

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ЗАРУБЕЖНОВА ДИАНА ВИКТОРОВНА

**РОЛЬ ГЕНОВ СОМАТОТРОПИНОВОГО КАСКАДА В
ФОРМИРОВАНИИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ
ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ**

Специальность 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология
животных

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Шайдуллин Р.Р.

Казань 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Современное состояние джерсейской породы крупного рогатого скота.....	10
1.2 Полиморфизм генов соматотропинового каскада и их влияние на молочную продуктивность крупного рогатого скота.....	22
1.2.1 Полиморфизм гена пролактина и его ассоциация с молочной продуктивностью.....	22
1.2.2 Полиморфизм гена соматотропина и его ассоциация с молочной продуктивностью.....	27
1.2.3 Полиморфизм гена PIT-1 и его ассоциация с молочной продуктивностью.....	30
1.2.4 Комплексное влияние полиморфизма генов соматотропинового каскада на молочную продуктивность скота.....	33
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	43
3.1 Полиморфизм генов соматотропинового каскада у коров джерсейской породы.....	43
3.2 Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада.....	48
3.3 Качество молока коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада	57
3.3.1 Физико-химические показатели молока коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада	57
3.3.2 Технологические свойства молока коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада	62

3.4	Селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада.....	68
3.4.1	Изменчивость показателей молочной продуктивности коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада.....	68
3.4.2	Взаимосвязь между основными показателями молочной продуктивности у коров с разным генотипом соматотропинового каскада.....	73
3.4.3	Оценка силы влияния генов соматотропинового каскада на молочную продуктивность коров.....	78
3.5	Экономическая эффективность производства молока коровами с разным генотипом соматотропинового каскада.....	82
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	89
	ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	90
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	91

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Современное молочное скотоводство характеризуется поиском оптимальных решений для увеличения экономической эффективности производства в условиях растущей конкуренции и изменяющихся запросов потребителей. Одним из перспективных направлений является использование генетического потенциала специализированных пород, отличающихся высокими качественными показателями молочной продуктивности.

Джерсейская порода крупного рогатого скота, несмотря на относительно небольшую численность в мировом масштабе, занимает особое положение в молочном скотоводстве благодаря уникальным характеристикам молока, адаптивным качествам и экономической эффективности производства (И.М. Дунин и др., 2019). В условиях изменения структуры потребительского спроса и переориентации молочной промышленности на производство высококачественных продуктов с повышенным содержанием компонентов молока, интерес к джерсейской породе значительно возрос (F.L. Dunne et al., 2019).

В России джерсейская порода имеет благоприятные перспективы для расширения своего присутствия, особенно в контексте растущего спроса на высококачественные молочные продукты. Для успешного развития породы необходимо создание отечественной племенной базы, разработка адаптированных технологий содержания и кормления, совершенствование скота с использованием новейших методов селекции, включая геномную оценку и углубленное изучение генетических особенностей (D. Liang et al., 2020; А.Ф. Яковлев и др., 2018; Н.А. Зиновьева и др., 2019; К.В. Племяшов и др., 2019; П.Н. Прохоренко и др., 2019;). Особый интерес в этом контексте представляют гены соматотропинового каскада (гипофизарного фактора транскрипции – PIT1, пролактина – PRL, соматотропина – GH), кодирующие гормоны и факторы транскрипции, которые регулируют процессы роста,

развития и лактации у крупного рогатого скота. Это позволяет целенаправленно вести работу по улучшению продуктивных качеств породы при сохранении ее уникальных характеристик. Соматотропиновый каскад представляет собой сложную систему нейроэндокринной регуляции, в которой ключевую роль играют пролактин, соматотропин и гипофизарный транскрипционный фактор 1. Полиморфизм генов, кодирующих эти белки, может оказывать существенное влияние на количественные и качественные показатели молочной продуктивности крупного рогатого скота различных пород (Н.А. Зиновьева и др., 2015; М.Е. Михайлова и др. 2016; М.В. Позовникова и др., 2017; М.Г. Смарагдов, 2020].

Следовательно, изучение генетических особенностей джерсейской породы, в частности, полиморфизма генов соматотропинового каскада, может способствовать более глубокому пониманию молекулярно-генетических механизмов формирования молочной продуктивности и разработке эффективных программ селекции.

Степень разработанности темы исследования. Изучением генетической структуры соматотропинового каскада (PIT1, PRL, GH) крупного рогатого скота разных пород занимались отечественные и зарубежные ученые, в том числе М. Szewczuk et al. (2008), R. Majeed et al. (2013), D.A. Hussain (2016), M.A. Konca et al. (2017), S. Munir et al. (2017), J.B. Patel et al. (2017), T. Suprovich et al. (2017), J.M. Kiyici et al. (2018), Z. Sönmez et al. (2018), N.T.D. Thuy et al. (2018), A.K. Zabeel et al. (2018), K. Eriani et al. (2019), S.B. Oguzkan et al. (2019), W.P.B. Putra et al. (2019), Э.Р. Гайнутдинова и др. (2019), И.Ю. Сафина и др., (2019), И.Ю. Гилемханов и др. (2021), П.О. Щеголев и др. (2023). Однако в научных трудах этих учёных малочисленные данные или практически отсутствуют по генотипированию крупного рогатого скота Республики Татарстан по локусам генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH) у джерсейской породы скота и проявление у них молочной продуктивности.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы являлось изучение ассоциации полиморфизма генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH) с молочной продуктивностью коров джерсейской породы.

Для решения цели были определены следующие задачи:

1. Изучить частоту встречаемости отдельных аллелей и генотипов по локусам генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH) и комплексных генотипов соматотропинового каскада у коров джерсейской породы.
2. Определить молочную продуктивность коров с разным генотипом по локусам генов соматотропинового каскада.
3. Оценить физико-химические показатели и технологические свойства молока коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада.
4. Проанализировать селекционно-генетических параметры (изменчивость, корреляция) молочной продуктивности коров с разным генотипом соматотропинового каскада;
5. Определить долю влияния генов соматотропинового каскада на молочную продуктивность коров;
6. Вычислить экономическую эффективность производства молока от коров с разным генотипом соматотропинового каскада.

Научная новизна исследований. Впервые проведено комплексное исследование полиморфизма генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH) у коров джерсейской породы в условиях Республики Татарстан и выявлены особенности генетической структуры стада. Установлены достоверные ассоциации и характер влияния полиморфизма генов соматотропинового каскада на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы, что позволило установить дифференцированное влияние каждого гена на определенные компоненты молочной продуктивности. Определены оптимальные генотипы по локусам генов PRL, PIT1, GH, сочетающие как высокий уровень удоя, так и качественный состав молока.

Теоретическая и практическая значимость работы. Проведенные исследования дают представления о генетических механизмах формирования молочной продуктивности у коров джерсейской породы через изучение генов соматотропинового каскада. Получены данные о характере проявления полиморфных вариантов генов PRL, PIT1 и GH, их сочетаний и взаимодействий в стаде джерсейского скота. Практическая значимость работы заключается в том, что выявлены перспективные для селекции отдельные генотипы PRL AB, PIT1 AB и GH LL и комплексные генотипы (ABABVV, ABBBLV и ABBBVV), способствующие повышению молочной продуктивности. Обоснована экономическая эффективность использования определенных генотипов: установлено, что наибольший уровень рентабельности производства молока обеспечивают генотипы PIT1 AA (69,3%), GH LL (65,6%) и PRL AB (65,4%). Практическое применение результатов исследования заключается в возможности использования генотипирования по генам соматотропинового каскада в программах маркер-ориентированной селекции для повышения эффективности отбора животных с желательными генотипами и ускорения генетического прогресса в популяции.

Методология и методы исследования. При выполнении исследований был использован целый комплекс специальных методов, в том числе зоотехнические, молекулярно-генетические, биометрические и экономические. Полученные в ходе исследований данные обработаны методами вариационной статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Генетическая структура, уровень гетерозиготности и состояние генного равновесия по полиморфным локусам PRL, PIT1, GH в джерсейской породе крупного рогатого скота разводимого на территории Татарстана, свидетельствуют о разной степени полиморфизма по этим локусам.

2. Оценка молочной продуктивности коров с генотипом по локусам генам соматотропинового каскада позволила выявить среди них животных с более высокими продуктивными качествами, при том, что генотип PRL AB

ассоциирован с высоким выходом молочного жира, а GH LL и GH LV связаны с более высоким удоем и выходом молочного белка.

3. Оценка качества молока установила, что лучшей сыропригодностью обладает молоко коров с генотипами PRL AB и BB, PIT1 AB, GH LL.

4. Установлены различия в характере и силе корреляции между показателями молочной продуктивности у коров с разным генотипом.

5. Показано, что полиморфизм генов соматотропинового каскада имеет разную долю и характер влияния на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы.

6. Экономически обоснованно производства молока от коров джерсейской породы с разным генотипом по локусам генов соматотропинового каскада.

Степень достоверности и апробация результатов. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки с использованием программного пакета Microsoft Office. Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа и расчета.

Основные результаты исследований доложены, обсуждены, одобрены и представлены на ежегодных научных конференциях студентов, аспирантов и учащейся молодежи «Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК» (Казань, 2021-2025) и научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, сотрудников и аспирантов Казанской государственной академии ветеринарной медицины «Современные проблемы и достижения зооветеринарной науки» в ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ (Казань, 2023-2024); международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и молодых ученых «Проблемы и пути развития ветеринарной и зоотехнической наук», посвященной памяти заслуженного деятеля науки, доктора ветеринарных наук, профессора Колесова Александра Михайловича (Саратов, 2021); V международной научно-

практической конференции аспирантов и молодых ученых: «Современные научные тенденции в ветеринарии» (Пенза, 2025).

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 5 научных статей, в том числе 4 в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Объем и структура диссертационной работы. Работа изложена на 112 страницах, содержит 29 таблицы, 4 рисунка. Состоит из: введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований, заключения, предложений производству, перспективы дальнейшей разработки темы, списка использованной литературы (всего 140 источника, в том числе 36 иностранных).

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Современное состояние джерсейской породы крупного рогатого скота

Джерсейская порода является одной из старейших культурных пород молочного направления продуктивности. Формирование породы происходило на острове Джерси, входящем в группу Нормандских островов, расположенных в проливе Ла-Манш между Великобританией и Францией. Согласно исследованиям К. К. Кулибекова (2024), порода разводится на всей территории РФ.

Формирование джерсейской породы происходило в особых природно-климатических и хозяйственных условиях острова Джерси, характеризующегося мягким морским климатом и ограниченными земельными ресурсами. Именно эти факторы предопределили такие характерные черты породы, как небольшие размеры тела, высокая эффективность конверсии корма и исключительные качественные показатели молока.

Современная мировая популяция джерсейского скота насчитывает около 6 млн голов. Данные Международного комитета по регистрации животных (ICAR) свидетельствуют о том, что в 2020 году крупнейшее поголовье джерсейского скота было сосредоточено в США, Новой Зеландии, Дании и Австралии. На основании сведений ФГБНУ ВНИИплем, по состоянию на начало 2021 года общая численность джерсейского скота в РФ, внесённая в информационную систему, достигала 17,3 тыс. голов, в том числе 10,4 тыс. коров. При этом на стада Воронежской области приходился 58,9% от общероссийского поголовья этой породы (Т.А. Князева и др. 2019).

Джерсейская порода характеризуется относительно высокой степенью генетической гомогенности по сравнению с другими породами крупного рогатого скота. Это объясняется продолжительной изоляцией породы на

острове Джерси и интенсивным использованием ограниченного числа выдающихся быков-производителей в программах искусственного осеменения (А.Г. Данкверт, 2004).

Кариотип джерсейской породы стандартен для *Bos taurus* и включает 60 хромосом (29 пар аутосом и пара половых хромосом). По данным Ф. Ф. Зиннатова и др. (2025) у джерсейской породы выявлены специфические хромосомные маркеры, позволяющие идентифицировать ее генетическую принадлежность при цитогенетическом анализе.

Геномные исследования, проведенные методом полногеномного анализа ассоциаций (GWAS), позволили выявить у джерсейской породы определенные гаплотипы, связанные с хозяйственно-полезными признаками. В. Buitenhuis и др. (2014) идентифицировали более 30 участков генома (QTL), ассоциированных с содержанием жира и белка в молоке джерсейских коров.

Особый интерес представляют генетические детерминанты, определяющие уникальный состав молока джерсейских коров. А. А. Сермягин и др. (2021) выявили несколько ключевых генов, контролирующих биосинтез молочного жира у джерсейской породы. Наибольшее значение имеют следующие гены:

1. DGAT1 – ключевой ген, контролирующий синтез триглицеридов молочного жира. У джерсейской породы преобладает К-аллель гена DGAT1, ассоциированный с повышенным содержанием жира в молоке. Частота К-аллеля в популяции джерсейского скота составляет 0,6, что значительно выше, чем у голштинской породы (0,297) (М.В. Позовникова 2017).

2. SCD1 – ген, контролирующий синтез ненасыщенных жирных кислот. Для джерсейской породы характерна высокая частота С-аллеля (0,81), что связано с повышенным содержанием олеиновой кислоты в молочном жире (О.Г. Зарипов, 2023).

3. FASN – ген, участвующий в синтезе среднецепочечных жирных кислот. В джерсейской породе выявлена высокая частота аллелей,

ассоциированных с повышенным содержанием миристиновой и пальмитиновой кислот (А.С. Абдельманова, 2021).

Особого внимания заслуживают гены, кодирующие белки молока. По данным исследований К. К. Кулибекова (2024), джерсейская порода характеризуется специфическим распределением генотипов по локусам молочных белков:

1. CSN2 (β -казеин) – у джерсейской породы доминирует А2-аллель (частота 0,61), ассоциированный с лучшими технологическими свойствами молока и более благоприятным воздействием на здоровье человека (Н.В. Ковалюк и др. 2020; С.А. Олейник и др. 2025).

2. CSN3 (κ -казеин) – преобладающим является В-аллель (частота 0,65–0,75), ассоциированный с лучшими сыродельческими свойствами молока (В.А. Сарычев и др. 2024).

3. LGB (β -лактоглобулин) – для джерсейской породы характерно преобладание В-аллеля (частота 0,58–0,63), что положительно влияет на технологические свойства молока.

Исследования И. С. Недашковского (2023) показали, что у джерсейской породы выявлены специфические SNP-маркеры в генах, контролирующих размер жировых глобул молока. Это объясняет меньший диаметр жировых глобул (2,5–3,0 мкм) в молоке джерсейских коров по сравнению с другими породами (3,5–4,5 мкм), что способствует лучшему усвоению молочного жира и повышенной стабильности эмульсии.

Примечательной генетической особенностью джерсейской породы является повышенная частота встречаемости желательных аллелей генов, связанных с термоустойчивостью.

С использованием методов полногеномного секвенирования J. K. Höglund et. al. (2015) идентифицировали у джерсейской породы уникальные варианты в генах, связанных с метаболизмом липидов и углеводов, что объясняет повышенную эффективность конверсии корма и специфику обмена веществ, направленного на синтез компонентов молока.

Современные методы геномной селекции позволили существенно ускорить генетический прогресс в джерсейской породе. Точность геномного прогноза племенной ценности для основных хозяйственно-полезных признаков у джерсейской породы составляет 0,65-0,70, что позволяет эффективно отбирать животных с желательными генотипами.

Изучение генетических дистанций с использованием микросателлитных маркеров показало, что джерсейская порода генетически значительно отдалена от других европейских пород крупного рогатого скота.

Джерсейская порода традиционно относится к породам с умеренным уровнем удоя, но исключительными качественными показателями молока. Согласно данным официальной статистики Всемирной федерации джерсейского скота (WJCB, 2022), средняя молочная продуктивность коров джерсейской породы в странах с развитым молочным скотоводством варьирует в следующих пределах:

- США: 7500-8200 кг молока за 305 дней лактации;
- Дания: 7000-7500 кг;
- Канада: 6800-7300 кг;
- Австралия: 5500-6000 кг;
- Новая Зеландия: 4500-5000 кг;
- Великобритания: 5800-6300 кг.

В России, по данным бонитировки 2023 года, средний удой коров джерсейской породы составляет 6 488 кг за стандартную лактацию (Г.А. Шаркаева 2024). При этом молоко от коров данной породы характеризуется высоким содержанием жира и белка – 5,8-6,0% и 4,3% соответственно (Н.В. Мурленков и др., 2025).

Следует отметить, что в передовых стадах показатели молочной продуктивности значительно выше средних значений. Так в высокопродуктивных стадах США средний удой джерсейских коров достигает 9000-9500 кг, а в Дании – 8500-9000 кг молока за лактацию.

Важной особенностью лактационной деятельности джерсейских коров является относительно высокая устойчивость лактации. Индекс постоянства лактации у джерсейских коров равен 0,89-0,90. Это свидетельствует о более равномерном распределении удоя в течение лактации и способствует продолжительному продуктивному использованию животных (Д.Э. Юхина, 2023).

Характерной чертой джерсейской породы является раннее созревание и начало продуктивного использования. Средний возраст первого отела составляет 22-24 месяца, что на 2-3 месяца меньше, чем у большинства других молочных пород (А.В. Аристова; 2018; В.П. Антипина, 2020).

Максимальной продуктивности джерсейские коровы достигают на 3-4 лактации. При этом увеличение удоя от первой к третьей лактации составляет 15-20%, что несколько ниже, чем у голштинской породы (25-30%). Это объясняется более ранним физиологическим созреванием джерсейских коров и, соответственно, более высокой относительной продуктивностью в первую лактацию (Н.И. Куликова и др. 2018; В.В. Ляшенко и др., 2023).

Уникальной особенностью джерсейской породы является исключительное качество молока, которое существенно отличается от молока других пород по содержанию основных компонентов и технологическим свойствам.

Содержание жира в молоке джерсейских коров составляет в среднем 5,5-6,5%, что на 1,5-2,5% выше, чем у голштинской породы (3,6-4,0%) (К.К. Кулибеков, 2024). В высокопродуктивных стадах при оптимальных условиях кормления средний показатель жирности может достигать 6,5-8% (А.А. Дерканосова и др., 2021).

Содержание белка в молоке джерсейских коров также значительно превышает показатели других пород и составляет 3,8-4,2% (против 3,0-3,3% у голштинской породы). При этом соотношение казеин/общий белок у джерсейской породы более благоприятно для сыроделия и составляет 82-85% (против 78-80% у голштинской породы) (А.В. Аристова, 2018).

Существенные отличия наблюдаются в составе жирных кислот молочного жира. В молоке джерсейских коров отмечается повышенное содержание среднецепочечных жирных кислот (C8-C14), которые придают молочным продуктам специфический вкус и аромат. Содержание короткоцепочечных жирных кислот (C4-C6) составляет 8-10% от общего количества жирных кислот, что выше, чем у других пород (6-8%) (Е.Л. Харитонов и др., 2016).

Важной особенностью молока джерсейских коров является размер жировых глобул. Средний диаметр жировых глобул составляет 3,5 мкм. Меньший размер жировых глобул обеспечивает более стабильную эмульсию, лучшее усвоение молочного жира и более нежную консистенцию молочных продуктов (Н.Г. Бышова, 2011; А.В. Аристова, 2018).

Исследования, проведенные А. В. Аристовой (2018), показали, что молоко джерсейских коров характеризуется повышенным содержанием кальция (130 мг/100 г) и фосфора (90 мг/100 г) по сравнению с молоком голштинской породы (120-130 мг/100 г кальция и 85-95 мг/100 г фосфора) (А.В. Аристова, 2018).

