Type Modify Muscle Transcriptome in Pigs: Effects on Gene Expression and Regulatory Factors Involved in Growth and Metabolism. *PLoS One*. 2016. Vol. 11 (12). P. e0167858.

126. Badin P. M., Sopariwala D. H., Lorca S., Narkar V. A. Muscle Arnt/Hif1 β Is Dispensable in Myofiber Type Determination, Vascularization and Insulin Sensitivity. *PLoS One*. 2016. Vol. 11 (12). P. e0168457.

127. Bao G., Liu X., Wang J., Hu J., Shi B., Li S., Luo Y. Effects of Slaughter Age on Myosin Heavy Chain Isoforms, Muscle Fibers, Fatty Acids, and Meat Quality in Longissimus Thoracis Muscle of Tibetan Sheep. *Front Vet Sci*. 2021. Vol. 8. P. 689589.

128. Barendse W, Bunch RJ, Harrison BE, Thomas MB. The growth hormone 1 GH1:c.457C>G mutation is associated with intramuscular and rump fat distribution in a large sample of Australian feedlot cattle. *Anim Genet* 2006;37:211-4.

129. Barto n, L.; Kott, T.; Bureš, D.; ˇ Rehák, D.; Zahradkova, R.; Kottova, B. The polymorphisms of stearyl-CoA desaturase (SCD1) and sterol regulatory element binding protein-1 (SREBP-1) genes and their association with the fatty acid profile of muscle and subcutaneous fat in Fleckvieh bulls. *Meat Sci*. 2010, 85, 15–20.

130. Barton, L.; Bureš, D.; Kott, T.; R ˇ ehák, D. 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. *Meat Sci*. 2016, 114, 18–23.

131. Belenkaya AE The influence of paratypic factors on the productivity of Holstein cows // "AgroSMART - Smart solutions for agriculture" (AgroSMART 2018) 12.2018.

132. Berton M. P., Fonseca L. F., Gimenez D. F., Utembergue B. L., Cesar A. S., Coutinho L. L., de Lemos M. V., Aboujaoude C., Pereira A. S., Silva R. M., Stafuzza N. B., Feitosa F. L., et al. Gene expression profile of intramuscular muscle

in Nellore cattle with extreme values of fatty acid. *BMC Genomics*. 2016. Vol. 17. P. 972.

133. Bieniek-Kobuszevska M., Panasiewicz G., Lipka A., Majewska M., Szafranska B. Novel SNPs and InDels discovered in two promoter regions of porcine pregnancy-associated glycoprotein 2-like subfamily (pPAG2-Ls) in crossbreed pigs. *Funct Integr Genomics*. 2016. Vol. 16 (6). Pp. 705-715.

134. Bordbar F., Jensen J., Du M., et al. Identification and validation of a novel candidate gene regulating net meat weight in Simmental beef cattle based on imputed next-generation sequencing. *Cell Prolif*. 2020. Vol. 53. P. e12870.

135. Bordbar F., Jensen J., Zhu B., Wang Z., Xu L., Chang T., Xu L., Du M., Zhang L., Gao H., Xu L., Li J. Identification of muscle-specific candidate genes in Simmental beef cattle using imputed next generation sequencing. *PLoS One*. 2019. Vol. 14 (10). P. e0223671.

136. Bosse M., Megens H. J., Derks M. F. L., de Cara Á. M. R., Groenen M. A. M. Deleterious alleles in the context of domestication, inbreeding, and selection. *Evol. Appl*. 2018. Vol. 12 (1). Pp. 6-17.

137. Buchanan FC, Fitzsimmons CJ, Van Kessel AG, Thue TD, Winkelman-Sim DC, Schmutz SM. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genet Sel Evol* 2002;34:105-16.

138. Burrow HM Importance of adaptation and genotype environment interactions in tropical beef breeding systems. // *Animal*. 2012 May; 6(5):729-40.

139. Carvalho, T.D.d.; Siqueira, F.; Torres Júnior, R.A.d.A.; Medeiros, S.R.d.; Feijó, G.L.D.; Souza Junior, M.D.d.; Blecha, I.M.Z.; Soares, C.O. Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle. *Rev. Bras. Zootec*. 2012, 41, 2162–2168.

140. Chen D., Li W., Du M., Cao B. Adipogenesis, fibrogenesis and myogenesis related gene expression in longissimus muscle of high and low marbling beef cattle. *Livest. Sci*. 2019. Vol. 229. Pp. 188–193.

141. Chen M., Wei X., Song M., Jiang R., Huang K., Deng Y., Liu Q., Shi

D., Li H. Circular RNA circMYBPC1 promotes skeletal muscle differentiation by targeting MyHC. *Mol Ther Nucleic Acids*. 2021. Vol. 24. Pp. 352-368.