Сыродельческие свойства молока джерсейских коров значительно превосходят показатели других пород. По данным А. В. Аристовой (2018), выход сыра из 100 кг молока джерсейских коров составляет 12-14 кг, что на 30-40% выше, чем из молока голштинской породы (9-10 кг). Это объясняется как более высоким содержанием белка и жира, так и лучшим соотношением основных компонентов молока. Также исследования Г. В. Овсянниковой (2017) показали, что продолжительность свертывания молока джерсейских коров составляет 20-24 минуты, что на 12-16 минут меньше, чем у молока голштинской породы. Сгусток, полученный из молока джерсейских коров, характеризуется повышенной плотностью и лучшей способностью к синерезису.

По сыропригодности молоко джерсейской породы превосходит молоко других пород благодаря высокому содержанию казеина и оптимальному

соотношению жир/белок. Расход молока на производство 1 кг сыра составляет 6,2 -6,7 кг (В.М. Стародубцев, 1974).

Высокое содержание жира и специфический состав жирных кислот молока джерсейских коров обуславливают превосходные качества масла, изготовленного из такого молока. Масло отличается ярко-желтым цветом (благодаря высокому содержанию каротиноидов), выраженным сливочным вкусом и ароматом, пластичной консистенцией. Расход молока на производство 1 кг масла составляет 14-16 кг, что на 30-35% меньше, чем при использовании молока голштинской породы (21-23 кг). кг (В.М. Стародубцев, 1974).

Молоко джерсейских коров также превосходно подходит для производства йогуртов и других кисломолочных продуктов. Благодаря высокому содержанию сухих веществ, йогурты имеют плотную консистенцию без применения стабилизаторов, выраженный сливочный вкус и аромат.

Несмотря на относительно невысокие показатели удоя, экономическая эффективность производства молока от джерсейских коров может превышать показатели других пород благодаря ряду факторов. Так, по расчетам Л. И. Кибкало (2023) при переводе на стандартизированное молоко (с содержанием жира 3,4% и белка 3,0%), продуктивность джерсейских коров сопоставима с голштинскими при фактически меньших удоях. При этом джерсейские коровы характеризуются более высокой эффективностью конверсии корма в компоненты молока. Также по данным Л.И. Кибкало (2023), для производства 1 кг молочного жира джерсейским коровам требуется на 18-20% меньше энергии корма по сравнению с голштинскими. Для производства 1 кг молочного белка разница составляет 15-17%.

При производстве молочных продуктов (сыр, масло, сметана) экономическое преимущество джерсейской породы значительно. Выход продукции в расчете на 1 корову составляет 90-95% от показателей голштинской породы при затратах на содержание и кормление на 25-30% меньше (В.М. Стародубцев, 1974).

Меньшая живая масса джерсейских коров обуславливает меньшие затраты на поддерживающий корм. Расчеты А. Е. Мальцева (2020) показали, что затраты корма на поддержание жизни джерсейских коров на 30-35% ниже, чем у голштинских.

При оплате молока в зависимости от содержания компонентов ценовая надбавка за высокую жирность и белковость может существенно повышать рентабельность производства. В странах с развитой системой оплаты за качество молока (Дания, Новая Зеландия) выручка за 1 кг молока джерсейских коров на 15-20% выше, чем за молоко голштинских коров (K.W. Bailey et al., 2005).

Важным фактором экономической эффективности является продолжительность продуктивного использования коров. По расчетам С. Л. Сафронова и др. (2019), увеличение срока хозяйственного использования на 1 лактацию снижает амортизационные отчисления на корову на 15-20% и повышает рентабельность производства на 3-5%.

По данным Д.Э. Юхиной (2023), продолжительность продуктивной жизни джерсейских коров в среднем на 0,8-1,2 лактации больше, чем у голштинских, что свидетельствует о лучшей адаптации к условиям промышленной технологии (О.В. Горелик и др., 2022).

По данным E. Nare et al. (2006), средняя продолжительность продуктивного использования джерсейских коров в США составляет 3,7 лактации. В Дании эти показатели составляют 3,9 и 2,8 лактации соответственно.

В России, согласно исследованиям З. С. Сановой (2019), средняя продолжительность хозяйственного использования джерсейских коров составляет 3,2-3,5 лактации, что на 0,6-0,9 лактации больше, чем у голштинских коров в аналогичных условиях содержания.

Более длительный срок продуктивного использования джерсейских коров объясняется комплексом следующих факторов: более крепкая конституция и лучшее здоровье; меньшая нагрузка на опорно-двигательный

аппарат благодаря меньшей живой массе; лучшая адаптация обмена веществ к высокой продуктивности; более высокая устойчивость к технологическим стрессам. Кроме этого джерсейская порода демонстрирует высокую адаптивность к пастбищной системе содержания. При пастбищном содержании джерсейские коровы потребляют на единицу живой массы на 12-15% больше сухого вещества травы по сравнению с голштинскими, что объясняется более высокой пищевой активностью и пропорционально большим объемом пищеварительного тракта. (Л.И. Кибкало и др., 2023).

При интенсивных системах кормления с высоким уровнем концентратов джерсейская порода требует более тщательного балансирования рационов. По данным Л.М. Захарова, оптимальное соотношение концентратов и объемистых кормов для джерсейских коров составляет 45:55 (по сухому веществу) (Л.М. Захаров, 2016).

По данным А. Е Мальцевой с соавторами (2020), джерсейские коровы характеризуются более спокойным темпераментом и лучшей обучаемостью по сравнению с голштинскими, что облегчает их адаптацию к новым технологическим элементам. Время адаптации к изменениям в режиме содержания и кормления на 15-20% короче, чем у голштинских коров.

Однако исследования М. Е. Бадмаева и соавт. (2021) показывают, что джерсейские коровы более чувствительны к нарушениям технологии содержания и кормления. При отклонениях от оптимальных параметров микроклимата, режима кормления или доения снижение продуктивности происходит быстрее и в большей степени, чем у голштинских коров (И.Н. Краснов и др., 2023).

Примечательной особенностью джерсейской породы является относительно высокая устойчивость к транспортному стрессу. Восстановление физиологических показателей и уровня продуктивности после транспортировки у джерсейских коров происходит на 1,5-2 дня быстрее, чем у голштинских (В.А Чирихина и др., 2021).

При беспривязном содержании с высоким уровнем механизации и автоматизации джерсейская порода также демонстрирует хорошую адаптацию, что объясняется спокойным темпераментом и хорошими обучающими способностями. По данным И. П. Ивановой (2023), время адаптации джерсейских коров к доильным роботам составляет в среднем 3-5 дней, что сопоставимо с показателями других пород.

Генетический потенциал современной джерсейской породы по удою составляет 8000-9000 кг молока при содержании жира 5,5-6,5% и белка 3,8-4,2%. Реализация этого потенциала в ведущих стадах США и Дании достигает 85-90%, в то время как в России – только 65-70%. (А.В. Востроилов и др., 2017; З.С. Санова, 2019).

Основными направлениями генетического совершенствования джерсейской породы являются повышение удоя при сохранении высокого содержания жира и белка. По мнению А. В. Аристовой (2024), оптимальной целью является достижение средней продуктивности 7000-8000 кг молока с содержанием жира 5,5-6,0% и белка 3,8-4,0%. Это обеспечит конкурентоспособность породы при сохранении её уникальных качеств.

Как отмечают Н. М. Костомахин, с соавторами (2020), морфологические особенности вымени джерсейских коров не всегда оптимальны для машинного доения. Перспективным направлением является селекция на улучшение формы вымени, более равномерное развитие четвертей и более высокое прикрепление задних долей. А включение устойчивости к заболеваниям, особенно к маститу в селекционные индексы может снизить заболеваемость маститом на 15-20% за 10 лет селекции (Л.И. Кибкало, 2023). В то время как селекция на повышение плодовитости может обеспечить сохранение и улучшение репродуктивных качеств породы (И.П. Иванова, 2022).

В современной селекции джерсейской породы используются комплексные селекционные индексы, учитывающие широкий спектр хозяйственно-полезных признаков с определенными весовыми

коэффициентами. В различных странах применяются свои индексы, отражающие национальные приоритеты в селекции.

В США основным индексом является JPI (Jersey Performance Index), включающий следующие блоки признаков с соответствующими весовыми коэффициентами (AJCA, 2022):

- Продуктивность (удой, жир, белок) – 50%;
- Здоровье и плодовитость – 20%;
- Экстерьер (вымя, конечности, тип) – 15%;
- Долголетие – 10%;
- Легкость отелов – 5%.

Современные целевые показатели селекции джерсейской породы в разных странах имеют свои особенности, но общими направлениями являются: увеличение выхода молочного жира и белка; поддержание или повышение процентного содержания жира и белка; улучшение формы и прикрепления вымени; повышение крепости конституции; улучшение репродуктивных качеств; увеличение продолжительности хозяйственного использования.

Геномная селекция в джерсейской породе была внедрена в США в 2009 году, вскоре после ее применения в голштинской породе. Для джерсейской породы был разработан специализированный чип высокой плотности, содержащий около 60 тысяч однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), что позволило учитывать генетические особенности породы (А.С. Убийко, 2023).

Внедрение геномной селекции позволило существенно ускорить генетический прогресс в породе. По оценкам Ф. А. Сагитдинова и др. (2021), темпы генетического улучшения основных признаков в джерсейской породе после внедрения геномной селекции увеличились в 1,5-2 раза. Наибольший прогресс наблюдается по признакам с высокой наследуемостью, таким как содержание жира и белка в молоке.

В современной мировой популяции джерсейского скота выделяются несколько ведущих линий, имеющих наибольшее распространение:

1. Секрет Сигнал Обсервер 553236 - занимает лидирующую позицию по воспроизводительной функции. (Д.Э. Юхина, 2023)
2. Гленморс 157911 – превосходит коров прочих линий по живой массе и молочной продуктивности. (Н.И. Морозова, 2024)
3. Адвангер Слиптинг Тестер (Т.А. Князева и др., 2020)

В работе с семействами особое внимание уделяется маточным семействам с уникальными комбинациями признаков, прежде всего с исключительно высоким содержанием жира и белка в молоке. Такие семейства служат источником матерей быков и доноров эмбрионов.

Межпородное скрещивание с использованием джерсейской породы распространена в мировом молочном скотоводстве. Основной целью является улучшение качественных показателей молока и функциональных признаков других пород.

По данным И. П. Ивановой (2022), помесные животные первого поколения (F1) от скрещивания джерсейских быков с голштинскими коровами превосходят чистопородных голштинских сверстниц по содержанию жира в молоке на 0,5-1,2% и белка на 0,2-0,4% при снижении удоя на 8-10%. При этом наблюдается улучшение репродуктивных показателей и увеличение продолжительности хозяйственного использования на 0,5-0,7 лактации.

Перспективным направлением является создание синтетических типов на основе джерсейской породы с целью закрепления желательных комбинаций признаков. В США и Новой Зеландии ведется работа по созданию синтетических типов с генетической долей джерсейской породы 25-50%, сочетающих высокое содержание компонентов молока с хорошими адаптационными качествами и умеренными требованиями к условиям содержания.

Джерсейская порода имеет хорошие перспективы для расширения своего присутствия в молочном скотоводстве России, особенно в контексте растущего спроса на высококачественные молочные продукты. (К.К. Кулибеков, 2024)

Для успешного развития джерсейской породы в России необходимо решение следующих задач:

- создание отечественной племенной базы породы;
- разработка адаптированных технологий содержания и кормления;
- подготовка специалистов для работы с породой;
- совершенствование системы оплаты молока с учетом содержания компонентов;
- развитие производства специализированных молочных продуктов (А.А. Коровушкин, 2022).

Таким образом, перспективы совершенствования джерсейской породы связаны с комплексным подходом, включающим традиционные и инновационные методы селекции, международное сотрудничество, адаптацию к изменяющимся климатическим условиям и развитие технологий содержания и кормления. Уникальные качества породы в сочетании с современными методами генетического совершенствования создают предпосылки для укрепления её позиций в мировом и отечественном молочном скотоводстве.

1.2. Полиморфизм генов соматотропинового каскада и их влияние на молочную продуктивность крупного рогатого скота

1.2.1. Полиморфизм гена пролактина и его ассоциация с молочной продуктивностью

Использование молекулярно-генетических маркеров в селекции молочного скота представляет собой перспективное направление, позволяющее повысить эффективность селекционного процесса за счет раннего прогнозирования продуктивных качеств животных и более точного отбора родительских пар (Р.Р. Шайдуллин и др., 2018; 2020; Л.Р. Загидуллин

и др., 2020; А.И. Афанасьева, 2021; Ф.Ф. Зиннатов и др., 2024; А.К. Преснякова, Т.А. Седых, 2024; С.А. Олейник, А.В. Лесняк, 2025).

Пролактин (PRL) – полипептидный гормон, секретируемый лактотрофами передней доли гипофиза, играющий ключевую роль в инициации и поддержании лактации у млекопитающих. Помимо этого, пролактин участвует в регуляции метаболизма, роста и развития, иммунных реакций и репродуктивной функции. Данный гормон играет ключевую роль в управлении лактацией: он контролирует процесс специализации клеток молочной железы, запускает и поддерживает процесс секреции молока, а также напрямую регулирует выработку белковых и липидных компонентов молока (Ю.Р. Юльметьева и др., 2015).

Ген пролактина (PRL) у крупного рогатого скота локализован на 23-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов и имеет размер около 10 т.п.н. Кодированный им белок состоит из 199 аминокислотных остатков, включая сигнальный пептид из 30 аминокислот (Y. Mehmannaev et al., 2009).

В гене PRL крупного рогатого скота идентифицировано несколько полиморфных сайтов, ассоциированных с показателями молочной продуктивности. Наиболее изученным является полиморфизм, обусловленный транзицией А→G в 3-м экзоне (A1167G, rs211032652), который может быть детектирован с помощью рестрикционного анализа с использованием эндонуклеазы RsaI (Л.Н. Чижова и др., 2017). Во многих исследованиях показана связь RsaI генотипов гена PRL у КРС с параметрами молочной продуктивности (A. Dybus A et al., 2005).

При исследовании кавказской бурой породы Е. С. Суржиковой и соавт. (2022), было установлено: полиморфизм гена PRL в исследуемой популяции характеризуется двумя аллелями – А и В, распределенными с различной частотой. В равнинной местности зарегистрирована низкая частота аллеля В (0,13) и доминирование аллеля А (0,87). Аналогичная, но менее выраженная картина наблюдается у горных животных: частота В составила 0,25, а А – 0,75. Генотипическое распределение в равнинной популяции демонстрирует

преобладание гомозигот АА (80,0 %) при значительно более низких показателях для гетерозигот АВ (15,0 %) и гомозиготного генотипа ВВ (5,0 %). В горной популяции также доминирует генотип АА (54,0 %), однако здесь отмечается повышенная доля гетерозиготных особей (42,0 %), тогда как частота ВВ остается минимальной (4,0 %).

Л. Н. Чижова и соавт. (2022), при изучении полиморфизма гена пролактина на красной степной, швицкой, красно-пестрой и черно-пестрой породах крупного рогатого скота, получили следующие данные: у коров красно-пестрой породы доминирует аллель В с частотой 0,71 и соответствующий гомозиготный генотип ВВ (0,66), тогда как у красной степной, швицкой и черно-пестрой пород преобладает аллель А с частотой 0,70-0,73 и гомозиготный генотип АА (0,50-0,54). При этом частота генотипа ВВ у последних трех пород составила лишь 0,07-0,10, а генотип АА у красно-пестрой породы - 0,23. Распределение гетерозиготного генотипа АВ было промежуточным во всех исследованных группах.

Исследования Р. Р. Шайдуллина и соавторов (2021), проведенные в Республике Татарстан, показали, что генотип PRL АА у черно-пестрой и холмогорской пород составил 70,0-77,5%, с частотой аллеля А гена пролактина - 0,83-0,87.

Исследования, проведенные на первотелках голштинской породы крупного рогатого скота, показали значимую ассоциацию полиморфизма A1167G гена PRL с показателями молочной продуктивности. Так, Н. Ю. Сафина и соавт. (2018) установили, что коровы с генотипом АА характеризуются более высоким удоем (на 2,8% выше по сравнению с генотипом АВ и на 10,1% выше по сравнению с генотипом ВВ). Наибольшее содержание белка в молоке наблюдалось у коров с генотипов ВВ (на 0,07% и 0,15% соответственно). Однако по содержанию жира в молоке наблюдалась обратная зависимость: животные с генотипом АА превосходили особей с генотипами АВ и ВВ на 0,12% и 0,23% соответственно.

Р. Р. Шайдуллин и соавторы (2022) в исследовании на популяции холмогорских коров обнаружили, что животные с генотипом PRL AA характеризовались более высокими удоями (5040 и 5836 кг), количество молочного жира (194,5 и 224,1 кг) и молочного белка (163,8 и 189,1 кг). Аналогичные результаты были получены С. В. Тюлькиным и соавторов (2020), И.Ю. Гилемхановым и соавторов (2021), Л. Р. Загидуллиным и соавторов (2021) при изучении холмогорской и черно-пестрой пород в условиях Республики Татарстан.

В исследовании, проведенном на популяции коров черно-пестрой породы, О. М. Шевелева и соавт. (2018) отметили положительную связь аллеля А гена PRL с удоем. Коровы с генотипом AA превосходили животных с генотипом АВ по удою за 305 дней лактации на 337 кг ($P<0,05$). В то же время, по выходу молочного белка и содержанию жира в молоке отмечалось превосходство коров с генотипом ВВ над животными с генотипом АА на 0,14% ($P<0,05$).

Проведенные Г. М. Закировой и соавт. (2011) исследования у коров-первотелок татарстанского типа холмогорской породы, показали доминирование в популяции аллеля А, частота которого составила 0.88, в то время как частота аллеля В достигла 0,12. Это распределение обусловило высокую встречаемость гомозиготного генотипа АА, который был зарегистрирован у 80.4% особей. Установлено, что особи с генотипом АА демонстрируют максимальную молочную продуктивность (6168 кг), достоверно превосходя гомозигот ВВ на 437.2 кг ($P<0,05$), в то время как гетерозиготные особи (АВ) занимают промежуточное положение с удоем 6104 кг. По качественным показателям носители генотипа ВВ характеризуются наивысшим содержанием жира (4,25%) и белка в молоке, тогда как гомозиготы АА, несмотря на минимальную жирность (3,87%), обеспечивают максимальный совокупный выход молочного жира и белка в абсолютном выражении за счет высоких удоев.

У симментальского скота, согласно исследованиям Ф. Р. Валитова. (2019), особи с генотипом АА демонстрируют максимальные удои (3449,1 кг), тогда как гетерозиготные особи (АВ) показывают минимальные показатели (3203,8 кг), при этом животные с генотипом ВВ занимают промежуточное положение (3210,5 кг). По качественным характеристикам молока носители генотипа АВ незначительно превосходят другие группы по содержанию жира (+0,06%) и его общему выходу (136,9 кг), тогда как по содержанию белка лидируют генотипы АА (2,86%) и АВ (2,84%).

В исследовании И. Ю. Долматовой и соавт. (2020) на популяции джерсейских коров в Бразилии было выявлено, что для данной породы характерна высокая частота встречаемости аллеля В гена PRL (0,73), что существенно выше, чем у голштинской породы в том же регионе (0,41). Авторы отметили статистически значимую ассоциацию генотипа ВВ с повышенным содержанием жира в молоке, на 0,32% выше по сравнению с генотипом АВ и на 0,57% выше по сравнению с генотипом АА ($P < 0,01$). Также была установлена положительная связь генотипа ВВ с содержанием казеина и улучшенными сыродельческими свойствами молока, в частности, с более коротким временем свертывания и повышенной плотностью сгустка.

Аналогичные результаты были получены у А. В. Усатова и соавт. (2016) на джерсейских коровах, разводимых в России. Животные с генотипом ВВ характеризуются более высоким содержанием жира в молоке, на 0,29% выше по сравнению с генотипом АВ ($P < 0,05$) и лучшими показателями выхода творога на 6,8% выше ($P < 0,05$).

Таким образом, полиморфизм гена пролактина оказывает значимое влияние на молочную продуктивность джерсейских коров, причем, в отличие от некоторых других пород, для джерсейской породы характерна положительная ассоциация аллеля В с содержанием жира в молоке и его технологическими свойствами.

1.2.2. Полиморфизм гена соматотропина и его ассоциация с молочной продуктивностью

Соматотропин (гормон роста, GH) – полипептидный гормон, секретируемый соматотрофами передней доли гипофиза, играющий ключевую роль в регуляции процессов роста, развития и лактации у млекопитающих (Е.И. Тарасова и др., 2020). Соматотропин оказывает как прямое действие на клетки-мишени, так и опосредованное – через стимуляцию синтеза инсулиноподобных факторов роста (IGF) (D.E. Bauman, 1999).

R. Hediger et al. (1990), отметили, что ген соматотропина (GH) у крупного рогатого скота локализован на 19-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов и имеет размер около 2,8 т.п.н. Кодированный им белок состоит из 217 аминокислотных остатков, включая сигнальный пептид из 26 аминокислот.

Исследованиями нескольких авторов было установлено, что в гене GH крупного рогатого скота идентифицировано несколько полиморфных сайтов, ассоциированных с показателями молочной продуктивности. Наиболее изученными являются полиморфизмы, обусловленные транзицией С→G в 5-м экзоне, приводящей к замене лейцина на валин в 127-м положении полипептидной цепи (Leu127Val, rs41923484, детектируется рестриктазой AluI), и транзицией С→Т в 3-м интроне (rs41923483, детектируется рестриктазой MspI) (М.П. Дубковска и др., 2020; Л.Н. Чинова и др., 2020).

М. В. Позовникова и соавт. (2015), указали, что полиморфизм Leu127Val гена GH (детектируемый AluI) является одним из наиболее изученных в контексте влияния на молочную продуктивность. В этом полиморфном сайте выделяют два аллеля: L (лейцин) и V (валин).

Согласно исследованиям, Ж. Т. Исаковой и соавт. (2019), анализ полиморфизма гена гормона роста (GH) у крупного рогатого скота алатауской (n=59), черно-пестрой (n=54) и голштинской (n=52) пород, разводимых в племенных хозяйствах Сокулукского района Чуйской области Кыргызской

Республики, выявил доминирование аллеля L и соответствующего гомозиготного генотипа LL. Частоты аллеля L составили 0,831, 0,981 и 0,923, а распределение генотипа LL достигло 66,1%, 96,3% и 84,6% для алатауской, черно-пестрой и голштинской пород соответственно, при полном отсутствии в исследованных выборках особей с гомозиготным генотипом VV. Аналогичное преимущество генотипа GH LL с частотой встречаемости 51,0-79,2% обнаружили Р. Р. Шайдуллин с соавторами (2021) у молочных пород скота, разводимых в условиях Республики Татарстан.

Г. М. Джапаридзе (2013) показал, что исследования на голштинской породе выявили значимую ассоциацию данного полиморфизма с удоем и качественными показателями молока. Коровы с генотипом LL характеризуются более высоким удоем за 305 дней лактации (на 8.03% выше по сравнению с генотипом VV, $P<0,01$), в то время как животные с генотипом LV превосходят VV по содержанию жира и белка в молоке (на 0,38% и 0,07% соответственно, $P<0,01$).

М. В. Позовникова и соавт. (2017) получили аналогичные результаты при изучении полиморфизма гена GH на молочную продуктивность айрширской породы. Коровы с генотипом LL превосходят LV по удою на 40 кг, и выходу белка на 0.7 кг. А животные с генотипом LV превосходят VV по выходу молочного жира – на 12.6 кг.

Г. И. Бобрышова и соавт. (2019) при оценке молочной продуктивности и качественных показателей молока коров ярославской породы использовали комплекс параметров, включающий величину удоя за полную лактацию, массовую долю жира и белка, а также общий выход молочного жира и белка за первую лактацию. Анализ полученных данных выявил, что особи с гомозиготным генотипом LL демонстрировали некоторое превосходство по продуктивным показателям в сравнении с животными, имеющими генотипы VV и LV. Согласно исследованиям А.И. Чудновец (2020), частота встречаемости генотипов составила: LL – 55.1%, VV – 18.4%, LV – 26.6%.

А. А. Ярышкин (2019) получил следующие результаты при изучении полиморфизма гена GH на молочную продуктивность черно-пестрой породы. Коровы с генотипом LV превосходят LL по удою на 351 кг, но уступают по содержанию жира и белка в молоке на 0,03 и 0,04% соответственно.

Лучшей молочной продуктивностью характеризуются холмогорские коровы с генотипом GH LL при достоверном преимуществе над группами GH VL и GH VV по удою на 280-509 кг ($P < 0,001$), по количеству молочного жира на 9,1-18,5 кг ($P < 0,01-0,001$), по количеству молочного белка на 7,9-14,8 кг ($P < 0,01$) (Р.Р. Шайдуллин и др., 2022). Аналогичное преимущество генотипа GH LL установили Л. Р. Загидуллин с соавторами (2021) у черно-пестрого скота по удою, выходу молочного жира, выходу молочного белка ($P < 0,05-0,001$). Но наибольшая жирномолочность характерна коровам с генотипом GH VV 3,82-3,83%, а лучшая белкомолочность - животным, имеющим аллель V (3,21-3,23%). К тому же генотип GH LL имеет достоверное преимущество ($P < 0,05-0,001$) по коэффициенту молочности у черно-пестрой и холмогорской породе татарстанского типа (984 и 1008), с аллель L гена GH, при оптимальной живой массе проявляют высокую молочность (Л.Р. Загидуллин и др., 2021).

Также высокая изменчивость молочности (8,61-8,63%), количество молочного жира (9,26-9,61%) и белка (8,41-9,17%) характерна у черно-пестрых животных, имеющих аллелем L гена соматотропина (Р.Р. Шайдуллин и др., 2025).

И. В. Лазебная и соавт. (2012), при изучении показателей костромской породы выявило, что аллель L ассоциирован с более высоким удоем (животные с генотипом LL превосходили LV на 392 кг, т.е на 6.4%, $P < 0,05$) и содержанием белка в молоке (LL превосходил LV на 13,4 кг, $P < 0,05$). Аллель V в свою очередь ассоциирован с более высоким выходом молочного жира и его содержанием в молоке – 0,8 кг и 0.25% ($P < 0,01$) соответственно.

И. В. Ткаченко и соавт. (2018), изучая полиморфизм гена GH первотелок уральского типа, заключили, что аллель L ассоциирован с более высокими показателями по удою, выходу молочного жира и белка. Животные с

генотипов LL превосходили LV по удою на 396 кг ($P < 0,01$), выходу молочного жира на 18.1 кг и белка 15.3 кг.

J. Komisarek et al. (2011), установили, что среди джерсейских коров в Польше частота аллеля С полиморфизма Leu127Val гена GH составляет 0,53, что выше, чем у аллеля G – 0,47. Генотип CC ассоциирован с повышенным содержанием жира (на 0,43% выше, $P < 0,01$) и белка (на 0,21% выше, $P < 0,05$), а также с улучшенными сыродельческими свойствами молока.

В работе С. Dario et al. (2008), проведенной на популяции джерсейских коров в Италии, было установлено, что для данной породы характерна высокая частота аллеля L полиморфизма гена GH (0,86), что значительно выше, чем у голштинской породы в том же регионе (0,69). Авторы отметили статистически значимую ассоциацию генотипа LL с повышенным содержанием жира в молоке (на 0,43% выше по сравнению с генотипом LV, $P < 0,01$) и белка (на 0,21% выше, $P < 0,05$).

Таким образом, полиморфизм гена соматотропина оказывает значимое влияние на молочную продуктивность джерсейских коров, причем для этой породы характерна положительная ассоциация аллеля L полиморфизма Leu127Val с содержанием жира и белка в молоке, а также с его технологическими свойствами.

1.2.3. Полиморфизм гена PIT-1 и его ассоциация с молочной продуктивностью

Гипофизарный транскрипционный фактор 1 (PIT-1, известный также как POU1F1) – белок, принадлежащий к семейству POU-домен-содержащих транскрипционных факторов, играющий ключевую роль в развитии и функционировании передней доли гипофиза. PIT-1 регулирует экспрессию генов, кодирующих пролактин, соматотропин и тиреотропин, и опосредованно влияет на процессы роста, развития и лактации (B. Anderson et al., 1994; М.А. Леонова и др., 2013; Н.В. Михайлов и др., 2013).

Ген PIT-1 у крупного рогатого скота локализован на 1-й хромосоме, состоит из 6 экзонов и 5 интронов, имеет размер около 17 т.п.н., кодируемый белок состоит из 291 аминокислотного остатка (J.D. Klemm et al., 1996).

В гене PIT-1 крупного рогатого скота идентифицировано несколько полиморфных сайтов, ассоциированных с показателями молочной продуктивности. Наиболее изученным является полиморфизм A→G в 6-м экзоне (rs109230623), детектируемый эндонуклеазой HinfI. Полиморфизм A→G в 6-м экзоне гена PIT-1 (детектируемый HinfI) выделяет два аллеля: А (наличие сайта рестрикции) и В (отсутствие сайта рестрикции) (J. Woollard et al., 1994).

Полиморфизм A→G в 6-м экзоне гена PIT-1 (детектируемый HinfI) является одним из наиболее изученных в контексте его влияния на молочную продуктивность крупного рогатого скота. В этом полиморфном сайте выделяют два аллеля: А (наличие сайта рестрикции) и В (отсутствие сайта рестрикции).

Е. С. Суржикова и соавт. (2022), при изучении полиморфизма гена PIT-1 на кавказской бурой породе, получили следующие данные: наличие двух аллелей – А и В. Во всех группах животных аллель В являлась доминантной, с частотой 0,90 в горной и 0,82 в равнинной местности. В горных условиях зафиксировано наличие гомозиготного генотипа АА с частотой 2,0 %, тогда как в равнинной зоне данный генотип не обнаружен. Распределение генотипов в горной местности составило: ВВ – 82,0 %, АВ – 16,0 %; в равнинной: ВВ – 65,0 %, АВ – 35,0 %.

В исследовании Э. Р. Гайнутдиновой и соавт. (2019), проведенном на первотелках голштинской породы, было установлено, что коровы с генотипом АА характеризуются более высоким удоем за 305 дней лактации (на 5,2% выше по сравнению с генотипом АВ, $P<0,05$), а так же превосходят особей с генотипами АВ и ВВ по содержанию жира и белка в молоке.

Аналогичные результаты были получены А. Trakovická et al. (2014) при изучении влияния полиморфизма гена PIT-1 на молочную продуктивность

словацких голштинов. Авторы отметили, что коровы с генотипом АА превосходят животных с генотипом АВ по удою на 867 кг за 305 дней лактации ($P < 0,05$), а так же по выходу молочного белка и жира.

У холмогорского скота татарстанского типа также наибольшая величина удоя, выхода молочного жира и белка отмечена у коров с генотипами РІТ1 АА (И.Ю. Гилемханов и др., 2021).

Интересные результаты были получены при изучении полиморфизма гена РІТ-1 у ярославской породы. А. И. Чудновец и соавт. (2020) установили, что, в отличие от голштинской породы, у ярославской породы аллель В ассоциирован с более высоким удоем (на 2,6% выше у животных с генотипом АВ по сравнению с генотипом АА, $P < 0,05$), но уступали по содержанию жира и белка в молоке (на 0,13 и 0,14% соответственно выше, $P < 0,05$).

В исследовании N. T. D. Thuya et al. (2017), проведенном на вьетнамской голштино-фризской породе, был изучен другой полиморфизм гена РІТ-1 – инсерция/делеция 451 п.н. в интроне 4. Авторы установили, что коровы с генотипом ТТ (наличие инсерции на обеих хромосомах) превосходят животных с генотипами ТГ и ГГ по удою за 305 дней лактации на 594 кг и 705 кг соответственно ($P < 0,05$). При этом по содержанию жира в молоке наблюдалась обратная зависимость: животные с генотипом DD превосходили особей с генотипами ID и II на 0,13% и 0,21% соответственно ($P < 0,05$).

В работе M. Shah. Ruksana et al. (2022), проведенной на популяции джерсейских коров в Индии, было установлено, что для данной породы характерна относительно высокая частота аллеля В полиморфизма в 6-м экзоне гена РІТ-1 (0,32), что выше, чем у голштинской породы в том же регионе (0,19). Авторы отметили статистически значимую ассоциацию генотипа ВВ с повышенным содержанием белка в молоке (на 0,27% выше по сравнению с генотипом АВ и на 0,41% выше по сравнению с генотипом АА, $P < 0,01$). Также была установлена положительная связь генотипа ВВ с содержанием казеина и улучшенными сыродельческими свойствами молока.

Проведенное А. А. Зиминой А.А. и соавторами (2021) исследование полиморфизма гена PIT-1 в популяции джерсейского скота выявило его существенное влияние на ключевые качественные показатели молока. Установлено, что животные с гомозиготным генотипом ВВ достоверно превосходили особей с генотипом АВ по содержанию жира и белка в молоке за первую лактацию, демонстрируя превышение на 0,08% по обоим компонентам. Данная положительная ассоциация генотипа ВВ с улучшенным составом молока сохранялась и в течение наивысшей лактации, что подтверждает устойчивый характер этого генетического эффекта.

Таким образом, полиморфизм гена PIT-1 оказывает значимое влияние на молочную продуктивность джерсейских коров, причем для этой породы характерна положительная ассоциация аллеля В полиморфизма в 6-м экзоне с содержанием белка в молоке и его технологическими свойствами, а также аллеля С полиморфизма в интроне 5 с сыродельческими свойствами молока.

1.2.4. Комплексное влияние полиморфизма генов соматотропинового каскада на молочную продуктивность скота

Гены соматотропинового каскада функционально взаимосвязаны, что обуславливает целесообразность изучения их сочетанного влияния на показатели молочной продуктивности. В ряде исследований была предпринята попытка оценить комплексное воздействие полиморфизма генов PRL, GH и PIT-1 на количественные и качественные характеристики молока крупного рогатого скота различных пород (Е.В. Белая и др., 2014).

К. Д. Сабетова и соавт. (2023) показали, что исследование на костромской породе выявило наиболее благоприятное сочетание генотипов AA по гену PRL, LL по гену GH и АВ по гену PIT-1. Коровы с такой комбинацией превосходили средний показатель суточного удоя по стаду на 4,4 кг молока за одну дойку. ($P < 0,01$).

I. S. Beishova et al. (2019) отметили, что аналогичные результаты были получены при изучении казахстанских голштинов. Коровы с комбинацией генотипов AA (PRL), LL (GH) и AB (PIT-1) превосходили животных с другими комбинациями генотипов по удою на 5,7–12,3% ($P<0,05$).

Е. В. Белая и соавт. (2014) установили, что у черно-пестрой породы наиболее благоприятным сочетанием генотипов для содержания жира и белка в молоке является BB (PRL), LV (GH) и BB (PIT-1). Коровы с этой комбинацией превосходили средний показатель по стаду по содержанию жира на 0,32% и по белку на 0,18% ($P<0,05$).

А. А. Оздемиров и соавторы (2020) отметили, что исследование A. García-Ruiz et al. (2020) на джерсейских коровах в США выявило наиболее благоприятное сочетание генотипов BB (PRL), LL (GH) и BB (PIT-1). Коровы с этой комбинацией имели содержание жира на 0,54% выше и белка на 0,37% выше по сравнению со средним показателем по стаду ($P<0,01$).

И. С. Бейшова (2018) отметила, что полиморфизм генов соматотропного каскада может использоваться как генетические маркеры при селекции на повышение молочной продуктивности и улучшение технологических свойств молока. В зависимости от породы и целей селекции могут быть рекомендованы различные генотипы по генам PRL, GH и PIT-1.

М. Е. Михайлова и др. (2011) показали, что для повышения удоя у голштинской и черно-пестрой пород перспективен отбор животных с генотипами AA (PRL), LL (GH) и AB (PIT-1), а для повышения содержания жира и белка – BB (PRL), LV (GH) и BB (PIT-1).

Л. Н. Чижова и соавт. (2020) показали, что включение генотипов по генам PRL, GH и PIT-1 в модели геномной оценки племенной ценности повышает достоверность прогноза показателей молочной продуктивности и технологических свойств молока.

Е. В. Белая и соавт. (2014) отметили, что использование комплексной информации о полиморфизме генов соматотропного каскада особенно перспективно для селекционных программ, направленных на улучшение

специфических характеристик молока, таких как сыропригодность, что актуально для джерсейской породы.

Таким образом, проведенный анализ литературы показывает, что полиморфизм генов соматотропного каскада (пролактина, соматотропина и PIT-1) оказывает значимое влияние на молочную продуктивность крупного рогатого скота различных пород.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа по теме диссертационной работы проводилась в период с 2021 по 2025 гг. Производственные опыты проведены на поголовье крупного рогатого скота ООО имени Тимирязева Балтасинского района Республики Татарстан.

Для проведения исследований по установлению аллельного полиморфизма и генотипов по локусам генов соматотропинового каскада крупного рогатого скота были отобраны 87 коров-первотёлок джерсейской породы.

Определение аллельного полиморфизма и генотипов по локусам генов соматотропинового каскада у коров проводили с помощью ПЦР-ПДРФ. Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

Исследуемые животные во время проведения опытов находились в схожих условия содержания и кормления, были в статусе – клинические «здоровые». Обслуживающие работники (операторы доения, работники фермы, ветеринарный врач и другие) во время проведения опытов не менялись, что исключило воздействие данного паратипического фактора на продуктивные качества животных.

Кормление в группах первотёлок с отдельными и комплексными генотипами по генам соматотропинового каскада в ООО имени Тимирязева осуществлялось согласно схеме, принятой в сельскохозяйственном предприятии и с учётом научно доказанных норм и рационов кормления крупного рогатого скота по А.П. Калашникову и др. (2003).

Отбор проб крови проводился с использованием вакуумных пробирок EDTA K-3 (APEXLAB, Китай) из хвостовой вены животных. Генетический материал (ДНК) выделяли стандартным набором «АмплиПрайм ДНК-сорб-В» (Россия) предназначенным для экстракции нуклеиновых кислот из биологического материала, согласно рекомендациям изготовителя.

Роль генов соматотропинового каскада в формировании молочной продуктивности коров джерсейской породы		
▼		▼
Определение аллельного полиморфизма и генотипов, генное равновесие и гетерозиготность в популяциях крупного рогатого скота		
	▼	
Генотип PRL	Генотип PIT1	Генотип GH
AA	AA	LL
AB	AB	LV
BB	BB	VV
▼	▼	▼
Молочная продуктивность		
Удой, массовая доля и количество жира в молоке, массовая доля и количество белка в молоке		
▼		
Качество молока		
Физико-химические показатели молока (Сухое вещество, СОМО, МДЖ МДБ, казеин, лактоза, зола, плотность, кислотность); Технологические свойства молока (термоустойчивость, сычужная свертываемость, диаметр и число жировых шариков)		
▼		
Селекционно-генетические параметры		
Коэффициент изменчивости (CV), коэффициент корреляции (r), доля влияния (η^2)		
▼		
Экономическая эффективность производства молока		

Рисунок 1 – Схема исследования

Амплификацию фрагментов ДНК проводили со стандартными компонентами ПЦР-смеси: дистиллированная вода, буферный раствор Taq-полимеразы, смесь дезоксинуклеотидтрифосфатов, праймеры, Taq-полимераза и выделенный ДНК-образец.

Амплификацию изучаемых фрагментов генов осуществляли с помощью следующих праймеров:

- для гена пролактина (PRL) (Dybus A., Grzesiak W., Kamieniecki H. et al., 2005):

PRL1: 5/-CGAGTCCTTATGAGCTTGATTCTT-3/ (24 н.),

PRL2: 5/-GCCTTCCAGAAGTCGTTTGTTC-3/ (24 н.).