142. Clark D. L., Boler D. D., Kutzler L. W., Jones K. A., McKeith F. K., Killefer J., Carr T. R., Dilger A.C. Muscle gene expression associated with increased marbling in beef cattle. *Anim Biotechnol*. 2011. Vol. 22 (2). Pp. 51-63.

143. Clarke, A.M.; Drennan, M.J.; McGee, M.; Kenny, D.A.; Evans, R.; Berry, D. Intake, growth and carcass traits in male progeny of sires differing in genetic merit for beef production. *Animal* 2009, 3, 791–801.

144. Clarke, A.M.; Drennan, M.J.; McGee, M.; Kenny, D.A.; Evans, R.; Berry, D. Live animal measurements, carcass composition and plasma hormone and metabolite concentrations in male progeny of sires differing in genetic merit for beef production. *Animal* 2009, 3, 933–945.

145. Costa T. C., Gionbelli M. P., Duarte M. S. Fetal programming in ruminant animals: understanding the skeletal muscle development to improve meat quality. *Anim Front*. 2021. Vol. 11 (6). Pp. 66-73.

146. Curi RA, Chardulo LAL, Arrigoni MDB, Silveira AC, de Oliveira HN. Associations between LEP, DGAT1 and FABP4 gene polymorphisms and carcass and meat traits in Nelore and crossbred beef cattle. *Livest Sci* 2011;135:244-50.

147. Dong S., Han Y., Zhang J., Ye Y., Duan M., Wang K., Wei M., Chamba Y., Shang P. Haplotypes within the regulatory region of MYL4 are associated with pig muscle fiber size. *Gene*. 2023. Vol. 850. P. 146934.

148. Du M., Huang Y., Das A. K., Yang Q., Duarte M. S., Dodson M. V., Zhu M. J. Meat science and muscle biology symposium: manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *J Anim Sci*. 2013. Vol. 91 (3). Pp. 1419-1427.

149. Du M., Tong J., Zhao J., Underwood K. R., Zhu M., Ford S. P., Nathanielsz P. W. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Anim Sci*. 2010. Vol. 88 (13). Pp. E51-60.

150. Du M., Yan X., Tong J.F., Zhao J., Zhu M.J. Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. *Biol Reprod*. 2010. Vol. 82

(1). Pp. 4-12.

151. Duan C., Ren H., Gao S. Insulin-like growth factors (IGFs), IGF receptors, and IGF-binding proteins: roles in skeletal muscle growth and differentiation. *Gen Comp Endocrinol*. 2010. Vol. 167 (3). Pp. 344-51.

152. Dubey P. K., Goyal S., Yadav A. K., Sahoo B. R., Kumari N., Mishra S. K., Niranjana S. K., Arora R., Mukesh M., Kataria R. S. Genetic diversity analysis of the thyroglobulin gene promoter in buffalo and other bovines. *Livest Sci*. 2014. Vol. 167 (1). Pp. 65–72.

153. Dushayeva LZ, Nametov AM, Beishova IS, Kovalchuk AM, Belaya AV, Ulyanova TV, Tagirov KK, Yuldashbayev YA. Marking of meat productivity features in pairs of bGH, bGHR and bIGF-1 polymorphic genes in Aberdeen-Angus cattle. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2021;21(2):334-345.

154. Eivers S. S., McGivney B. A., Gu J., MacHugh D. E., Katz L. M., Hill E. W. PGC-1 α encoded by the PPARGC1A gene regulates oxidative energy metabolism in equine skeletal muscle during exercise. *Anim Genet*. 2012. Vol. 43 (2). Pp. 153-62.

155. Fritzen A. M., Domingo-Espín J., Lundsgaard A. M., Kleinert M., Israelsen I., Carl C. S., Nicolaisen T. S., Kjøbsted R., Jeppesen J. F., Wojtaszewski J. F. P., Lagerstedt J. O., Kiens B. ApoA-1 improves glucose tolerance by increasing glucose uptake into heart and skeletal muscle independently of AMPK α 2. *Mol Metab*. 2020. Vol. 35. P. 100949.

156. Gan QF, Zhang LP, Li JY, et al. Association analysis of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. *J Appl Genet* 2008;49:251-5.

157. Gill JL, Bishop SC, McCorquodale C, Williams JL, Wiener P. Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits in a commercial population of Aberdeen Angus-sired beef cattle. *Genet Sel Evol* 2009;41: 36.