- для гена гипофизарного фактора транскрипции (PIT1) (Dybus A., Kmiec M., Sobek Z., Pietrzyk W., 2003):

PIT1-f: 5/-AAACCATCATCTCCCTTCTT-3/ (20 н.),

PIT1-r: 5/-AATGTACAATGTGCCTTCTGAG-3/ (22 н.).

- для гена соматотропина (GH) (Gordon D.F. et al., 1983):

GH5F: 5/-GCTGCTCCTGAGGGCCCTTC-3/ (20 н.),

GH5R: 5/-CATGACCCTCAGGTACGTCTCCG-3/ (23 н.).

Амплификацию проводили с 2 мкл ДНК-образца, общий объем реакционной смеси в одной пробирке составлял 20 мкл. Для проведения рестрикционного гидролиза использовали следующие ферменты: 5 ед. эндонуклеазы RsaI в 1× буфере «В» (ген PRL), эндонуклеазы HinfI в 1× буфере «О» (ген PIT1), эндонуклеазы AluI в 1× буфере «Y» (ген GH).

Пробы с внесёнными эндонуклеазами рестрикции расщепляли согласно рекомендации протокола производителя. Пробирки со смесью помещали в термостат (Binder, Германия) на 6-8 часов при 37°C.

Затем методом горизонтального электрофореза в 2-2,5% агарозном геле определяли молекулярный вес продуктов ПЦР-ПДРФ-анализа. Для приготовления геля использовали комплект реагентов для проведения гель-электрофореза, производства ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. Электрофорез проведен при 200мА, 150В, 20Вт (Эльф-8, ДНК Технология, Россия). Результаты электрофореза детектировали с помощью видеодокументирующей системы GelDoc X+ (BioRad, США) (рис. 2-4).

Расчёт частоты встречаемости генотипов по генам соматотропинового каскада в популяциях крупного рогатого скота проводили с учётом закона Харди-Вайнберга и критерия хи-квадрат (χ^2) (Петухова В.Л., Жигачёва А.И., Назаровой Г.А., 1996).

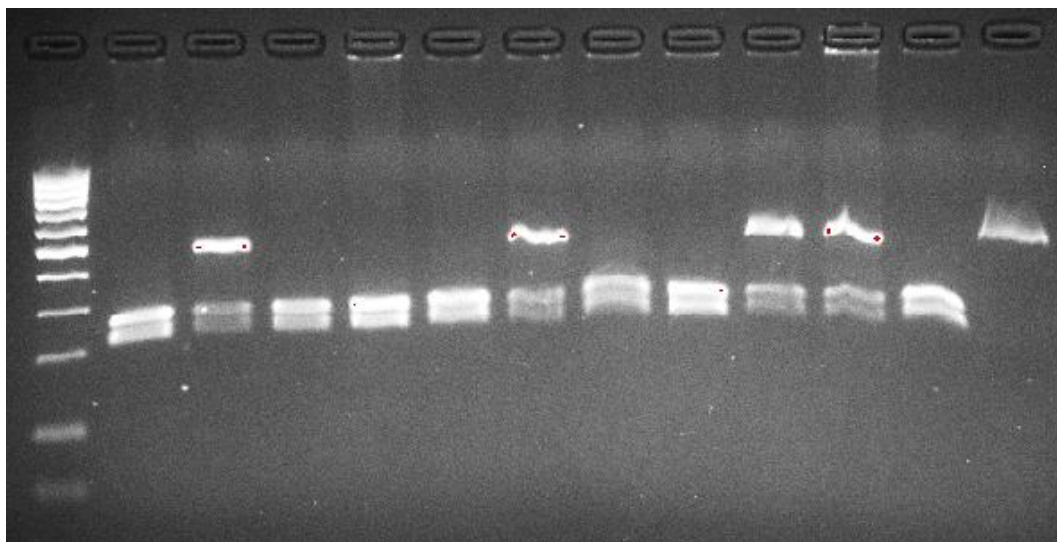


Рисунок 2 – Электрофореграмма результата *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей *A* и *B* гена гипофизарного фактора транскрипции крупного рогатого скота (праймеры PIT1-f + PIT1-r)

Обозначения: М) ДНК-маркеры 50 bp + 100 bp + 1 kb (СибЭнзим); 1, 3-5, 7, 8, 11) *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *BB* (244/207 bp); 2, 6, 10) *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AB* 451/244/207 bp); 9) *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AA* (451 bp); 12) цельный ПЦР-фрагмент генотипа гена гипофизарного фактора транскрипции (451 bp).

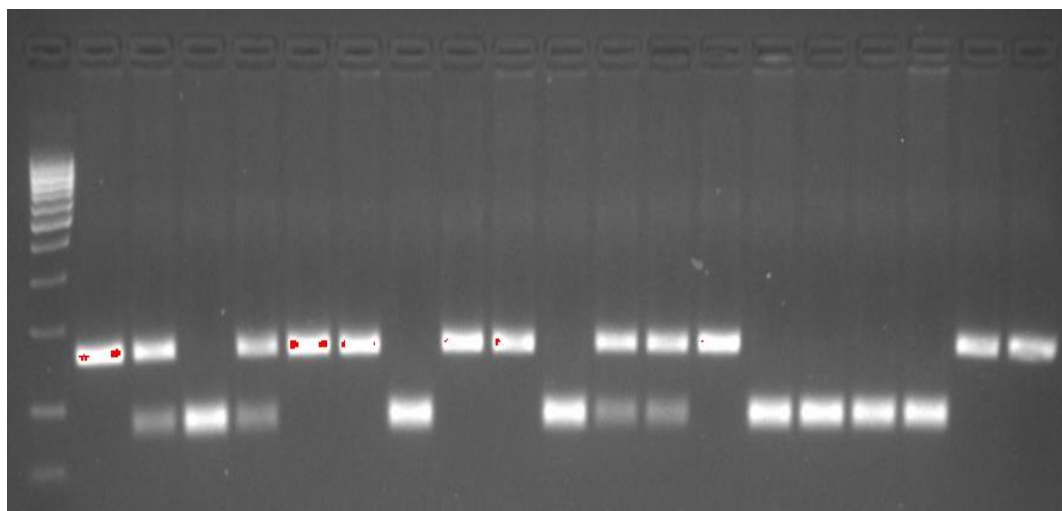


Рисунок 3 – Электрофореграмма результата *RsaI*-ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей *A* и *B* гена пролактина крупного рогатого скота (пара праймеров PRL1+PRL2)

Обозначения: М) ДНК-маркеры 50 bp + 100 bp + 1 kb (СибЭнзим); 1, 5, 6, 8, 9, 13, 18) *RsaI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AA* (156 bp); 2, 4, 11, 12) *RsaI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AB* (156/82/74 bp); 3, 7, 10, 14-17) *RsaI*-ПЦР-ПДРФ генотипа *BB* (82/74 bp); 19) цельный ПЦР-фрагмент гена пролактина (156 bp).

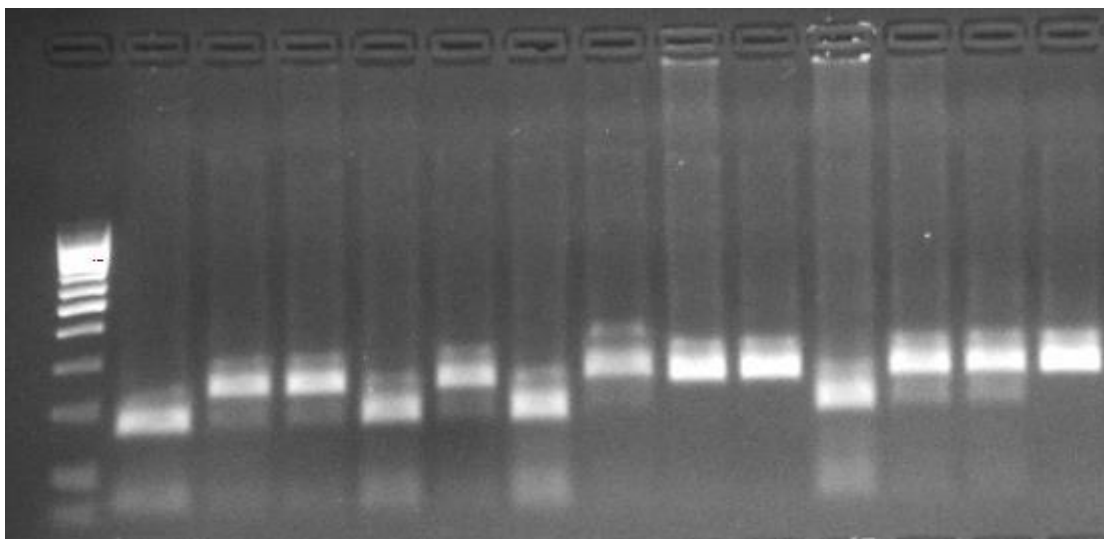


Рисунок 4 – Электрофореграмма результата *AluI*-ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей *L* и *V* гена соматотропина крупного рогатого скота (праймеры GH5F+GH5R)

Обозначения: М) ДНК-маркеры 50 bp + 100 bp + 1 kb (СибЭнзим); 1, 4, 6, 10) *AluI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *LL* (159/52 bp); 2, 3, 5, 11, 12) *AluI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *LV* (211/159/52 bp); 7-9) *AluI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *VV* (211 bp); 13) цельный ПЦР-фрагмент гена соматотропина (211 bp)

Так же поголовье было оценено по индексу фиксации, или коэффициент инбридинга (*Fis*), и на информативность полиморфизма (*PIC*) по каждому отдельно взятому гену-маркеру (0 – маркер мономорфен, 0,25-0,50 – умеренно информативный маркер, 0,50 и выше – высокоинформативный маркер).

Мера информационного полиморфизма (*PIC*) гена для биаллельных маркеров рассчитывалась по формуле:

$$PIC = 1 - (q^2 + p^2) - 2 \times q^2p^2, \text{ где} \quad (1)$$

PIC – мера информационного полиморфизма,

q – частота аллеля *A*,

p – частота аллеля *B*.

Оценку избытка (недостатка) гетерозигот, или коэффициент фиксации (*Fis*) (Weir B.S., Cockerham C.C., 1984) в популяции по каждому гену-маркеру вычисляли по формуле:

$$Fis = 1 - \frac{H_o}{H_e}, \text{ где} \quad (2)$$

H_o – наблюдаемая гетерозиготность,

H_e – ожидаемая гетерозиготность.

Молочную продуктивность коров определяли по итогам результатов ежемесячных контрольных доений согласно правилам оценки молочной продуктивности коров за лактацию, при этом массовую долю жира и белка в молоке определяли на анализаторе молока «ЛАКТАН 1-4».

Состав молока и его физико-химические показатели изучались в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Лабораторные исследования проводили в соответствии с требованиями ГОСТов: Массовая доля белка – по Кьельдалю ГОСТ 30648.2-99. «Продукты молочные для детского питания. Методы определения общего белка». Массовая доля жира - ГОСТ 5867-90. «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира». Плотность - ГОСТ 3625-84. «Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности». СОМО - ГОСТ Р 54761-2011. «Молоко и молочная продукция. Методы определения массовой доли сухого обезжиренного молочного остатка». Титруемая кислотность - ГОСТ 30305.3-95. «Консервы молочные сгущенные и продукты молочные сухие. Титриметрические методики выполнения измерений кислотности». Содержание казеина - ГОСТ 31689-2012 «Казеин. Технические условия». Содержание лактозы - рефрактометрическим методом. Содержание золы - ГОСТ Р 51466-99 «Казеины. Метод определения массовой доли «связанной золы». Калорийность - методом расчёта.

Определение количества и размеров жировых шариков с помощью камеры Горяева.

Сыропригодность молока определяли по методике Н.В. Барабанщикова (1990), при использовании сычужной и сычужно-бродильной пробы (ГОСТ 9225-84).

Термоустойчивость молока определяли по алкогольной пробе (ГОСТ 25228-82).

При определении селекционно-генетических параметров были рассчитаны: коэффициент изменчивости (CV), коэффициент корреляции (r). Долю влияния (η^2) различных факторов на молочную продуктивность определяли однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA) с пермутационным тестом.

Экономическую эффективность производства молока с разными генотипами по локусам генов соматотропинового каскада определялась с учётом ряда нормативных документов: «Методические рекомендации по определению экономической эффективности от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводстве», с учетом молока с базисной общероссийской нормой массовой доли жира (3,4%).

Вариационно-статистический анализ результатов исследований проводили биометрическим методом по Меркурьевой Е.К. (1970). Достоверность полученных результатов исследований подтверждалась табличными данными критерия по Стьюденту.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Полиморфизм генов соматотропинового каскада у коров джерсейской породы

Анализ полиморфизма гена PRL у коров джерсейской породы выявил наличие трех генотипов: AA, AB и BB. Результаты распределения генотипов и частот аллелей представлены в таблице 1.

В исследуемой стаде наиболее распространенным является генотип PRL AA, который обнаружен у 42 особей (48,3%). Генотип PRL AB выявлен у 39 животных (44,8%), а генотип PRL BB имел наименьшую частоту – всего 6 особей (6,9%).

Таблица 1 – Полиморфизм гена пролактина у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		AA		AB		BB						
		n	%	n	%	n	%	A	B			
<i>O</i>	87	42	48,3	39	44,8	6	6,9	0,71	0,29	0,48	-0,083	0,329
<i>E</i>		44	50,6	36	41,4	7	8,0					

Примечание: O – фактически наблюдаемый показатель, E – теоретически ожидаемый показатель

Для гена пролактина характерно значительное преобладание аллеля A (0,71) над аллелем B (0,29). Высокая частота генотипа PRL AA (48,3%) может свидетельствовать о его селекционном преимуществе. По данным литературы, аллель A гена PRL часто ассоциирован с повышенным содержанием белка в молоке, что особенно важно для джерсейской породы, отличающейся высокими качественными показателями молочной продуктивности.

Значение критерия χ^2 для гена PRL составило 0,48, что ниже критического значения (3,84 при $p=0,05$), что свидетельствует о генетическом равновесии популяции по данному локусу согласно закону Харди-Вайнберга.

Анализ полиморфизма гена PRL показал отрицательный коэффициент инбридинга (F_{is} , индекс фиксации) -0,083, что указывает на некоторый избыток гетерозигот по сравнению с ожидаемым распределением. Показатель полиморфизма ($PIC = 0,329$) говорит о том, что локус не достаточно информативен.

Анализ полиморфизма гена PIT1 у коров джерсейской породы также выявил три генотипа: AA, AB и BB. Результаты представлены в таблице 2. В отличие от гена PRL, в популяции по гену PIT1 преобладает генотип BB, который обнаружен у 55 животных (63,2%). Генотип PIT1 AB выявлен у 25 особей (28,7%), а генотип AA имел наименьшую частоту – 7 особей (8,1%)

Таблица 2 – Полиморфизм гена гипофизарного фактора транскрипции у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		AA		AB		BB						
		n	%	n	%	n	%	A	B			
<i>O</i>	87	7	8,1	25	28,7	55	63,2	0,22	0,78	3,16	-0,200	0,287
<i>E</i>		4	4,6	30	34,5	53	60,9					

Примечание: O – фактически наблюдаемый показатель, E – теоретически ожидаемый показатель

В случае гена PIT1 наблюдается обратная картина – выраженное доминирование аллеля B (0,78) над аллелем A (0,22). Высокая частота генотипа BB (63,2%) может указывать на его адаптивное преимущество в данном стаде.

Значение критерия χ^2 для гена PIT1 составило 3,16, что также ниже критического значения (3,84 при $p=0,05$), но приближается к нему, что может

указывать на начальные стадии нарушения генетического равновесия по данному локусу. Относительно высокое значение критерия χ^2 (3,16) для этого гена, приближающееся к критическому, может свидетельствовать о направленном селекционном давлении в пользу аллеля В.

Анализ полиморфизма гена PIT1 показал отрицательный коэффициент инбридинга (Fis, индекс фиксации) -0,200, что указывает на некоторый избыток гетерозигот по сравнению с ожидаемым распределением. В поголовье наблюдается нижняя граница умеренной информативности (PIC = 0,287) из-за доминирования аллеля В (0,78).

При исследовании полиморфизма гена GH у коров джерсейской породы выявлено три генотипа: LL, LV и VV. Результаты представлены в таблице 3.

В исследуемом хозяйстве наиболее распространенным является генотип GH LV, выявленный у 46 особей (52,9%). Генотип GH LL обнаружен у 23 животных (26,4%), а генотип VV – у 18 особей (20,7%).

Таблица 3 – Полиморфизм гена соматотропина у коров джерсейской породы

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		χ^2	Fis	PIC
		LL		LV		VV						
		n	%	n	%	n	%	L	V			
<i>O</i>	87	23	26,4	46	52,9	18	20,7	0,53	0,47	0,42	-0,070	0,374
<i>E</i>		25	28,7	43	49,4	19	21,9					

Примечание: O – фактически наблюдаемый показатель, E – теоретически ожидаемый показатель

Полиморфизм гена GH характеризуется наиболее равномерным распределением аллелей L (0,53) и V (0,47), что может указывать на отсутствие выраженного селекционного преимущества какого-либо из аллелей. Преобладание гетерозиготного генотипа GH LV (52,9%) может свидетельствовать о проявлении эффекта гетерозиса по данному локусу.

Значение критерия χ^2 для гена GH составило 0,42, что ниже критического значения (3,84 при $p=0,05$), свидетельствуя о генетическом равновесии популяции по данному локусу.

Выявлен отрицательный коэффициент инбридинга (F_{is} , индекс фиксации) -0,070. Показатель полиморфизма ($PIC = 0,374$) говорит о том, что локус умеренно информативен.

Проведенное исследование полиморфизма генов соматотропного каскада у коров джерсейской породы позволило выявить ряд важных особенностей генетической структуры популяции:

- Для гена PRL характерно преобладание аллеля А (0,71) и генотипа PRL AA (48,3%), что может быть связано с селекцией на повышенное содержание белка в молоке;

- Для гена PIT1 отмечено доминирование аллеля В (0,78) и генотипа PIT1 BB (63,2%), что может отражать селекцию на повышение удоя;

- Полиморфизм гена GH характеризуется относительно равномерным распределением аллелей L (0,53) и V (0,47) с преобладанием гетерозиготного генотипа LV (52,9%), что может указывать на проявление эффекта гетерозиса. Следует отметить, что по данным многих ученых (Ялуга В.Л. и др., 2018; Чижова Л.Н., 2020; Шайдуллин Р.Р. и др., 2021; Ильина А.В. и др., 2023) выявлена высокая частота генотипа L у черно-пестрой (0,87), ярославской (0,70) и холмогорской (0,87) и кавказской бурой породы (0,67-0,80), а в нашем исследовании частоты аллелей L и V более сбалансированы, что может быть обусловлено особенностями исследуемого стада джерсейского скота.

Все исследованные локусы находятся в состоянии генетического равновесия, что свидетельствует о сохранении генетической изменчивости в популяции.

Для более детальной оценки генетической структуры молочного стада нами были изучены комплексные генотипы коров одновременно по трем генам - PRL, PIT1, GH.

В результате генотипирования коров джерсейской породы по локусам генов PRL, PIT1 и GH было идентифицировано 19 различных комплексных генотипов (табл. 4). Наиболее распространенными оказались комплексные генотипы AABBLV (17,2%), ABBBLV (12,6%), AABBVV (11,5%) и ABBBLL (11,5%). Наименьшая частота встречаемости (1,2%) отмечена для генотипов AAABVV, ABAALV, BBABLL и BBABVV.