158. Gill, J.L.; Bishop, S.C.; McCorquodale, C.; Williams, J.L.; Wiener, P. Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits

in a commercial population of Aberdeen Angus-sired beef cattle. *Genet. Sel. Evol.* 2009, 41, 36.

159. Glaser J., Suzuki M. Skeletal Muscle Fiber Types in Neuromuscular Diseases [Internet]. *Muscle Cell and Tissue - Current Status of Research*Field. 2018. Pp. 65-76.

160. Gomes R. C., Silva S. L., Carvalho M. E., Rezende F. M., Pinto L. F., Santana M. H., Stella T. R., Meirelles F. V., Rossi Júnior P., Leme P. R., Ferraz J. B. Protein synthesis and degradation gene SNPs related to feed intake, feed efficiency, growth, and ultrasound carcass traits in Nellore cattle. *Genet Mol Res.* 2013. Vol. 12 (3). Pp. 2923-36.

161. Guo X., Wu Y., Wang Y., Jia J., Li M., Hei W., He Z., Zhao Y., Cai C., Gao P., Li B., Cao G. MyHCs developmental expression patterns and its effect on muscle fibre characteristics in pig. *J. Appl. Animal Res.* 2020. Vol. 48 (1). Pp. 176-183.

162. Hayashi T., Ogawa T., Sato M., et al. S-myotrophin promotes the hypertrophy of myotube as insulin-like growth factor-I does. *Int J Biochem Cell Biol.* 2001. Vol. 33 (8). Pp. 831-838.

163. Honda M., Hidaka K., Fukada S.-I., et al. Vestigial-like 2 contributes to normal muscle fiber type distribution in mice. *Sci Rep.* 2017. Vol. 7 (1). P. 7168.

164. Hu Z., Cao J., Ge L., Zhang J., Zhang H., Liu X. Characterization and comparative transcriptomic analysis of skeletal muscle in Pekin duck at different growth stages using RNA-Seq. *Animals (Basel).* 2021. Vol. 11 (3).

165. Huang, C.-W.; Lin, Y.-T.; Ding, S.-T.; Lo, L.-L.; Wang, P.-H.; Lin, E.-C.; Liu, F.-W.; Lu, Y.-W. Efficient SNP discovery by combining microarray and lab-on-a-chip data for animal breeding and selection. *Microarrays* 2015, 4, 570–595.

166. Hudson N. J., Reverter A., Wang Y., Greenwood P. L., Dalrymple B. P. Inferring the transcriptional landscape of bovine skeletal muscle by integrating co-expression networks. *PLoS ONE.* 2009. Vol. 4. Pp. e7249.

167. Ibrayeva R, Nurgazy K, Satiyeva K, Gabit G, Mukhametzhanova O Genetic potential of Kazakh White-headed and Hereford breeds for beef production

in Purebred farms and crossbreeding // Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 2025, V. 26, Num/ 2, Feb. 2025 P.: 761-769.

168. Jaiswal N., Gavin M. G., Quinn W. J., Luongo T. S., Gelfer R. G., Baur J. A., Titchenell P. M. The role of skeletal muscle Akt in the regulation of muscle mass and glucose homeostasis. *Mol Metab.* 2019. Vol. 28. Pp. 1-13.

169. Jiang A., Yin D., Zhang L., Li B., Li R., Zhang X., Zhang Z., Liu H., Kim K., Wu W. Parsing the microRNA genetics basis regulating skeletal muscle fiber types and meat quality traits in pigs. *Anim Genet.* 2021. Vol. 52 (3). Pp. 292-303.

170. Jiang Y., Cao X., Wang H. Comparative genomic analysis of a naturally born serpentized pig reveals putative mutations related to limb and bone development. *BMC Genomics.* 2021a. Vol. 22 (1). Pp. 629.

171. Jiang Y., Cao X., Wang H. Mutation profiling of a limbless pig reveals genome-wide regulation of RNA processing related to bone development. *J Appl Genet.* 2021b. Vol. 62 (4). Pp. 643-653.

172. Kaczor U., Famielec M., Dudziak P., Kaczor A., Kucharski M., Mandecki A. Fatty acid binding protein 4 (FABP4) and thyreoglobulin (TG) polymorphisms in relation to milk performance traits in the Holstein-Friesian cattle. *Acta Sci Pol Zootech.* 2017. Vol. 16 (4). Pp. 11–16.

173. Khamzina A K, Yurchenko A A, Yudin N S, Ibragimov P Sh, Ussenbekov Y S, Larkin D M History, status and genetic characteristics of native cattle breeds from the republic of kazakhstan // *Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii.* 2024 Jul;28(4):416-423.

174. Khan M. Z., Ma Y., Ma J., Xiao J., Liu Y., Liu S., Khan A., Khan I. M., Cao Z. Association of DGAT1 With Cattle, Buffalo, Goat, and Sheep Milk and Meat Production Traits. *Front Vet Sci.* 2021. Vol. 8. P. 712470.

175. Kostusiak P, Bagnicka E, Żelazowska B, Zalewska M, Sakowski T, Slósarz J, Gołębiewski M, Puppel K. Genetic Markers Related to Meat Quality Properties in Fattened HF and HF x Charolaise Steers. *Genes (Basel).* 2024;15(7):843.

176. Kotelnikova E., Shkrob M. A., Pyatnitskiy M. A., Ferlini A., Daraselia N. Novel approach to meta-analysis of microarray datasets reveals muscle remodeling-related drug targets and biomarkers in Duchenne muscular dystrophy. *PLoS Comput Biol.* 2012. Vol. 8(2). P. e1002365.
177. Langlois S., Cowan K.N. Regulation of Skeletal Muscle Myoblast Differentiation and Proliferation by Pannexins. *Adv Exp Med Biol.* 2017. Vol. 925. Pp. 57-73.
178. Li R., Li B., Jiang A., Cao Y., Hou L., Zhang Z., Zhang X., Liu H., Kim K.H., Wu W. Exploring the lncRNAs Related to Skeletal Muscle Fiber Types and Meat Quality Traits in Pigs. *Genes (Basel).* 2020. Vol. 11 (8). Pp. 883.
179. Lindholm-Perry A. K., Sexten A. K., Kuehn L. A., Smith T. P., King D. A., Shackelford S. D., Wheeler T. L., Ferrell C. L., Jenkins T. G., Snelling W. M., Freetly H. C. Association, effects and validation of polymorphisms within the NCAPG - LCORL locus located on BTA6 with feed intake, gain, meat and carcass traits in beef cattle. *BMC Genet.* 2011. Vol. 12. P. 103.
180. Liu, H.; Zan, L.; Xin, Y.; Tian, W. Association of polymorphism in the bovine leptin gene exon2 with carcass traits in Chinese Qinchuan cattle. *J. Appl. Anim. Res.* 2010, 37, 221–224.
181. Majmundar A. J., Wong W. J., Simon M. C. Hypoxia-inducible factors and the response to hypoxic stress. *Mol Cell.* 2010. Vol. 40 (2). Pp. 294-309.
182. Martínez Del Pino L., Urrutia O., Arana A., Alfonso L., Mendizabal J. A., Soret B. Expression of key myogenic, fibrogenic and adipogenic genes in Longissimus thoracis and Masseter muscles in cattle. *Animal.* 2020. Vol. 14 (7). Pp. 1510-1519.
183. McClure M. C., Morsci N. S., Schnabel R. D., Kim J. W., Yao P., Rolf M. M., McKay S. D., Gregg S. J., Chapple R. H., Northcutt S. L., Taylor J. F. A genome scan for quantitative trait loci influencing carcass, post-natal growth and reproductive traits in commercial Angus cattle. *Anim Genet.* 2010. Vol. 41 (6). Pp. 597-607.
184. Meuwissen, T.; Hayes, B.; Goddard, M. Genomic selection: A

paradigm shift in animal breeding. *Anim. Front.* 2016, 6, 6–14.

185. Miao W., Ma Z., Tang Z., Yu L., Liu S., Huang T., Wang P., Wu T., Song Z., Zhang H., Li Y., Zhou L. Integrative ATAC-seq and RNA-seq Analysis of the Longissimus Muscle of Luchuan and Duroc Pigs. *Front Nutr.* 2021. Vol. 8. P. 742672.

186. Michal JJ, Zhang ZW, Gaskins CT, Jiang Z. The bovine fatty acid binding protein 4 gene is significantly associated with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu x Limousin F₂ crosses. *Anim Genet* 2006;37:400-2.

187. Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Frolov AN, Zavyalov OA. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021;624:012024.

188. Mohammadabadi M., Bordbar F., Jensen J., Du M., Guo W. Key Genes Regulating Skeletal Muscle Development and Growth in Farm Animals. *Animals (Basel).* 2021. Vol. 11 (3). Pp. 835.

189. Mohammadinejad F., Mohammadabadi M., Roudbari Z., Sadkowski T. Identification of Key Genes and Biological Pathways Associated with Skeletal Muscle Maturation and Hypertrophy in *Bos taurus*, *Ovis aries*, and *Sus scrofa*. *Animals (Basel).* 2022. Vol. 12 (24). P. 3471.