Таблица 4 – Встречаемость аллелей и генотипов у коров джерсейской породы с разным комплексным генотипом PRL, PIT1, GH

Комплексный генотип		Частота комплексного генотипа	
		n = 87	100%
1	AAAALL	2	2,3
2	AAAALV	4	4,6
3	AAABLL	2	2,3
4	AAABLV	4	4,6
5	AAABVV	1	1,2
6	AABBLL	4	4,6
7	AABBLV	15	17,2
8	AABBVV	10	11,5
9	ABAALV	1	1,2
10	ABABLL	4	4,6
11	ABABLV	7	8,0
12	ABABVV	3	3,4
13	ABBBLL	10	11,5
14	ABBBLV	11	12,6
15	ABBBVV	3	3,4
16	BBABLL	1	1,2
17	BBABLV	2	2,3
18	BBABVV	1	1,2
19	BBBBLV	2	2,3

Разнообразие комплексных генотипов в исследуемом стаде свидетельствует о выраженном генетическом полиморфизме генов соматотропного каскада у коров джерсейской породы, что позволяет проводить эффективную селекцию по данным генетическим маркерам.

Материалы, приведенные в разделе 3.1, плучены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы [33].

3.2. Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

Гены соматотропного каскада, включающие гипофизарный фактор транскрипции (PIT1), пролактин (PRL) и соматотропин (GH), представляют особый интерес для изучения их взаимосвязи с молочной продуктивностью крупного рогатого скота. Эти гены кодируют белки, непосредственно участвующие в регуляции лактации и метаболических процессов, определяющих продуктивные качества животных.

Изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) в генах соматотропного каскада и их ассоциации с показателями молочной продуктивности представляет не только теоретический интерес, но и имеет практическое значение для разработки программ генетического совершенствования молочного скота. Особую актуальность представляет исследование таких взаимосвязей у коров джерсейской породы, которая характеризуется высоким содержанием жира и белка в молоке, что делает её перспективной для производства высококачественных молочных продуктов.

Анализ показателей молочной продуктивности в зависимости от генотипа PRL выявил определенные закономерности (табл. 5). Так, удой за 305 дней лактации был наибольшим у коров с генотипом PRL AB ($6818 \pm 166,0$ кг), что на 229 кг или 3,5% выше, чем у животных с генотипом AA ($6589 \pm 168,5$ кг), однако различия статистической не достоверны. Коровы с генотипом PRL BB имели промежуточное значение удоя - 6590 кг).

Наиболее выраженные различия между генотипами PRL были обнаружены по содержанию жира в молоке. Коровы с генотипами PRL АВ и ВВ характеризовались более высоким содержанием жира ($6,33 \pm 0,19\%$ и $6,30 \pm 0,64\%$ соответственно) по сравнению с животными, несущими генотип PRL АА ($5,89 \pm 0,15\%$). Это отразилось и на количестве молочного жира, где животные с генотипом PRL АВ имели достоверное преимущество ($431,6 \pm 14,98$ кг) по сравнению с носителями генотипа PRL АА ($388,1 \pm 15,23$ кг) на 43,5 кг (11,2%; $p < 0,05$).

Таблица 5 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом PRL-гена

Показатель	Генотип PRL		
	АА	АВ	ВВ
п	42	39	6
Удой, кг	$6589 \pm 168,5$	$6818 \pm 166,0$	$6590 \pm 594,0$
Массовая доля жира, %	$5,89 \pm 0,15$	$6,33 \pm 0,19$	$6,30 \pm 0,64$
Молочный жир, кг	$388,1 \pm 15,23$	$431,6 \pm 14,98^*$	$415,2 \pm 72,54$
Массовая доля белка, %	$3,87 \pm 0,06$	$3,96 \pm 0,06$	$4,22 \pm 0,40$
Молочный белок, кг	$255,0 \pm 6,06$	$270,0 \pm 6,07$	$279,1 \pm 47,35$

Примечание: * – $p < 0,05$ между минимальным и максимальным значением

По содержанию белка в молоке наивысший показатель был отмечен у коров с генотипом PRL ВВ ($4,22 \pm 0,40\%$), что на 0,35% выше, чем у животных с генотипом PRL АА ($3,87 \pm 0,06\%$) и на 0,26% выше, чем у носителей генотипа АВ ($3,96 \pm 0,06\%$). Количество молочного белка также было выше у коров с генотипами PRL ВВ и АВ ($279,1 \pm 47,35$ кг и $270,0 \pm 6,07$ кг соответственно) по сравнению с носителями генотипа PRL АА ($255,0 \pm 6,06$ кг), однако различия не достоверны.

Следует отметить, что генотип ВВ пролактина, хотя и встречался с низкой частотой в исследуемой популяции (6,9%), был ассоциирован с наивысшим содержанием белка в молоке. Это может свидетельствовать о плейотропном эффекте данного гена на синтез различных компонентов молока. Однако из-за малого количества животных с этим генотипом требуются дальнейшие исследования для подтверждения данной ассоциации.

Выявлена ассоциация между полиморфизмом гена PRL и показателями жирномолочности. Гетерозиготный генотип PRL АВ связан с более высоким содержанием жира в молоке и количеством молочного жира. Это может быть объяснено тем, что пролактин стимулирует экспрессию генов, ответственных за синтез молочного жира в секреторных клетках молочной железы.

Удой за 305 дней лактации был наибольшим у коров с генотипом PIT1 АА гена гипофизарного фактора транскрипции ($6903 \pm 387,9$ кг), что на 304 кг или 4,6% выше, чем у животных с генотипом PIT1 ВВ ($6599 \pm 141,1$ кг), однако различия не были статистически достоверными (табл. 6). Коровы с генотипом PIT1 АВ имели промежуточное значение удоя ($6836 \pm 240,3$ кг).

Таблица 6 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом PIT1-гена

Показатель	Генотип PIT1		
	АА	АВ	ВВ
п	7	25	55
Удой, кг	$6903 \pm 387,9$	$6836 \pm 240,3$	$6599 \pm 141,1$
Массовая доля жира, %	$6,40 \pm 0,36$	$6,09 \pm 0,19$	$6,09 \pm 0,16$
Молочный жир, кг	$441,8 \pm 32,26$	$416,3 \pm 21,10$	$401,9 \pm 14,21$
Массовая доля белка, %	$3,77 \pm 0,16$	$4,09 \pm 0,10$	$3,88 \pm 0,05$
Молочный белок, кг	$260,2 \pm 13,16$	$279,6 \pm 12,87$	$256,0 \pm 5,02$

По содержанию жира в молоке наивысший показатель был зафиксирован у коров с генотипом PIT1 АА ($6,40 \pm 0,36\%$), что на 0,31% выше,

чем у животных с генотипами PIT1 АВ и ВВ ($6,09 \pm 0,19\%$ и $6,09 \pm 0,16\%$ соответственно). Эта тенденция сохранилась и по количеству молочного жира: коровы с генотипом PIT1 АА имели наивысший показатель ($441,8 \pm 32,26$ кг), что на 39,9 кг или 9,9% больше, чем у носителей генотипа PIT1 ВВ ($401,9 \pm 14,21$ кг).

Содержание белка в молоке было максимальным у коров с генотипом PIT1 АВ ($4,09 \pm 0,10\%$), что на 0,32% выше, чем у животных с генотипом PIT1 АА ($3,77 \pm 0,16\%$) и на 0,21% выше, чем у носителей генотипа ВВ ($3,88 \pm 0,05\%$). Количество молочного белка также было наибольшим у коров с генотипом PIT1 АВ ($279,6 \pm 12,87$ кг), превосходя показатели животных с генотипами PIT1 АА и ВВ ($260,2 \pm 13,16$ кг и $256,0 \pm 5,02$ кг соответственно).

Таким образом, наблюдалась тенденция к более высоким показателям удоя и жирномолочности у коров с генотипом PIT1 АА, хотя различия не достоверны. Этот генотип встречался с низкой частотой в исследуемой популяции (8,0%), что могло повлиять на статистический анализ.

Можно отметить, что в нашем исследовании генотип PIT1 АВ был ассоциирован с наивысшим содержанием и количеством белка в молоке. Это может свидетельствовать о проявлении эффекта гетерозиса по данному признаку, когда гетерозиготы превосходят обе гомозиготные формы.

Анализ удоя в зависимости от генотипа GH выявил статистически значимые различия (табл. 7). Коровы с генотипом GH LL имели наивысший удой ($6970 \pm 258,8$ кг), что на 777 кг или 12,5% больше, чем у животных с генотипом GH VV ($6193 \pm 222,7$ кг) ($p < 0,05$). Гетерозиготный генотип GH LV имел промежуточное значение удоя ($6748 \pm 148,9$ кг), которое также было достоверно выше, чем у животных с генотипом GH VV ($p < 0,05$).

По содержанию жира в молоке различия между генотипами GH были менее выражены: LL - $6,20 \pm 0,23\%$, LV - $6,10 \pm 0,16\%$, VV - $6,05 \pm 0,29\%$. Однако по количеству молочного жира наблюдалась та же тенденция, что и по удою: коровы с генотипом GH LL имели наивысший показатель ($432,1 \pm 22,56$ кг), что

на 57,4 кг или 15,3% больше, чем у животных с генотипом GH VV (374,7±24,75 кг).

Таблица 7 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом GH-гена

Показатель	Генотип GH		
	LL	LV	VV
n	23	46	18
Удой, кг	6970±258,8*	6748±148,9*	6193±222,7
Массовая доля жира, %	6,20±0,23	6,10±0,16	6,05±0,29
Молочный жир, кг	432,1±22,56	411,6±14,71	374,7±24,75
Массовая доля белка, %	4,03±0,12	3,89±0,06	3,92±0,09
Молочный белок, кг	280,9±12,76	262,5±5,48*	242,8±10,63

Примечание: * – $p < 0,05$ между минимальным и максимальным значением

Содержание белка в молоке было максимальным у коров с генотипом GH LL (4,03±0,12%), что на 0,14% выше, чем у животных с генотипом GH LV (3,89±0,06%) и на 0,11% выше, чем у носителей генотипа GH VV (3,92±0,09%). Количество молочного белка также было наибольшим у коров с генотипом GH LL (280,9±12,76 кг), достоверно превосходя показатели животных с генотипом GH LV (262,5±5,48 кг) на 18,4 кг или 7,0% ($p < 0,05$) и с генотипом GH VV (242,8±10,63 кг) на 38,1 кг или 15,7%.

Выявлена наиболее выраженная ассоциация между полиморфизмом гена GH и показателями молочной продуктивности. Коровы с генотипом GH LL имели высокий удой и количество молочного белка по сравнению с животными, несущими генотип GH VV при достоверной разнице.

Следует отметить, что генотип GH LL также был ассоциирован с наивысшим содержанием жира и белка в молоке, что несколько отличается от результатов, полученных на других породах, где аллель V гена соматотропина

часто ассоциирован с более высоким содержанием жира. Это может свидетельствовать о породоспецифичности эффектов полиморфизма гена GH и о взаимодействии генотип-среда.

Проведенное исследование позволило установить наличие ассоциации между полиморфизмом генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH) и показателями молочной продуктивности коров джерсейской породы. Наиболее выраженные ассоциации были выявлены для следующих сочетаний:

- Генотип АВ гена PRL ассоциирован с более высоким содержанием жира в молоке и достоверно большим количеством молочного жира;
- Генотип АА гена PIT1 ассоциирован с тенденцией к более высокому удою и содержанию жира в молоке;
- Генотип LL гена GH ассоциирован с достоверно более высоким удоем и количеством молочного белка.

В данном разделе, как и в других наших исследованиях установлена связь между качественными и количественными показателями лактации с полиморфизмом локусов у джерсейского скота [40]. Эти результаты согласуются с биологической ролью исследуемых генов в регуляции лактации и синтезе компонентов молока. Пролактин непосредственно стимулирует синтез жира в молочной железе, гипофизарный фактор транскрипции PIT1 регулирует экспрессию генов пролактина и гормона роста, а соматотропин влияет на перераспределение питательных веществ в пользу молочной железы и стимулирует секреторную активность альвеолярного эпителия.

Анализ ассоциации комплексных генотипов генов PRL, PIT1 и GH с показателями молочной продуктивности коров джерсейской породы выявил ряд закономерностей (табл. 8).

Наивысшие показатели удоя молока за 305 дней лактации были отмечены у коров с комплексным генотипом ABBBLV ($7230 \pm 288,0$ кг, $p < 0,001$) и AAABLV ($7225 \pm 703,4$ кг). Высокий удой также наблюдался у животных с генотипом AAAALV ($6958 \pm 85,77$ кг, $p < 0,001$). Наименьший удой

был характерен для коров с генотипом AABBVV ($6097 \pm 259,4$ кг), с которым сравнивались другие генотипы.

Следует отметить, что разница между наивысшим (ABBBLV) и наименьшим (AABBVV) показателями удоя составила 1133 кг, или 18,6%, что свидетельствует о существенном влиянии генетического полиморфизма на данный показатель продуктивности.

Таблица 8 – Молочная продуктивность у коров с разным комплексным генотипом по локусам генов PRL, PIT1, GH

Комплексный генотип	n	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг
AAAALV	4	6958** $\pm 85,77$	6,73* $\pm 0,30$	468,3** $\pm 19,53$	3,85 $\pm 0,26$	267,9 $\pm 15,16$
AAABLV	4	7225 $\pm 703,4$	6,40 $\pm 0,49$	462,4 $\pm 71,97$	3,85 $\pm 0,22$	278,2 $\pm 23,72$
AABBL	4	6908 $\pm 692,4$	6,70 $\pm 0,59$	462,8* $\pm 46,39$	3,85 $\pm 0,25$	266,0* $\pm 8,95$
AABBLV	15	6407 $\pm 269,0$	5,69 $\pm 0,26$	364,6 $\pm 22,02$	3,95 $\pm 0,11$	253,1 $\pm 9,69$
AABBVV	10	6097 $\pm 259,4$	5,50 $\pm 0,32$	335,3 $\pm 26,81$	3,81 $\pm 0,12$	232,3 $\pm 12,20$
ABABLL	4	7025 $\pm 696,5$	6,33 $\pm 0,41$	444,7 $\pm 59,67$	4,15* $\pm 0,09$	291,5 $\pm 23,61$
ABABLV	7	6443 $\pm 378,7$	5,97 $\pm 0,50$	384,6 $\pm 31,12$	3,87 $\pm 0,13$	249,3 $\pm 11,98$
ABABVV	3	7063 $\pm 739,0$	6,47* $\pm 0,23$	457,0* $\pm 32,59$	4,27* $\pm 0,13$	301,6 $\pm 31,55$
ABBBL	10	6667 $\pm 355,1$	6,20 $\pm 0,44$	413,4 $\pm 39,05$	3,95 $\pm 0,13$	263,3 $\pm 12,58$
ABBBLV	11	7230** $\pm 288,0$	6,10 $\pm 0,31$	441,0** $\pm 22,02$	3,89 $\pm 0,11$	281,2** $\pm 8,88$
ABBBVV	3	6293 $\pm 366,8$	7,93*** $\pm 0,26$	499,0* $\pm 45,62$	3,90 $\pm 0,23$	245,4 $\pm 14,02$

Примечание: * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,001$ между данным и наименьшими показателями

Анализ влияния комплексных генотипов на содержание жира в молоке выявил наивысшие показатели у коров с генотипом ABBBVV ($7,93 \pm 0,26\%$, $p < 0,001$). Достоверно высокое содержание жира также отмечено у животных

с генотипами AAAALV ($6,73 \pm 0,30\%$, $p < 0,05$) и ABABVV ($6,47 \pm 0,23\%$, $p < 0,05$). Наименьшее содержание жира наблюдалось у коров с генотипом AABBVV ($5,50 \pm 0,32\%$).

Разница между максимальным (ABBBVV) и минимальным (AABBVV) показателями содержания жира составила 2,43%, что указывает на значительное влияние генетических факторов на жирномолочность коров джерсейской породы.

Показатель выхода молочного жира был максимальным у коров с генотипом ABBBVV ($499,0 \pm 45,62$ кг, $p < 0,05$). Высокие значения данного показателя также наблюдались у животных с генотипами AAAALV ($468,3 \pm 19,53$ кг, $p < 0,001$), AABBLV ($462,8 \pm 46,39$ кг, $p < 0,05$), AAABLV ($462,4 \pm 71,97$ кг) и ABABVV ($457,0 \pm 32,59$ кг, $p < 0,05$). Наименьший выход молочного жира был характерен для коров с генотипом AABBVV ($335,3 \pm 26,81$ кг).

Разница между максимальным (ABBBVV) и минимальным (AABBVV) показателями выхода молочного жира составила 163,7 кг, или 48,8%, что свидетельствует о существенном влиянии генетического полиморфизма на данный показатель продуктивности.

Наивысшее содержание белка в молоке было выявлено у коров с комплексным генотипом ABABVV ($4,27 \pm 0,13\%$, $p < 0,05$). Достоверно высокое содержание белка также отмечено у животных с генотипом ABABLL ($4,15 \pm 0,09\%$, $p < 0,05$). Наименьшее содержание белка наблюдалось у коров с генотипом AABBVV ($3,81 \pm 0,12\%$).

Разница между максимальным (ABABVV) и минимальным (AABBVV) показателями содержания белка составила 0,46%. Хотя это различие менее выражено по сравнению с показателями жирномолочности, оно также является статистически значимым и имеет практическое значение для селекции.

Показатель выхода молочного белка был максимальным у коров с генотипом ABABVV ($301,6 \pm 31,55$ кг), хотя различие статистически не

достоверны. Высокие значения данного показателя также наблюдались у животных с генотипами ABABLL ($291,5 \pm 23,61$ кг) и ABBBLV ($281,2 \pm 8,88$ кг, $p < 0,001$). Наименьший выход молочного белка был характерен для коров с генотипом AABBVV ($232,3 \pm 12,20$ кг).

Разница между максимальным (ABABVV) и минимальным (AABBVV) показателями выхода молочного белка составила 69,3 кг, или 29,8%, что свидетельствует о значительном влиянии генетического полиморфизма на данный показатель продуктивности.

Следует отметить, что комплексный генотип AABBVV характеризовался наименьшими показателями по всем исследуемым параметрам молочной продуктивности, что свидетельствует о его нежелательности с точки зрения селекции на повышение продуктивности.

Следует отметить комплексные генотипы ABABVV и ABBBLV, ассоциированные с высокими показателями по нескольким параметрам продуктивности. Генотип ABABVV характеризовался высоким содержанием жира и белка в молоке, а также выходом молочного жира и белка. Генотип ABBBLV ассоциирован с максимальным удоем и высоким выходом молочного белка.

Генотип ABBBVV, хотя и не отличался высоким удоем, характеризовался высоким содержанием жира в молоке (7,93%), что и повлияло на максимальный выход молочного жира.

Полученные результаты свидетельствуют о различных механизмах влияния генетического полиморфизма на отдельные показатели молочной продуктивности. Это необходимо учитывать при разработке селекционных программ, направленных на улучшение конкретных параметров продуктивности.

Материалы, приведенные в разделе 3.2, получены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы [32, 35].

3.3. Качество молока коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

3.3.1. Физико-химические показатели молока коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

Анализ данных, представленных в таблице 9, показывает, что полиморфизм гена пролактина оказывает существенное влияние на физико-химические показатели молока джерсейских коров.

Содержание сухого вещества в молоке коров с генотипами АВ и ВВ составило $16,16 \pm 0,06\%$ и $16,22 \pm 0,04\%$ соответственно, что достоверно выше ($p < 0,001$) по сравнению с аналогичным показателем у животных с генотипом АА ($15,82 \pm 0,06\%$).