190. Moravčíková N., Kasarda R., Vostrý L., Krupová Z., Krupa E., Lehocká K., Olšanská B., Trakovická A., Nádaský R., Židek R., Belej L., Golian J. Analysis of selection signatures in the beef cattle genome. *Czech J. Anim. Sci.* 2019. Vol. 64. Pp. 491-503.

191. Moreno-Sánchez N., Díaz C., Carabaño M. J., Rueda J., Rivero J. L. A comprehensive characterisation of the fibre composition and properties of a limb (flexor digitorum superficialis, membri thoraci) and a trunk (psoas major) muscle in cattle. *BMC Cell Biol.* 2008. Vol. 9. Pp. 67.

192. Moreno-Sánchez N., Rueda J., Carabaño M. J., Reverter A., McWilliam S., González C., Díaz C. Skeletal muscle specific genes networks in cattle. *Funct Integr Genomics.* 2010. Vol. 10 (4). Pp. 609-18.

193. Mujibi F D N, Moore S S, Nkrumah D J, Wang Z, Basarab J A Season of testing and its effect on feed intake and efficiency in growing beef cattle // *Journal Animal Science*. 2010 Dec;88(12):3789-99.
194. Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M.S., Bernabucci U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems // *Livestock Science* 130 (2010) 57–69.
195. Nardone A., Ronchi B., Lacetera N. and Bernabucci U. Climatic effects on productive traits in livestock // *Veterinary Research Communications*, 30(Suppl. 1) (2006) 75–81.
196. Nametov AM, Beishova IS, Belaya AV, Ulyanova TV, Kovalchuk AM, Nassambayev Ye, Abylgazinova AT, Batyrgaliev YeA, Murzabayev KE, Dushayeva LZh, Ginayatov NS. Determination of diplotypes associated with meat productivity in cattle breeds common in the territory of the Republic of Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2022;22(3):287-298.
197. Nishimura S., Watanabe T., Mizoshita K., Tatsuda K., Fujita T., Watanabe N., Sugimoto Y., Takasuga A. Genome-wide association study identified three major QTL for carcass weight including the PLAG1-CHCHD7 QTN for stature in Japanese Black cattle. *BMC Genet*. 2012. Vol. 13. P. 40.
198. Nkrumah JD, Li C, Yu J, Hansen C, Keisler DH, Moore SS. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behavior, and measures of carcass merit. *J Anim Sci* 2005;83: 20-8.
199. Nkrumah, J.; Li, C.; Basarab, J.; Guercio, S.; Meng, Y.; Murdoch, B.; Hansen, C.; Moore, S. Association of a single nucleotide polymorphism in the bovine leptin gene with feed intake, feed efficiency, growth, feeding behaviour, carcass quality and body composition. *Can. J. Anim. Sci.* 2004, 84, 211–219.
200. Ntambi J. M. The role of Stearoyl-CoA desaturase in hepatic de novo lipogenesis. *Biochem Biophys Res Commun*. 2022. Vol. 633. Pp. 81-83.
201. Pajalunga D., Crescenzi M. Restoring the Cell Cycle and Proliferation Competence in Terminally Differentiated Skeletal Muscle Myotubes. *Cells*. 2021.

Vol. 10(10). P. 2753.

202. Pannier L., Mullen A. M., Hamill R. M., Stapleton P. C., Sweeney T. Association analysis of single nucleotide polymorphisms in DGAT1, TG and FABP4 genes and intramuscular fat in crossbred *Bos taurus* cattle. *Meat Sci.* 2010. Vol. 85 (3). Pp. 515-518.

203. Papaleo Mazzucco J, Goszczynski DE, Ripoli MV, et al. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Sci* 2016;114:121-9.

204. Park S. J., Beak S. H., Jung D. J. S., Kim S. Y., Jeong I. H., Piao M. Y., Kang H. J., Fassah D. M., Na S. W., Yoo S. P., Baik M. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018. Vol. 31 (7). Pp. 1043–1061.

205. Pećina M., Konjačić M., Ugarković N. K., Ivanković A. Effect of FASN, SCD, and GH Genes on Carcass Fatness and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids in F1 Holstein × Beef Breeds. *Agriculture.* 2023. Vol. 13. P. 571.

206. Pećina M., Ivanković A. Candidate genes and fatty acids in beef meat, a review. *Italian Journal of Animal Science.* 2021. Vol. 20 (1). Pp. 1716-1729.

207. Picard B., Berri C., Lefaucheur L., Molette C., Sayd T., Terlouw C. Skeletal muscle proteomics in livestock production. *Brief Funct Genomics.* 2010. Vol. 9 (3). Pp. 259-78.

208. Plakhtukova V., Selionova M.I., Gladkikh M.Y., Kuznetsova O.V. Association of CAPN1 and GH genes with productivity traits in Kazakh Whiteheaded cattle. *E3S Web Conf.* 2020;224:04027.

209. Ponsuksili S., Du Y., Hadlich F., Siengdee P., Murani E., Schwerin M., Wimmers K. Correlated mRNAs and miRNAs from co-expression and regulatory networks affect porcine muscle and finally meat properties. *BMC Genomics.* 2013. Vol. 14. Pp. 533.

210. Reverter A., Ingham A., Lehnert S. A., Tan S. H., Wang Y. H.,

Ratnakumar A., Dalrymple B. Simultaneous identification of differential gene expression and connectivity in inflammation, adipogenesis and cancer. *Bioinformatics*. 2006. Vol. 22. Pp. 2396–2404.

211. Ruas J. L., White J. P., Rao R. R., Kleiner S., Brannan K. T., Harrison B. C., Greene N. P., Wu J., Estall J. L., Irving B. A., Lanza I. R., Rasbach K. A., Okutsu M., Nair K. S., Yan Z., Leinwand L. A., Spiegelman B. M. A PGC-1 α isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. *Cell*. 2012. Vol. 151 (6). Pp. 1319-1331.

212. Ruchay A, Kober V, Dorofeev K, Kolpakov V, Dzhulamanov K, Kalschikov V, Guo H. Comparative analysis of machine learning algorithms for predicting live weight of Hereford cows. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022;195:106837.

213. Sandoval C., Wu G., Smith S.B., Dunlap K.A., Satterfield M.C. Maternal Nutrient Restriction and Skeletal Muscle Development: Consequences for Postnatal Health. *Adv Exp Med Biol*. 2020. Vol. 1265. Pp. 153-165.

214. Scheffler T. L., Leitner M. B., Wright S. A. Technical note: protocol for electrophoretic separation of bovine myosin heavy chain isoforms and comparison to immunohistochemistry analysis. *Anim Sci*. 2018. Vol. 96 (10). Pp. 4306-4312.

215. Schiaffino S. Muscle fiber type diversity revealed by anti-myosin heavy chain antibodies. *FEBS J*. 2018. Vol. 285(20). Pp. 3688-3694.

216. Schiaffino S., Reggiani C. Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiol Rev*. 2011. Vol. 91 (4). Pp. 1447-1531.

217. Schiaffino S., Rossi A. C., Smerdu V., Leinwand L. A., Reggiani C. Developmental myosins: expression patterns and functional significance. *Skelet Muscle*. 2015. Vol. 5. P. 22.

218. Setoguchi K., Furuta M., Hirano T., Nagao T., Watanabe T., Sugimoto Y., Takasuga A. Cross-breed comparisons identified a critical 591-kb region for bovine carcass weight QTL (CW-2) on chromosome 6 and the Ile-442-Met substitution in NCAPG as a positional candidate. *BMC Genet*. 2009. Vol. 10. P. 43.

219. Shahjahan M. Skeletal muscle development in vertebrate animals. Asian J. Med. Biol. Res. 2015. Vol. 1. Pp. 139-148.
220. Shamshidin A.S., Kharzhau A., Baimukanov D.A., Sermyagin A.A. Molecular genetic profile of Kazakhstan populations of cattle breeds. Bull. Natl. Acad. Sci. Republic Kazakhstan. 2019;6(382):154-162.
221. Shin SC, Chung ER. Association of SNP marker in the leptin gene with carcass and meat quality traits in Korean cattle. Asian-Australas J Anim Sci 2007;20:1-6.
222. Shin, S.; Chung, E. Association of SNP marker in the thyroglobulin gene with carcass and meat quality traits in Korean cattle. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 2006, 20, 172–177.
223. Silva-Vignato B., Coutinho L.L., Cesar A.S.M., Poleti M.D., Regitano L.C.A., Balieiro J.C.C. Comparative muscle transcriptome associated with carcass traits of Nellore cattle. BMC Genomics. 2017. Vol. 18 (1). Pp. 506.
224. Sin J., Andres A. M., Taylor D. J., Weston T., Hiraumi Y., Stotland A., Kim B. J., Huang C., Doran K. S., Gottlieb R. A. Mitophagy is required for mitochondrial biogenesis and myogenic differentiation of C2C12 myoblasts. Autophagy. 2016. Vol. 12(2). Pp. 369-80.
225. Sorbolini S., Marras G., Gaspa G., Dimauro C., Cellesi M., Valentini A., Macciotta N. P. Detection of selection signatures in Piemontese and Marchigiana cattle, two breeds with similar production aptitudes but different selection histories. Genetics Selection Evolution. 2015. Vol. 47. P. 52.
226. Stasio LD, Destefanis G, Brugiapaglia A, Albera A, Rolando A. Polymorphism of the *GHR* gene in cattle and relationships with meat production and quality. Anim Genet 2005;36:138-40.
227. Stuart J. M., Segal E., Koller D., Kim S. K. A gene coexpression network for global discovery of conserved genetic modules. Science. 2003. Vol. 302. Pp. 249–255.
228. Takasuga A., Watanabe T., Mizoguchi Y., Hirano T., Ihara N., Takano A., Yokouchi K., Fujikawa A., Chiba K., Kobayashi N., Tatsuda K., Oe T.,