Таблица 9 - Физико-химические показатели молока коров джерсейской породы с разным генотипом PRL

Показатели	Генотип PRL		
	АА	АВ	ВВ
Голов	10	10	6
Сухое вещество, %	$15,82 \pm 0,06$	$16,16 \pm 0,06^{***}$	$16,22 \pm 0,04^{***}$
СОМО, %	$10,07 \pm 0,10$	$10,26 \pm 0,10$	$10,43 \pm 0,03^{**}$
Жир, %	$6,07 \pm 0,04$	$6,27 \pm 0,04^{**}$	$6,24 \pm 0,03^{**}$
Белок, %	$3,89 \pm 0,02$	$3,94 \pm 0,02$	$3,99 \pm 0,03^{**}$
Казеин, %	$2,73 \pm 0,02$	$2,75 \pm 0,02$	$2,76 \pm 0,02$
Лактоза, %	$5,05 \pm 0,03$	$5,14 \pm 0,02^*$	$5,19 \pm 0,02^{**}$
Зола, %	$0,81 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,01$
Энергетическая ценность 100 г молока, ккал	$92,7 \pm 0,37$	$95,1 \pm 0,44^{***}$	$95,2 \pm 0,29^{***}$
Плотность, кг/м ³	$1031,2 \pm 0,39$	$1031,8 \pm 0,39$	$1032,6 \pm 0,42^*$
Кислотность, °Т	$17,8 \pm 0,29$	$17,6 \pm 0,27$	$18,0 \pm 0,26$

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ (между минимальным и максимальным значением)

Аналогичная тенденция наблюдалась по содержанию СОМО: у коров с генотипом ВВ этот показатель составил $10,43 \pm 0,03\%$, что достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с животными с генотипом АА на $0,36\%$.

Наибольшее содержание жира отмечено в молоке коров с генотипом АВ ($6,27 \pm 0,04\%$), что на $0,2\%$ выше по сравнению с генотипом АА ($p < 0,01$). В группе коров с генотипом ВВ жирномолочность также было достоверно выше ($0,17\%$; $p < 0,05$).

Содержание белка в молоке коров с генотипом ВВ ($3,99 \pm 0,03\%$) достоверно превышало ($p < 0,01$) аналогичный показатель у животных с генотипом АА на $0,10\%$ ($3,89 \pm 0,02\%$). По содержанию казеина достоверных различий не выявлено, хотя прослеживалась тенденция к более высоким значениям у коров с генотипами АВ и ВВ. Также содержание лактозы было достоверно выше в молоке коров с генотипами АВ ($5,14 \pm 0,02\%$; $p < 0,05$) и ВВ ($5,19 \pm 0,02\%$, $p < 0,01$) по сравнению с животными с генотипом АА ($5,05 \pm 0,03\%$).

Энергетическая ценность молока также выше у животных с генотипами АВ и ВВ по сравнению с генотипом АА на $2,4-2,5$ ккал/100 г ($p < 0,001$).

Плотность молока у коров с генотипом ВВ ($1032,6 \pm 0,42$ кг/м³) также была достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с генотипом АА ($1031,2 \pm 0,39$ кг/м³). По содержанию золы и кислотности молока достоверных различий между группами не установлено.

Выявленное преимущество коров с генотипом ВВ гена PRL по содержанию сухого вещества, СОМО, белка и лактозы может быть обусловлено более эффективной работой В-аллеля в процессах синтеза основных компонентов молока. По данным литературы, аллель В гена пролактина связан с повышенной экспрессией гена и, следовательно, более высоким уровнем пролактина в крови, что стимулирует процессы лактогенеза и синтеза молочных белков.

Следует отметить, что по содержанию жира наибольшее значение наблюдается у гетерозигот АВ. Это может свидетельствовать о преимуществе

гетерозиготного генотипа по данному показателю и возможном проявлении эффекта сверхдоминирования.

Результаты исследования влияния полиморфизма гена PIT1 на физико-химические показатели молока представлены в таблице 10.

Содержание сухого вещества в молоке коров с генотипом АВ составило $16,23 \pm 0,11\%$, что выше по сравнению с животными с генотипами АА на $0,26\%$ ($15,97 \pm 0,09\%$) и ВВ на $0,24\%$ ($15,99 \pm 0,07\%$).

По содержанию СОМО выявлены статистически достоверные различия: у коров с генотипом АВ этот показатель составил $10,55 \pm 0,15\%$, что достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с животными с генотипом АА на $0,57\%$ ($9,98 \pm 0,15\%$).

Таблица 10 - Физико-химические показатели молока коров джерсейской породы с разным генотипом PIT1

Показатели	Генотип PIT1		
	АА	АВ	ВВ
Голов	7	10	10
Сухое вещество, %	$15,97 \pm 0,09$	$16,23 \pm 0,11$	$15,99 \pm 0,07$
СОМО, %	$9,98 \pm 0,15$	$10,55 \pm 0,15^*$	$10,23 \pm 0,13$
Жир, %	$6,35 \pm 0,03^{***}$ и **	$6,23 \pm 0,03$	$6,12 \pm 0,05$
Белок, %	$3,79 \pm 0,04$	$3,99 \pm 0,06^{**}$	$3,89 \pm 0,04$
Казеин, %	$2,67 \pm 0,04$	$2,78 \pm 0,04$	$2,74 \pm 0,03$
Лактоза, %	$5,02 \pm 0,06$	$5,20 \pm 0,06^*$	$5,17 \pm 0,04^*$
Зола, %	$0,81 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$
Энергетическая ценность 100 г молока, ккал	$94,7 \pm 0,49$	$95,2 \pm 0,50^*$	$93,6 \pm 0,46$
Плотность, кг/м ³	$1030,6 \pm 0,57$	$1032,2 \pm 0,61$	$1031,4 \pm 0,52$
Кислотность, °Т	$17,9 \pm 0,34$	$17,3 \pm 0,26$	$17,5 \pm 0,27$

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ (между минимальным и максимальным значением)

По жирности молока наблюдалась противоположная тенденция: наибольшие значения были у коров с генотипом АА ($6,35 \pm 0,03\%$), что достоверно выше по сравнению с животными с генотипом ВВ на $0,23\%$ ($p < 0,001$) и АВ – на $0,12\%$ ($p < 0,01$).

Содержание белка в молоке коров с генотипом АВ ($3,99 \pm 0,06\%$) было больше и разница по сравнению с генотипом АА была статистически достоверна ($0,20\%$; $p < 0,01$). По содержанию казеина существенных различий не выявлено, хотя наблюдалась тенденция к более высоким значениям у коров с генотипом АВ.

Содержание лактозы в молоке коров с генотипами АВ ($5,20 \pm 0,06\%$) и ВВ ($5,17 \pm 0,04\%$) было больше на $0,15-0,18\%$ ($p < 0,05$) по сравнению с животными с генотипом АА ($5,02 \pm 0,06\%$).

Энергетическая ценность молока коров с генотипом АВ ($95,2 \pm 0,50$ ккал) также была достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с животными с генотипом ВВ ($93,6 \pm 0,46$ ккал).

Плотность молока максимальна у коров с генотипом АВ ($1032,2 \pm 0,61$ кг/м³), что связано с высоким содержанием СОМО в этой группе. По содержанию золы и кислотности молока существенных различий между группами не выявлено.

Анализ влияния полиморфизма гена PIT1 показал, что гетерозиготный генотип АВ ассоциирован с наилучшими показателями по содержанию сухого вещества, СОМО, белка, казеина и лактозы. Это может быть связано с более сбалансированной регуляцией экспрессии генов гормона роста и пролактина при наличии обоих аллелей.

В то же время, животные с генотипом АА показывает наивысшее содержание жира в молоке. Что представляет особый интерес для селекции, поскольку позволяет дифференцированно подходить к отбору животных в зависимости от целевого направления использования молока.

Данные о влиянии полиморфизма гена гормона роста на физико-химические показатели молока представлены в таблице 11.

Из данных таблицы 11 видно, что содержание сухого вещества в молоке коров с генотипом LL ($15,46 \pm 0,10\%$) было достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с животными с генотипом LV ($15,17 \pm 0,08\%$).

Коровы с гомозиготным генотипом LL значительно превосходят животных с генотипами LV и VV по большинству изученных показателей.

Таблица 11 - Физико-химические показатели молока коров джерсейской породы с разным генотипом GH

Показатели	Генотип GH		
	LL	LV	VV
Голов	10	10	10
Сухое вещество, %	$15,46 \pm 0,10^*$	$15,17 \pm 0,08$	$15,22 \pm 0,08$
СОМО, %	$10,39 \pm 0,12$	$10,01 \pm 0,16$	$10,16 \pm 0,12$
Жир, %	$6,28 \pm 0,06$	$6,14 \pm 0,05$	$6,13 \pm 0,05$
Белок, %	$3,99 \pm 0,04$	$3,90 \pm 0,02$	$3,91 \pm 0,05$
Казеин, %	$2,80 \pm 0,04$	$2,73 \pm 0,04$	$2,75 \pm 0,03$
Лактоза, %	$5,19 \pm 0,02$	$5,13 \pm 0,03$	$5,17 \pm 0,03$
Зола, %	$0,81 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,01$
Энергетическая ценность 100 г молока, ккал	$95,6 \pm 0,65^*$	$93,7 \pm 0,56$	$93,8 \pm 0,61$
Плотность, кг/м ³	$1032,3 \pm 0,47$	$1030,9 \pm 0,64$	$1031,5 \pm 0,50$
Кислотность, °Т	$17,2 \pm 0,25$	$17,6 \pm 0,27$	$17,6 \pm 0,26$

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ (между минимальным и максимальным значением)

Молоко коров с генотипом LL также имеет более высокую энергетическую ценность ($95,6 \pm 0,65$ ккал/100 г) и плотность ($1032,3 \pm 0,47$ кг/м³) по сравнению с другими генотипами, но разность статистически достоверна только по калорийности молока (1,8-1,9 ккал; $p < 0,05$). По

содержанию золы и кислотности молока существенных различий между группами не установлено.

Результаты исследования показали преимущество гомозиготного генотипа LL гена гормона роста по всем основным физико-химическим показателям молока. Это согласуется с данными литературы о том, что аллель L ассоциирован с более высоким уровнем гормона роста в крови и, соответственно, с более интенсивными процессами лактации.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить влияние полиморфизма генов PRL, PIT1 и GH на физико-химические показатели молока коров джерсейской породы. Наилучшими показателями качества молока характеризуются животные с генотипом PRL BB и PRL AB; PIT1 AB и PIT1 AA; GH LL.

3.3.2. Технологические свойства молока коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

Технологические свойства молока коров с разным генотипом PRL

Результаты исследования влияния различных генотипов локуса PRL на технологические свойства молока представлены в таблице 12.

Анализ данных таблицы 12 показывает, что термоустойчивость молока коров с генотипом PRL AA ($73,4 \pm 0,69\%$) выше, чем у животных с генотипами AB и BB ($72,8 \pm 0,65\%$ и $72,2 \pm 0,80\%$ соответственно). Это может быть связано с особенностями белкового состава молока у коров с различными генотипами PRL, поскольку пролактин участвует в регуляции синтеза белков молока, включая казеины, которые во многом определяют термоустойчивость молока.

По сычужно-бродильной пробе молоко коров с генотипами AB и BB имеет более низкий класс ($1,3 \pm 0,15$ и $1,3 \pm 0,21$ соответственно) по сравнению

с генотипом AA ($1,5 \pm 0,17$), что указывает на лучшие сыропригодные свойства молока коров с генотипами AB и BB.

Таблица 12 – Технологические свойства молока коров джерсейской породы с разным генотипом PRL

Показатели	Генотип PRL		
	AA	AB	BB
Голов	10	10	6
Предельная концентрация спирта, вызывающая коагуляцию белков молока, %	$73,4 \pm 0,69$	$72,8 \pm 0,65$	$72,2 \pm 0,80$
Средний класс молока по сычужно-бродильной пробе	$1,5 \pm 0,17$	$1,3 \pm 0,15$	$1,3 \pm 0,21$
Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом, мин.	$25,1 \pm 1,10$	$21,6 \pm 1,32^*$	$21,0 \pm 1,71^*$

Примечание: * - $p < 0,05$ (между минимальным и максимальным значением)

Существенные различия обнаружены по показателю продолжительности свертывания молока сычужным ферментом: у коров с генотипами AB и BB, этот показатель составил $21,6 \pm 1,32$ и $21,0 \pm 1,71$ минут соответственно, что ниже, чем у коров с генотипом AA ($25,1 \pm 1,10$ минут), при достоверной разнице, соответственно на 3,5 мин и 4,1 мин ($p < 0,05$). Более быстрое свертывание молока свидетельствует о лучших сыропригодных свойствах молока коров с генотипами PRL AB и BB.

Характеристики жировой фазы молока коров с разными генотипами PRL представлены в таблице 13.

Анализ характеристик жировых шариков показывает, что у коров с генотипом PRL BB наблюдаются наибольшие значения по числу ($7,8 \pm 0,06 \times 10^9$ мл) и диаметру ($4,1 \pm 0,06$ мкм) жировых шариков, при этом разность статистически достоверно по сравнению с группой PRL AA, соответственно на $0,2 \times 10^9$ мл и 0,2 мкм ($p < 0,05$).

Таблица 13 - Характеристика жировых шариков молока коров джерсейской породы с разным генотипом PRL

Показатели	Генотип PRL		
	AA	AB	BB
Голов	10	10	6
Число жировых шариков, 10^9 мл	$7,6 \pm 0,05$	$7,7 \pm 0,06$	$7,8 \pm 0,06^*$
Диаметр жировых шариков, мкм	$3,9 \pm 0,07$	$4,0 \pm 0,07$	$4,1 \pm 0,06^*$

Примечание: * - $p < 0,05$ (между минимальным и максимальным значением)

Следовательно, пролактин обладает регуляторной ролью в процессах липогенеза в молочной железе.

Технологические свойства молока коров с разным генотипом PIT1

Результаты исследования влияния различных генотипов локуса PIT1 на технологические свойства молока представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технологические свойства молока коров джерсейской породы с разным генотипом PIT1

Показатели	Генотип PIT1		
	AA	AB	BB
Голов	7	10	10
Предельная концентрация спирта, вызывающая коагуляцию белков молока, %	$73,7 \pm 1,25$	$72,6 \pm 0,70$	$72,8 \pm 0,65$
Средний класс молока по сычужно-бродильной пробе	$1,5 \pm 0,21$	$1,3 \pm 0,15$	$1,3 \pm 0,15$
Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом, мин.	$26,7 \pm 3,04$	$21,3 \pm 1,33$	$22,7 \pm 1,40$

Данные таблицы 14 показывают, что наибольшей термоустойчивостью обладает молоко коров с генотипом PIT1 AA ($73,7 \pm 1,25\%$), в то время как

молоко коров с генотипами АВ и ВВ имеет несколько более низкие показатели ($72,6 \pm 0,70\%$ и $72,8 \pm 0,65\%$ соответственно).

По сычужно-бродильной пробе молоко коров с генотипами РІТ1 АВ и ВВ имеет более низкий класс ($1,3 \pm 0,15$ для обоих генотипов) по сравнению с генотипом АА ($1,5 \pm 0,21$), что указывает на лучшие сыропригодные свойства молока коров с генотипами АВ и ВВ.

Наиболее быстрое свертывание молока сычужным ферментом наблюдается у коров с генотипом РІТ1 АВ ($21,3 \pm 1,33$ минут), в то время как у коров с генотипами ВВ и АА этот показатель составляет $22,7 \pm 1,40$ и $26,7 \pm 3,04$ минут соответственно. Таким образом, молоко коров с генотипом РІТ1 АВ обладает лучшими сыропригодными свойствами.

Характеристики жировой фазы молока коров с разными генотипами РІТ1 представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Характеристика жировых шариков молока коров джерсейской породы с разным генотипом РІТ1

Показатели	Генотип РІТ1		
	АА	АВ	ВВ
Голов	7	10	10
Число жировых шариков, 10^9 мл	$7,9 \pm 0,23^*$	$7,5 \pm 0,18$	$7,1 \pm 0,17$
Диаметр жировых шариков, мкм	$4,5 \pm 0,33$	$4,3 \pm 0,21$	$4,0 \pm 0,29$

Примечание: * - $p < 0,05$ (между минимальным и максимальным значением)

Анализ характеристик жировых шариков показывает, что у коров с генотипом РІТ1 АА наблюдаются наибольшие значения по числу ($7,9 \pm 0,23 \times 10^9$ мл) и диаметру ($4,5 \pm 0,33$ мкм) жировых шариков. Отмечается достоверное ($p < 0,05$) снижение количества жировых шариков при переходе от генотипа АА к генотипу ВВ.

Технологические свойства молока коров с разным генотипом GH

Результаты исследования влияния различных генотипов локуса GH на технологические свойства молока представлены в таблице 16.

Анализ данных показывает, что наибольшей термоустойчивостью обладает молоко коров с генотипом GH LV ($74,7 \pm 1,36\%$), что выше, чем у коров с генотипами LL на 2,5% и VV на 1,8%.

По сычужно-бродильной пробе молоко коров с генотипом GH LL имеет самый низкий класс ($1,2 \pm 0,13$) по сравнению с генотипами LV и VV ($1,4 \pm 0,16$ и $1,3 \pm 0,15$ соответственно), что указывает на лучшие сыропригодные свойства молока коров с генотипом LL.

Таблица 16 – Технологические свойства молока коров джерсейской породы с разным генотипом GH

Показатели	Генотип GH		
	LL	LV	VV
Голов	10	10	10
Предельная концентрация спирта, вызывающая коагуляцию белков молока, %	$72,2 \pm 0,79$	$74,7 \pm 1,36$	$72,9 \pm 1,09$
Средний класс молока по сычужно-бродильной пробе	$1,2 \pm 0,13$	$1,4 \pm 0,16$	$1,3 \pm 0,15$
Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом, мин.	$19,7 \pm 1,67^*$	$27,2 \pm 2,76$	$22,9 \pm 1,91$

Примечание: * - $p < 0,05$ (между минимальным и максимальным значением)

Высокие различия обнаружены по показателю продолжительности свертывания молока сычужным ферментом: у коров с генотипом GH LL этот показатель составил $19,7 \pm 1,67$ минут, что значительно ниже, чем у коров с генотипами VV и LV ($22,9 \pm 1,91$ и $27,2 \pm 2,76$ минут соответственно), но

разность статистически достоверна только по сравнению с группой LV GH (7,5 мин; $p < 0,05$).

Таким образом, молоко коров с генотипом GH LL обладает наилучшими сыропригодными свойствами.

Характеристики жировой фазы молока коров с разными генотипами GH представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Характеристика жировых шариков молока коров джерсейской породы с разным генотипом GH

Показатели	Генотип GH		
	LL	LV	VV
Голов	10	10	10
Число жировых шариков, 10^9 мл	$7,7 \pm 0,82$	$7,4 \pm 0,56$	$7,0 \pm 0,58$
Диаметр жировых шариков, мкм	$4,5 \pm 0,34$	$4,1 \pm 0,41$	$3,9 \pm 0,38$

Анализ характеристик жировых шариков показывает, что у коров с генотипом GH LL наблюдаются наибольшие значения по числу ($7,7 \pm 0,82 \times 10^9$ мл) и диаметру ($4,5 \pm 0,34$ мкм) жировых шариков. Отмечается тенденция к снижению этих показателей при переходе от генотипа LL к генотипу VV, что может быть связано с влиянием соматотропного гормона на липидный метаболизм и процессы секреции жира в молочной железе.

Полученные данные свидетельствуют о том, что генотип локусов генов соматотропинового каскада оказывает существенное влияние на технологические свойства молока коров джерсейской породы.

Материалы, приведенные в разделе 3.3, плучены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы [34].

3.4. Селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

3.4.1. Изменчивость показателей молочной продуктивности коров с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада

Эффективность селекции молочного скота во многом определяется степенью изменчивости селекционируемых признаков в популяции. Высокая изменчивость признаков указывает на значительные резервы для селекционного улучшения стада, тогда как низкая вариабельность свидетельствует о его генетической консолидации.

Данные по коэффициентам вариации показателей молочной продуктивности у животных с разным генотипом PRL-гена представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Изменчивость признаков молочной продуктивности коров джерсейской породы с разным генотипом PRL-гена ($Cv \pm m_{cv}$), %

Показатель	Генотип PRL		
	AA	AB	BB
п	42	39	6
Удой	16,57±1,81	15,20±1,72	22,08±6,37
Массовая доля жира	16,95±1,85	18,49±2,09	24,73±7,14
Молочный жир	25,31±2,76	21,80±2,47	41,55±11,99
Массовая доля белка	10,81±1,18	8,82±1,00	23,21±6,70*
Молочный белок	15,52±1,69	14,14±1,60	41,05±11,85*

Примечание: * – $p < 0,05$ между минимальным и максимальным значением

Анализ данных, представленных в таблице 18, показывает, что наибольшая вариабельность всех изученных признаков отмечается у коров с генотипом BB по гену пролактина. Коэффициент вариации по удою у этих

животных составил $22,08 \pm 6,37\%$, что на $5,51\%$ выше, чем у коров с генотипом PRL AA и на $6,88\%$ выше, чем у животных с генотипом PRL AB. По показателю массовой доли жира коэффициент вариации у животных с генотипом PRL BB был также наиболее высоким – $24,73 \pm 7,14\%$, что превышает аналогичные показатели в группах с генотипами PRL AA и AB на $7,78\%$ и $6,24\%$ соответственно.

Высокие различия наблюдались по признакам молочного жира, массовой доли белка и молочного белка. Коэффициент вариации по молочному жиру у животных с генотипом PRL BB составил $41,55 \pm 11,99\%$, что в $1,6$ - $1,9$ раза выше, чем у коров с генотипами PRL AA и AB.

Статистически достоверные различия ($p < 0,05$) выявлены по коэффициентам вариации массовой доли белка и молочного белка. По массовой доле белка коэффициент вариации у коров с генотипом PRL BB ($23,21 \pm 6,70\%$) был в $2,1$ - $2,6$ раза выше, чем у животных с генотипами AA ($10,81 \pm 1,18\%$) и AB ($8,82 \pm 1,00\%$). Аналогичная картина наблюдалась и по показателю молочного белка: у коров с генотипом PRL BB коэффициент вариации составил $41,05 \pm 11,85\%$, что в $2,6$ - $2,9$ раза превышает значения этого показателя у животных с генотипами PRL AA и AB.

Следует отметить, что группа животных с генотипом PRL BB была малочисленной ($n=6$), что могло повлиять на величину и ошибку коэффициента вариации. Тем не менее, полученные результаты свидетельствуют о влиянии генотипа PRL-гена на изменчивость показателей молочной продуктивности, особенно связанных с белковомолочностью.

Таким образом, наиболее выраженное влияние на вариабельность признаков молочной продуктивности оказывал ген пролактина. Животные с генотипом PRL BB характеризовались более высокими коэффициентами вариации по всем изучаемым показателям, причем по массовой доле белка и молочному белку эти различия были статистически достоверными.

Высокие коэффициенты вариации у коров с генотипом PRL BB могут свидетельствовать о значительных резервах для селекции в данной группе.

Анализ данных таблицы 19 показывает, что влияние генотипа PIT1-гена на изменчивость признаков молочной продуктивности менее выражено, чем в случае с PRL-геном. По удою наибольший коэффициент вариации наблюдался у коров с генотипом PIT1 АВ ($17,58 \pm 2,49\%$), а наименьший – у животных с генотипом PIT1 АА ($14,87 \pm 3,97\%$). Однако эти различия не достигали уровня статистической значимости.

По массовой доле жира наиболее высокая вариабельность отмечена у животных с генотипом PIT1 ВВ ($20,08 \pm 1,91\%$), что на 5,31% и 4,22% выше, чем у коров с генотипами PIT1 АА и АВ соответственно. По показателю молочного жира также наибольший коэффициент вариации отмечен у животных с генотипом PIT1 ВВ ($26,20 \pm 2,50\%$), хотя эти различия также не были статистически достоверными.

Таблица 19 – Изменчивость признаков молочной продуктивности коров джерсейской породы с разным генотипом PIT1-гена ($Cv \pm m_{cv}$), %

Показатель	Генотип PIT1		
	АА	АВ	ВВ
п	7	25	55
Удой	$14,87 \pm 3,97$	$17,58 \pm 2,49$	$15,86 \pm 1,51$
Массовая доля жира	$14,77 \pm 3,95$	$15,86 \pm 2,24$	$20,08 \pm 1,91$
Молочный жир	$19,30 \pm 5,16$	$25,22 \pm 3,57$	$26,20 \pm 2,50$
Массовая доля белка	$11,22 \pm 3,00$	$12,81 \pm 1,81$	$10,31 \pm 0,98$
Молочный белок	$13,47 \pm 3,60$	$23,02 \pm 3,26^*$	$14,64 \pm 1,40$

Примечание: * – $p < 0,05$ между минимальным и максимальным значением

Статистически значимые различия ($p < 0,05$) были установлены только по коэффициенту вариации молочного белка между животными с генотипами PIT1 АВ ($23,02 \pm 3,26\%$) и АА ($13,47 \pm 3,60\%$). Следовательно, гетерозиготные

животные по гену PIT1 отличались наибольшей вариабельностью по данному признаку.

Таким образом, влияние гена гипофизарного фактора транскрипции на изменчивость признаков молочной продуктивности было менее выраженным. Статистически достоверные различия были установлены только по коэффициенту вариации молочного белка между животными с генотипами PIT1 АВ и АА. Следует отметить, что наибольшая вариабельность по данному признаку наблюдалась у гетерозиготных животных (АВ), что может указывать на преимущества промежуточного наследования для обеспечения генетической пластичности популяции

Генотип GH-гена оказывает дифференцированное влияние на изменчивость различных показателей молочной продуктивности (табл. 20). По удою наибольший коэффициент вариации наблюдался у коров с генотипом GH LL ($17,81 \pm 2,63\%$), что на 2,84% и 2,55% выше, чем у животных с генотипами GH LV и VV соответственно.

Таблица 20 – Изменчивость признаков молочной продуктивности коров джерсейской породы с разным генотипом GH-гена ($Cv \pm m_{cv}$), %

Показатель	Генотип GH		
	LL	LV	VV
п	23	46	18
Удой	$17,81 \pm 2,63$	$14,97 \pm 1,56$	$15,26 \pm 2,54$
Массовая доля жира	$18,00 \pm 2,65$	$18,33 \pm 1,91$	$20,15 \pm 3,36$
Молочный жир	$25,07 \pm 3,70$	$24,22 \pm 2,53$	$27,80 \pm 4,63$
Массовая доля белка	$14,33 \pm 2,11$	$10,26 \pm 1,07$	$9,76 \pm 1,63$
Молочный белок	$21,92 \pm 3,23^*$	$14,27 \pm 1,49$	$18,58 \pm 3,10$

Примечание: * – $p < 0,05$ между минимальным и максимальным значением

По массовой доле жира и молочному жиру наибольшие коэффициенты вариации отмечены у животных с генотипом GH VV ($20,15 \pm 3,36\%$ и $27,80 \pm 4,63\%$ соответственно). Однако эти различия не достигали уровня статистической значимости.

Наибольший коэффициент вариации массовой доли белка был характерен для животных с генотипом GH LL ($14,33 \pm 2,11\%$), а наименьший – для коров с генотипом GH VV ($9,76 \pm 1,63\%$). Следовательно, наличие аллеля L в генотипе ассоциировалось с повышенной вариабельностью содержания белка в молоке.

Статистически достоверные различия ($p < 0,05$) установлены по коэффициенту вариации молочного белка между животными с генотипами GH LL ($21,92 \pm 3,23\%$) и LV ($14,27 \pm 1,49\%$). Коэффициент вариации по данному признаку у гомозиготных коров GH LL превышал аналогичный показатель у гетерозиготных животных GH LV в 1,5 раза.

Таким образом, анализ влияния гена гормона роста на изменчивость признаков молочной продуктивности выявил дифференцированный характер этого влияния в зависимости от конкретного показателя. Если по удою и массовой доле белка наибольшие коэффициенты вариации наблюдались у животных с генотипом GH LL, то по массовой доле жира и молочному жиру – у коров с генотипом GH VV. Следовательно, выявлено неоднородность влияния гена GH на разные компоненты молока

Статистически достоверные различия по коэффициенту вариации молочного белка между животными с генотипами GH LL и LV указывают на значительную роль аллеля L в формировании вариабельности данного признака.

В целом, наибольшая изменчивость среди всех изученных показателей молочной продуктивности отмечалась по молочному жиру и молочному белку, что объясняется комплексной природой этих признаков, зависящих как от удоя, так и от процентного содержания соответствующих компонентов в молоке. Наименьшие коэффициенты вариации наблюдались по массовой доле

белка, что свидетельствует о генетической консолидации этого признака в исследуемой популяции джерсейского скота.

3.4.2. Взаимосвязь между основными показателями молочной продуктивности у коров с разным генотипом соматотропинового каскада

Анализ данных таблицы 21 показал, что генотип PRL оказывает влияние на характер корреляционных связей между показателями молочной продуктивности. У коров с генотипом PRL BB выявлена средняя положительная корреляция между удоем и МДЖ ($r = 0,56 \pm 0,26$), тогда как у животных с генотипом АВ наблюдалась слабая отрицательная корреляция ($r = -0,19 \pm 0,11$), а у носителей генотипа PRL AA – слабая положительная связь ($r = 0,15 \pm 0,11$).

Таблица 21 – Корреляция между показателями молочной продуктивности коров с разным генотипом PRL, $r \pm m$

Показатель	Генотип PRL		
	AA	AB	BB
п	42	39	6
Удой - МДЖ	$0,15 \pm 0,11$	$-0,19 \pm 0,11$	$0,56 \pm 0,26$
Удой - молочный жир	$0,74 \pm 0,05^{***}$	$0,53 \pm 0,08^{***}$	$0,88 \pm 0,06^{***}$
Удой - МДБ	$-0,45 \pm 0,09^{***}$	$-0,46 \pm 0,09^{***}$	$0,39 \pm 0,24$
Удой - молочный белок	$0,75 \pm 0,05^{***}$	$0,81 \pm 0,04^{***}$	$0,79 \pm 0,11^{**}$
МДЖ - МДБ	$0,16 \pm 0,11$	$0,09 \pm 0,11$	$-0,20 \pm 0,28$

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Наиболее высокая корреляция между удоем и количеством молочного жира отмечена у животных с генотипом PRL BB ($r = 0,88 \pm 0,06$, $p < 0,001$), что превышает показатели коров с генотипами PRL AA ($r = 0,74 \pm 0,05$, $p < 0,001$) и PRL AB ($r = 0,53 \pm 0,08$, $p < 0,001$). Это свидетельствует о том, что у животных с генотипом BB с увеличением удоя повышается выход молочного жира.

Следует отметить не достоверной отрицательной корреляции между удоем и МДБ у коров с генотипом PRL BB ($r = 0,39 \pm 0,24$), в то время как у животных с генотипами AA и AB выявлена достоверная отрицательная связь ($r = -0,45 \pm 0,09$ и $r = -0,46 \pm 0,09$ соответственно, $p < 0,001$). Это может указывать на более желательный характер взаимосвязи между количественными и качественными показателями молочной продуктивности у животных с генотипом BB.

Таким образом, обнаружена положительная корреляция между удоем и МДЖ у коров с генотипом BB по локусу PRL, в то время как имеется отрицательная корреляция у животных с генотипом AB и слабopоложительная у коров с генотипом AA. Положительная, хотя и недостоверная, корреляция между удоем и МДБ у коров с генотипом PRL BB, а у носителей генотипов AA и AB наблюдалась достоверная отрицательная корреляция. Это еще раз подтверждает значимость генотипа BB по локусу PRL с точки зрения селекции на повышение как количественных, так и качественных показателей молочной продуктивности.

Физиологический механизм такого влияния может быть связан с регуляторной ролью пролактина в процессах лактации.

Низкая частота генотипа PRL BB в исследуемой популяции может объясняться как особенностями формирования джерсейской породы, так и отсутствием целенаправленной селекции на данный генотип. Учитывая выявленные преимущества, представляется целесообразным увеличение частоты генотипа PRL BB в популяции посредством направленного отбора и подбора.

У коров с разными генотипами PIT1 также наблюдались различия в корреляции (табл. 22).

Анализ таблицы 22 показал, что корреляция между удоем и МДЖ была слабой и недостоверной во всех исследуемых группах (от $r=0,02\pm0,09$ у PIT1 ВВ до $r=0,17\pm0,14$ у PIT1 АВ). В то же время, связь между удоем и количеством молочного жира была высокой и достоверной во всех группах, с наибольшим значением у коров с генотипом PIT1 АВ ($r=0,82\pm0,05$, $p<0,001$).

Таблица 22 – Корреляция между показателями молочной продуктивности коров с разным генотипом PIT1, $r\pm m$

Показатель	Генотип PIT1		
	АА	АВ	ВВ
n	7	25	55
Удой - МДЖ	$0,07\pm0,27$	$0,17\pm0,14$	$0,02\pm0,09$
Удой - молочный жир	$0,70\pm0,14^{**}$	$0,82\pm0,05^{***}$	$0,60\pm0,06^{***}$
Удой - МДБ	$-0,47\pm0,21$	$-0,02\pm0,14$	$-0,48\pm0,07^{***}$
Удой - молочный белок	$0,64\pm0,16^{**}$	$0,76\pm0,06^{***}$	$0,77\pm0,04^{***}$
МДЖ - МДБ	$0,32\pm0,24$	$0,20\pm0,14$	$0,03\pm0,10$

Примечание: $^{**} - p < 0,01$; $^{***} - p < 0,001$

Особый интерес представляют данные о корреляции между удоем и МДБ. У животных с генотипом PIT1 ВВ наблюдалась достоверная отрицательная корреляция ($r=-0,48\pm0,07$, $p<0,001$), у носителей генотипа PIT1 АА – также отрицательная, но недостоверная ($r=-0,47\pm0,21$), в то время как у коров с генотипом PIT1 АВ эта связь была близка к нулю ($r=-0,02\pm0,14$). Это может указывать на преимущество гетерозиготного генотипа PIT1 АВ для селекции на одновременное повышение удоя и белковомолочности.

Корреляция между удоем и количеством молочного белка была высокой и достоверной во всех группах коров, с незначительным преимуществом у коров с генотипом PIT1 BB ($r=0,77\pm0,04$, $p<0,001$).

Таким образом, корреляция между удоем и МДБ у коров с генотипом АВ по локусу PIT1 значительно отличается от таковой у животных с генотипами АА и ВВ, где наблюдалась отрицательная корреляция средней силы. Это свидетельствует о преимуществе гетерозиготного генотипа PIT1 АВ для одновременной селекции на повышение удоя и белковомолочности.

Гипофизарный фактор транскрипции регулирует экспрессию генов GH и PRL, что объясняет его влияние на корреляционные взаимосвязи между показателями молочной продуктивности. Возможно, гетерозиготность по локусу PIT1 обеспечивает оптимальный баланс в экспрессии этих генов, что позволяет минимизировать отрицательную корреляцию между удоем и белковомолочностью.

Корреляция между удоем и количеством молочного жира также была наиболее высокой у коров с генотипом PIT1 АВ, что подтверждает преимущество данного генотипа для селекции на комплекс признаков молочной продуктивности.

Результаты корреляционного анализа между показателями молочной продуктивности у коров с разными генотипами GH представлены в таблице 23.

Из данных таблицы 23 видно, что корреляция между удоем и МДЖ варьировала от слабой отрицательной ($r=-0,01\pm0,15$) у коров с генотипом GH LL до слабой положительной ($r=0,28\pm0,15$) у животных с генотипом GH VV, однако ни в одной из групп данная корреляция не была статистически достоверной.

Корреляция между удоем и количеством молочного жира была высокой и достоверной во всех группах, с наибольшим значением у коров с генотипом GH VV ($r=0,73\pm0,08$, $p<0,001$).

Связь между удоем и МДБ варьировала в зависимости от генотипа: от достоверной отрицательной средней силы ($r=-0,47\pm0,08$, $p<0,001$) у животных с генотипом GH LV до слабой отрицательной ($r=-0,04\pm0,17$) у коров с генотипом VV.

Таблица 23 – Корреляция между показателями молочной продуктивности коров с разным генотипом GH, $r\pm mr$

Показатель	Генотип GH		
	LL	LL	LL
n	23	46	18
Удой - МДЖ	$-0,01\pm0,15$	$0,02\pm0,10$	$0,28\pm0,15$
Удой - молочный жир	$0,70\pm0,07^{***}$	$0,62\pm0,06^{***}$	$0,73\pm0,08^{***}$
Удой - МДБ	$-0,22\pm0,14$	$-0,47\pm0,08^{***}$	$-0,04\pm0,17$
Удой - молочный белок	$0,67\pm0,08^{***}$	$0,73\pm0,05^{***}$	$0,85\pm0,05^{***}$
МДЖ - МДБ	$0,19\pm0,14$	$-0,05\pm0,10$	$0,24\pm0,16$

Примечание: *** - $p < 0,001$

Наиболее сильная корреляция наблюдалась между удоем и количеством молочного белка, особенно у коров с генотипом GH VV ($r=0,85\pm0,05$, $p<0,001$).

Таким образом, у генотипа GH VV наблюдалась слабая положительная корреляция между удоем и МДЖ, практически отсутствующая отрицательная корреляция между удоем и МДБ и наивысшая корреляция между удоем и количеством молочного белка. Такие значения взаимосвязи делают генотип VV по локусу GH наиболее перспективным для селекции на комплекс признаков молочной продуктивности.

Следует отметить, что у коров с генотипом GH LV наблюдалась наиболее сильная отрицательная корреляция между удоем и МДБ, что может

снизить эффективность селекции на одновременное повышение этих признаков у животных с данным генотипом.

Результаты проведенного исследования выявили различия в характере и силе корреляционных взаимосвязей между показателями молочной продуктивности у коров джерсейской породы с разным генотипом.

3.4.3. Оценка силы влияния генов соматотропинового каскада на молочную продуктивность коров

Результаты дисперсионного анализа влияния гена пролактина на показатели молочной продуктивности представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Результаты дисперсионного анализа влияния гена PRL на молочную продуктивность коров

Показатель	F	η^2	p-значение (классический)	p-значение (пермутационный)
Удой	2,17	0,049	0,121	0,120
Массовая доля жира	3,52	0,077	0,034*	0,031*
Молочный жир	3,64	0,080	0,030*	0,029*
Массовая доля белка	2,88	0,064	0,062	0,060
Молочный белок	2,24	0,051	0,113	0,111

Примечание: * - $p < 0,05$

Анализ данных показал, что ген PRL оказывает статистически значимое влияние на жирномолочность. Так, сила влияния на массовую долю жира составила 7,7% ($p = 0,034$), а на количество молочного жира – 8,0% ($p = 0,030$). При этом влияние на удой, массовую долю белка и количество молочного

белка были статистически не достоверны, хотя для содержания белка наблюдалась тенденция к повышению ($p = 0,062$).

Влияние гена PIT1 на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы представлено в таблице 25.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о более широком спектре влияния гена PIT1 на показатели молочной продуктивности коров по сравнению с геном PRL. Обнаружено достоверное влияние ($p < 0,01$) на удой и количество молочного белка с силой влияния 10,9% и 11,0% соответственно. Статистически значимое влияние ($p < 0,05$) также выявлено для количества молочного жира ($\eta^2 = 8,4\%$) и массовой доли белка ($\eta^2 = 9,7\%$). Только для массовой доли жира влияние не достоверно ($p = 0,111$).