Furukawa-Kuroiwa M., Nishimura-Abe A., Fujita T., Inoue K., Mizoshita K., Ogino A., Sugimoto Y. Identification of bovine QTL for growth and carcass traits in Japanese Black cattle by replication and identical-by-descent mapping. *Mamm Genome*. 2007. Vol. 18 (2). Pp. 125-136.

229. Tang S., Xie J., Zhang S., Wu W., Yi B., Zhang H. Atmospheric Ammonia Affects Myofiber Development and Lipid Metabolism in Growing Pig Muscle. *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 10 (1). Pp. 2.

230. Taniguchi, M.; Utsugi, T.; Oyama, K.; Mannen, H.; Kobayashi, M.; Tanabe, Y.; Ogino, A.; Tsuji, S. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Mamm. Genome* 2004, 15, 142–148.

231. Terletsky V.P., Tyshchenko V.I., Usenbekov E.S. Genetic features of Kazakh cattle breeds. *Effectivnoye Zhivotnovodstvo = Efficient Livestock Farming*. 2019;(1):64-66. (in Russian)

232. Tian Z., Cui Y., Lu H., Wang G., Ma X. Effect of long-term dietary probiotic *Lactobacillus reuteri* 1 or antibiotics on meat quality, muscular amino acids and fatty acids in pigs. *Meat Sci*. 2021. Vol. 171. P. 108234.

233. Ulyanov VA, Kubekova BZ, Beishova IS, Belaya AV, Papusha NV. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed. *Veterinary World*. 2021;14(5):1202-1209.

234. Urtnowski P, Oprzadek J, Pawlik A, Dymnicki E. The DGAT-1 gene polymorphism is informative QTL marker for meat quality in beef cattle. *Maced J Anim Sci* 2011;1:3-8.

235. Vahmani, P.; Mapiye, C.; Prieto, N.; Rolland, D.C.; McAllister, T.A.; Aalhus, J.L.; Dugan, M.E. The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: A review. *J. Anim. Sci. Biotechnol*. 2015, 6, 29.

236. Van der Vorst EPC. High-Density Lipoproteins and Apolipoprotein A1. *Subcell Biochem*. 2020. Vol. 94. Pp. 399-420.

237. Wang D., Pu Y., Li Y., Pan D., Wang S., Tian W., Ma Y., Jiang L. Comprehensive analysis of lncRNAs involved in skeletal muscle development in

ZBED6-knockout Bama pigs. *BMC Genomics*. 2021. Vol. 22 (1). Pp. 593.

238. Wang Z., Zhu B., Niu H., Zhang W., Xu L., Xu L., Chen Y., Zhang L., Gao X., Gao H., Zhang S., Xu L., Li J. Genome wide association study identifies SNPs associated with fatty acid composition in Chinese Wagyu cattle. *J Anim Sci Biotechnol*. 2019. Vol. 10. P. 27.

239. White R. B., Biérinx A. S., Gnocchi V. F., Zammit P. S. Dynamics of muscle fibre growth during postnatal mouse development. *BMC Dev Biol*. 2010. Vol. 10. P. 21.

240. Wicks J., Beline M., Gomez J. F. M., Luzardo S., Silva S. L., Gerrard D. Muscle energy metabolism, growth, and meat quality in beef cattle. *Agriculture-Basel*. 2019. Vol. 9 (9). P. 195.

241. Wu M., Yang G., Chen Y., Zhou X., Chen H., Li M., Yu K., Zhang X., Xie S., Zhang Y., Chu G., Mo D. CEP2 attenuates myoblast differentiation but does not affect proliferation. *Int J Biol Sci*. 2015. Vol. 11 (1). Pp. 99-108.

242. Yagi M., Ji F., Charlton J., Cristea S., Messemer K., Horwitz N., Di Stefano B., Tsopoulidis N., Hoetker M. S., Huebner A. J., Bar-Nur O., Almada A. E., Yamamoto M., Patelunas A., Goldhamer D. J., Wagers A. J., Michor F., Meissner A., Sadreyev R. I., Hochedlinger K. Dissecting dual roles of MyoD during lineage conversion to mature myocytes and myogenic stem cells. *Genes Dev*. 2021. Vol. 35 (17-18). Pp. 1209-1228.

243. Yang C., Wu L., Guo Y., Li Y., Deng M., Liu D., Liu G., Sun B. Expression profile and bioinformatics analysis of circRNA and its associated ceRNA networks in longissimus dorsi from Lufeng cattle and Leiqiong cattle. *BMC Genomics*. 2023. Vol. 24 (1). P. 499.

244. Yang Y., Yan J., Fan X., Chen J., Wang Z., Liu X., Yi G., Liu Y., Niu Y., Zhang L., Wang L., Li S., Li K., Tang Z. The genome variation and developmental transcriptome maps reveal genetic differentiation of skeletal muscle in pigs. *PLoS Genet*. 2021. Vol. 17 (11). P. e1009910.

245. Younis S., Schönke M., Massart J., Hjortebjerg R., Sundström E., Gustafson U., Björnholm M., Krook A., Frystyk J., Zierath J. R., Andersson L. The

ZBED6-IGF2 axis has a major effect on growth of skeletal muscle and internal organs in placental mammals. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018. Vol. 115 (9). Pp. E2048-E2057.

246. Yuan Z., Li J., Li J., Gao X., Gao H., Xu S. Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle. *Mol Biol Rep*. 2013. Vol. 40 (2). Pp. 1947-54.

247. Yuan, Z.; Li, J.; Li, J.; Gao, X.; Gao, H.; Xu, S. Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle. *Mol. Biol. Rep*. 2013, 40, 1947–1954.

248. Yudin N.S., Larkin D.M. Whole genome studies of origin, selection and adaptation of the Russian cattle breeds. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23(5):559-568. (in Russian)

249. Yurchenko A.A., Daetwyler H.D., Yudin N., Schnabel R.D., Vander Jagt C.J., Soloshenko V., Lhasaranov B., Popov R., Taylor J.F., Larkin D.M. Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation. *Sci. Rep*. 2018;8(1):12984.

250. Zalewska M., Puppel K., Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle - A review. *Anim Biosci*. 2021. Vol. 34(9). Pp. 1425-1438.

251. Zalewska, M.; Puppel, K.; Sakowski, T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle—A review. *Anim. Biosci*. 2021, 34, 1425.

252. Zanou N., Gailly P. Skeletal muscle hypertrophy and regeneration: interplay between the myogenic regulatory factors (MRFs) and insulin-like growth factors (IGFs) pathways. *Cell Mol Life Sci*. 2013. Vol. 70 (21). Pp. 4117-4130.

253. Zhang L, Ren H, Yang J, et al. Effect of thyroglobulin gene polymorphisms on growth, carcass composition and meat quality traits in Chinese beef cattle. *Mol Biol Rep* 2015;42: 1403-7.

254. Zhang L., Ren H., Yang J., Gan Q., Zhao F., Gao H., Li J. Effect of thyroglobulin gene polymorphisms on growth, carcass composition and meat quality

traits in Chinese beef cattle. *Mol Biol Rep.* 2015. Vol. 42 (9). Pp. 1403-7.

255. Zhang Y., Cong X., Wang A., Jiang H. Identification of the STAC3 gene as a skeletal muscle-specifically expressed gene and a novel regulator of satellite cell differentiation in cattle. *Journal of Animal Science.* 2014b. Vol. 92. Pp. 3284-3290.

256. Zheng L., Zhang G. M., Dong Y. P., Wen Y. F., Dong D., Lei C. Z., Qi X. L., Chen H., Huo L. J., Huang Y. Z. Genetic variant of MYLK4 gene and its association with growth traits in Chinese cattle. *Animal Biotechnology.* 2019. Vol. 30. Pp. 30–35.

257. Zheng Y., Wang S., Yan P. The meat quality, muscle fiber characteristics and fatty acid profile in Jinjiang and F1 Simmental×Jinjiang yellow cattle. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018. Vol. 31 (2). Pp. 301-308.

258. Zhong Y., Tang K., Li H., Zhao D., Kou W., Xu S., Zhang J., Yang H., Li S., Guo R., Peng W., Xu Y. Rs4968309 in myosin light chain 4 (MYL4) associated with atrial fibrillation onset and predicts clinical outcomes after catheter ablation in atrial fibrillation patients without structural heart disease. *Circ. J.* 2019 Vol. 83 (10). Pp. 1994-2001.