Таблица 25 - Результаты дисперсионного анализа влияния гена PIT1 на молочную продуктивность коров

Показатель	F	η^2	р-значение (классический)	р-значение (пермутационный)
Удой	5,12	0,109	0,008**	0,007**
Массовая доля жира	2,26	0,051	0,111	0,109
Молочный жир	3,87	0,084	0,025*	0,024*
Массовая доля белка	4,53	0,097	0,014*	0,013*
Молочный белок	5,19	0,110	0,008**	0,007**

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Результаты дисперсионного анализа влияния гена соматотропина представлены в таблице 26.

Из трех исследованных генов наиболее выраженное влияние на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы оказывает ген GH. Обнаружено высокодостоверное влияние на удой ($p = 0,00044$;

$p < 0,001$) с силой влияния 16,8%, что является максимальным показателем среди всех изученных генов и признаков. Также выявлено высокодостоверное ($p < 0,001$) влияние на количество молочного жира ($\eta^2 = 12,1\%$, $p = 0,004$) и молочного белка ($\eta^2 = 14,0\%$, $p = 0,002$). Как по гену PIT1, так и для гена GH не обнаружено статистической достоверности влияния на массовую долю жира ($p = 0,278$), а для массовой доли белка наблюдалась лишь тенденция к значимости ($p = 0,065$).

Таблица 26 - Результаты дисперсионного анализа влияния гена GH на молочную продуктивность коров

Показатель	F	η^2	p-значение (классический)	p-значение (пермутационный)
Удой	8,47	0,168	0,0004***	0,0003***
Массовая доля жира	1,30	0,030	0,278	0,275
Молочный жир	5,79	0,121	0,004**	0,004**
Массовая доля белка	2,83	0,063	0,065	0,064
Молочный белок	6,86	0,140	0,002**	0,001**

Примечание: ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

Таким образом, полученные результаты дисперсионного анализа демонстрируют дифференциальное влияние генов соматотропинового каскада на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы.

Ген GH продемонстрировал наиболее сильное влияние на количественные показатели молочной продуктивности – удой ($\eta^2 = 16,8\%$), количество молочного жира ($\eta^2 = 12,1\%$) и количество молочного белка ($\eta^2 = 14,0\%$). Эти результаты согласуются с биологической ролью соматотропина, который является ключевым регулятором метаболических процессов, связанных с ростом и лактацией. Механизм действия GH включает

стимуляцию синтеза инсулиноподобного фактора роста-1 (IGF-1), который, в свою очередь, способствует увеличению молочной продуктивности.

Ген PIT1 занимает промежуточное положение по силе влияния, но отличается наиболее сбалансированным воздействием на различные показатели. Максимальное влияние этого гена наблюдалось для молочного белка ($\eta^2 = 11,0\%$) и удоя ($\eta^2 = 10,9\%$), что может быть объяснено его ролью в регуляции экспрессии генов гормона роста, пролактина и тиреотропного гормона, которые непосредственно участвуют в процессах лактации и молокообразования.

Ген PRL показал наибольшее действие на жировые компоненты молока, с максимальной силой влияния на количество молочного жира ($\eta^2 = 8,0\%$). Такая специфичность согласуется с биологической функцией пролактина, который участвует в регуляции жирового обмена в молочной железе и стимулирует синтез молочного жира.

Следует отметить, что ни один из исследованных генов не оказал статистически значимого влияния на массовую долю жира в молоке, за исключением гена PRL. Это может свидетельствовать о том, что данный показатель в большей степени контролируется другими генетическими факторами или их комплексным взаимодействием.

Пермутационный анализ подтвердил все статистические заключения, полученные классическим методом: значимые эффекты остались значимыми, незначимые – незначимыми.

Незначительные колебания р-значений связаны в основном со случайностью перестановок и не меняют интерпретации. В случае если бы исходные данные имели выраженные отклонения от нормальности или гетерогенность дисперсий, пермутационные р-значения могли бы заметно отличаться от параметрических, однако в вашем случае различия минимальны. Следовательно, исходный классический анализ для данных выборок был вполне корректен.

3.5. Экономическая эффективность производства молока коровами с разным генотипом соматотропинового каскада

При расчете экономической эффективности производства молока коровами с разным генотипом соматотропинового каскада была использована цена реализации 1 кг молока за 2025 год, при этом результаты молочной продуктивности коров-первотелок пересчитаны с учетом базисной общероссийской нормы массовой доли жира (3,4%).

Из данных таблицы 27 видно, что наибольшей продуктивностью отличаются коровы с генотипом PRL AB, удой которых в пересчете на базисную жирность составил 12693 кг, что на 11,2% выше по сравнению с животными, имеющими генотип PRL AA, и на 4,0% выше, чем у коров с генотипом BB.

При одинаковых затратах на содержание (268600 руб.) наблюдаются существенные различия в экономических показателях. Наибольшая прибыль получена от коров с генотипом PRL AB - 175655 руб., что на 44765 руб. (34,2%) больше, чем от коров с генотипом PRL AA, и на 16905 руб. (10,6%) больше, чем от коров с генотипом PRL BB.

Таблица 27 – Экономическая эффективность производства молока коровами с разным генотипом PRL

Показатели	Генотип PRL		
	AA	AB	BB
Удой в пересчете на базисную жирность (3,4%), кг	11414	12693	12210
Затраты на одну корову в год, руб.	268600	268600	268600
Цена реализации 1 кг молока, руб.	35	35	35
Выручка от реализации молока, руб.	399490	444255	427350
Прибыль, руб.	130890	175655	158750
Уровень рентабельности, %	48,7	65,4	59,1

Уровень рентабельности производства молока также наиболее высок у коров с генотипом PRL AB - 65,4%, что на 16,7% выше, чем у коров с генотипом PRL AA, и на 6,3 процентов выше, чем у коров с генотипом PRL BB.

Данные таблицы 28 показывают, что наивысшей продуктивностью характеризуются коровы с генотипом PIT1 AA, удой которых в пересчете на базисную жирность составил 12993 кг, что на 6,1% больше, чем у животных с генотипом PIT1 AB, и на 9,9% больше, чем у коров с генотипом PIT1 BB.

Анализ экономических показателей свидетельствует о превосходстве коров с генотипом PIT1 AA: прибыль от одной коровы составила 186155 руб., что на 26215 руб. (16,4%) больше, чем от коров с генотипом PIT1 AB, и на 41055 руб. (28,3%) больше, чем от коров с генотипом PIT1 BB.

Уровень рентабельности производства молока у коров с генотипом PIT1 AA составил 69,3%, что является наивысшим показателем среди всех исследуемых генотипов соматотропного каскада. Это на 9,8 процентов выше, чем у коров с генотипом AB, и на 15,3 процентных пункта выше, чем у коров с генотипом PIT1 BB.

Таблица 28 – Экономическая эффективность производства молока коровами с разным генотипом PIT1

Показатели	Генотип PIT1		
	AA	AB	BB
Удой в пересчете на базисную жирность (3,4%), кг	12993	12244	11820
Затраты на одну корову в год, руб.	268600	268600	268600
Цена реализации 1 кг молока, руб.	35	35	35
Выручка от реализации молока, руб.	454755	428540	413700
Прибыль, руб.	186155	159940	145100
Уровень рентабельности, %	69,3	59,5	54,0

Анализ данных таблицы 29 показывает, что наибольшей продуктивностью обладают коровы с генотипом GH LL, удой которых в пересчете на базисную жирность составил 12710 кг, что на 5,0% выше, чем у животных с генотипом GH LV, и на 15,3% выше, чем у коров с генотипом GH VV.

Прибыль от одной коровы с генотипом GH LL составила 176250 руб., что на 21140 руб. (13,6%) больше, чем от коров с генотипом GH LV, и на 59150 руб. (50,5%) больше, чем от коров с генотипом GH VV.

Таблица 29 – Экономическая эффективность производства молока коровами с разным генотипом GH

Показатели	Генотип GH		
	LL	LV	VV
Удой в пересчете на базисную жирность (3,4%), кг	12710	12106	11020
Затраты на одну корову в год, руб.	268600	268600	268600
Цена реализации 1 кг молока, руб.	35	35	35
Выручка от реализации молока, руб.	444850	423710	385700
Прибыль, руб.	176250	155110	117100
Уровень рентабельности, %	65,6	57,7	43,6

Уровень рентабельности производства молока у коров с генотипом GH LL составил 65,6%, что на 7,9 процентов выше, чем у коров с генотипом GH LV, и на 22,0% выше, чем у коров с генотипом GH VV. Следует отметить, что рентабельность производства молока у коров с генотипом GH VV (43,6%) является самой низкой среди всех исследуемых генотипов соматотропинового каскада.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о наличии прямой связи между генотипами соматотропного каскада и экономической

эффективностью производства молока джерсейской породы. Наибольшую рентабельность обеспечивают генотипы PIT1 AA, GH LL и PRL AB.

Следует отметить о взаимосвязи между содержанием жира в молоке и экономическими показателями. Следовательно, можно сделать косвенные выводы на основе удоя в пересчете на базисную жирность. Высокие значения данного показателя у коров с генотипами PIT1 AA, GH LL и PRL AB свидетельствуют о том, что эти генотипы обеспечивают не только высокий удой, но и более высокое содержание жира в молоке, что в свою очередь положительно сказывается на экономических показателях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований, направленных на изучение молочной продуктивности коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада (PRL, PIT1, GH), позволили сделать следующие выводы:

1. Проведенное исследование полиморфизма генов соматотропинового каскада у коров джерсейской породы позволило выявить ряд важных особенностей генетической структуры стада, в большей степени по гену GH. Так, для генов PRL и PIT1 характерно преобладание аллеля А (0,71 и 0,78) и генотипа AA (48,3% и 63,2%), а у гена GH полиморфизм характеризуется относительно равномерным распределением аллелей L (0,53) и V (0,47) с преобладанием гетерозиготного генотипа LV (52,9%).

Выявлено 19 различных комплексных генотипов по локусам генов PRL, PIT1 и GH, что отражает наличие генетического полиморфизма в исследованном стаде.

2. Проведенное исследование позволило установить наличие ассоциаций между полиморфизмом генов соматотропинового каскада и показателями молочной продуктивности коров джерсейской породы. Генотип PRL АВ характеризуется более высоким выходом молочного жира и с достоверно превосходит на 43,5 кг ($p < 0,05$) группу PRL AA. Для гена PIT1 не установлена достоверная ассоциация с показателями молочной продуктивности. Наиболее значимые ассоциации обнаружены для полиморфизма гена GH, где животные с генотипами LL и LV связаны достоверно ($p < 0,05$) с более высоким удоем на 555-777 кг и выходом молочного белка на 19,7-38,1 кг по сравнению с генотипом GH VV.

Установлены достоверные ассоциации комплексных генотипов с показателями молочной продуктивности. Максимальный удой ассоциирован с генотипами ABBBLV (7230 кг) и AAABLV (7225 кг), наивысшее содержание

жира в молоке характерно для генотипов ABBBBV (7,93%), AAAALV (6,73%), а содержание белка у ABABVV (4,27%) и ABABLL (4,15%).

3. Наиболее выраженное положительное и достоверное ($p < 0,05-0,001$) влияние на физико-химический состав молока оказывают следующие генотипы PRL BB, PIT1 AB, GH LL. Указанные генотипы способствуют увеличению содержания основных компонентов молока (белок, жир, лактоза) и повышению его энергетической ценности.

Генотип локусов генов соматотропинового каскада оказывает влияние на качество молока коров джерсейской породы. Наилучшими сыропригодными свойствами обладает молоко коров с генотипами PRL AB и BB, PIT1 AB, GH LL, что проявляется в более низком классе по сычужно-бродильной пробе (1,2-1,3) и меньшей продолжительности свертывания молока сычужным ферментом (19,7-21,3 мин; $p < 0,05$). Термоустойчивость молока (73,4-74,7%) наиболее высока у коров с генотипами PRL AA, PIT1 AA и GH LV. Наибольшие размеры и количество жировых шариков наблюдаются у коров с генотипами PRL BB, PIT1 AA и GH LL ($p < 0,05$).

4. Наиболее выраженное влияние на вариабельность признаков оказывает ген пролактина. Животные с генотипом PRL BB характеризуются достоверно ($p < 0,05$) более высокими коэффициентами вариации по массовой доле белка (23,21%) и молочному белку (41,05%). Гетерозиготные животные PIT1 AB характеризуются высоким коэффициентом вариации молочного белка - 23,02% ($p < 0,05$). Коровы с генотипом GH LL имеют достоверно ($p < 0,05$) более высокий коэффициент вариации по молочному белку (21,92%).

Корреляционный анализ показал, что генотипы PRL BB и GH VV, обеспечивающий положительную и достоверную ($p < 0,01-0,001$) корреляцию между удоем и качественными показателями молока.

5. Установлена сила и характер влияния полиморфизма генов соматотропинового каскада на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы. Ген GH оказывает наиболее сильное влияние на количественные показатели молочной продуктивности: удой ($\eta^2 = 16,8\%$),

количество молочного жира ($\eta^2 = 12,1\%$) и количество молочного белка ($\eta^2 = 14,0\%$). Ген PIT1 демонстрирует сбалансированное влияние на различные показатели молочной продуктивности, с максимальным эффектом на молочный белок ($\eta^2 = 11,0\%$) и удой ($\eta^2 = 10,9\%$). Ген PRL проявляет специфическое влияние преимущественно на жировые компоненты молока, с максимальной силой влияния на количество молочного жира ($\eta^2 = 8,0\%$) и массовую долю жира ($\eta^2 = 7,7\%$). Пермутационный анализ подтвердил, что исходный классический анализ (ANOVA) для данных выборок был вполне корректен.

6. Сравнительная оценка экономической эффективности производства молока животных с различным генотипом соматотропинового каскада показала, что наиболее высокие экономические показатели обеспечивают генотипы PIT1 AA (69,3%), GH LL (65,6%) и PRL AB (65,4%). Наибольший уровень рентабельности производства молока составляет у коров с генотипом PIT1 AA 69,3%, что на 25,7 процентов выше, чем у коров с наименее рентабельным генотипом GH VV (43,6%).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения эффективности селекционной работы целесообразно проводить комплексную оценку генотипов по всем трем генам соматотропинового каскада. Оптимальной с точки зрения молочной продуктивности является комбинация генотипов PRL AB, PIT1 AB и GH LL. Наиболее перспективными для селекции на повышение молочной продуктивности являются комплексные генотипы ABABVV, ABBBLV и ABBBVV.

Для эффективной маркер-ориентированной селекции на повышение удоя целесообразно использование полиморфизма гена GH как маркера с наибольшей силой влияния на данный признак. Включение данного маркера в селекционные программы позволит проводить ранний отбор животных с генетически обусловленным высоким потенциалом молочной продуктивности. А для улучшения белкомолочности целесообразно комплексное использование полиморфизма генов PIT1 и GH.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка вопроса ассоциации полиморфизма генов соматотропинового каскада с молочной продуктивностью коров имеет перспективы, как в научном, так и в практическом отношении. Большой научный интерес представляют вопросы изучения взаимосвязи состава и свойств молока коров джерсейской породы с полиморфизмом генов соматотропинового каскада.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдельманова, А.С. Использование высокопроизводительной инфракрасной спектроскопии при изучении полногеномных ассоциаций с жирнокислотным и компонентным составом молока у коров (*Bos taurus*) / А.С. Абдельманова, А.А. Сермягин, Л.П. Игнатьева, И.А. Лашнева // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 6. – С. 1083-1100. – DOI 10.15389/agrobiology.2022.6.1083rus.
2. Абоба, Е. Ю. Особенности покупательского поведения на российском рынке молочной продукции / Е. Ю. Алексейчева, М. Д. Магомедов, С. В. Сидоренко // Экономические системы. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 45-50. – DOI 10.29030/2309-2076-2024-17-1-45-50.
3. Антипина, В.П. Особенности содержания, кормления и разведения голштинской и джерсейской породы коров / В.П. Антипина, Ю.А. Оконешникова // В сборнике: Молодёжная наука: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза. – 2020. – С. 57-59.
4. Аристова, А.В. Молочная продуктивность и качество молока коров джерсейской и монбельярдской пород в условиях Центрального федерального округа Российской Федерации: специальность 06.02.10 "Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / А.В. Аристова // 2018. – 126 с. – EDN YYGWRE.
5. Аристова, А.В. Оценка реализации генетического потенциала коров джерсейской породы / А.В. Аристова, Е.А. Пронина, А.А. Сутолкин // Главный зоотехник. – 2024. – № 8(253). – С. 36-44. – DOI 10.33920/sel-03-2408-04.
6. Афанасьева, А.И. Способы повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота на основе маркерной селекции: научно-практические

рекомендации / А.И. Афанасьева, В.А. Сарычев, И.С. Кондрашкова. // Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет. – 2021. – 54 с.

7. Бадмаев, М.Е. Особенности кормления коров джерсейской породы / М.Е. Бадмаев, А.В. Востроилов, А.А. Бондаренко, Т.В. Чернышева // Теория и практика инновационных технологий в АПК: Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 22–26 марта 2021 года. Том Часть V. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – 2021. – С. 14-17.

8. Бейшова, И.С. Полиморфизмы генов соматотропинового каскада, ассоциированные с мясной продуктивностью коров казахской белоголовой породы / И.С. Бейшова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 58-62.

9. Бейшова, И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы / И.С. Бейшова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 48-53.

10. Бейшова, И.С. Фенотипические эффекты полиморфизмов генов соматотропинового каскада, ассоциированных с признаками мясной продуктивности относительно общей выборки у коров казахской белоголовой породы / И.С. Бейшова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(70). – С. 208-211.

11. Белая, Е.В. Оценка ассоциации полиморфных генов соматотропинового каскада с уровнем продуктивности крупного рогатого скота / Е.В. Белая, М.Е. Михайлова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2014. – № 4. – С. 36-42.

12. Блюм, Е.Р. Современное состояние крупного рогатого скота джерсейской породы в России / Е.Р. Блюм, О.М. Мухтарова // Инновационная наука. – 2022. – № 4-1. – С. 18-20.

13. Бобрышова, Г.Т. Полиморфизм гена гормона роста и (GH) его взаимосвязь с продуктивными качествами у коров ярославской породы / Г.Т.

Бобрышова, Е.С. Суржикова, А.И. Чудновец // Главный зоотехник. – 2019. – № 12. – С. 31-37.

14. Бышова, Н.Г. Состав и физико-химические свойства молока коров голштинской породы / Н.Г. Бышова, Л.В. Иванова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1-2. – С. 24-26.

15. Валитов, Ф.Р. Эффективность использования современных методов маркерной селекции в молочном скотоводстве: специальность 06.02.07 "Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных": диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Ф.Р. Валитов. – Уфа. – 2019. – С. 396.

16. Востроилов, А. В. Реализация генетического потенциала коров породы Джерси в условиях молочного комплекса ЦЧЗ / А. В. Востроилов, А.В. Аристова // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и технологии животноводства: Материалы научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, Воронеж, 02–05 марта 2017 года. Том Выпуск 6. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – 2017. – С. 19-21.

17. Гайнутдинова, Э.Р. Связь полиморфизма гена PIT-1 (POU1F1) с признаками молочной продуктивности и воспроизводительной способности голштинского крупного рогатого скота / Э.Р. Гайнутдинова, Н.Ю. Сафина, Ф.Ф. Зиннатов, Ш.К. Шакиров // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 11. – С. 69-73. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-11115.

18. Гилемханов, И.Ю. Молочная продуктивность и качество молока коров татарстанского типа с разными генотипами по локусам генов пролактина и соматотропина / И.Ю. Гилемханов, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, Х.Х. Гильманов, Р.Р. Вафин, Р.Р. Шайдуллин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной

медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. Т. 247. № 3. С. 47-50. 10.31588/2413-4201-1883-247-3-47-50

19. Гилемханов, И.Ю. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами по гену PIT1 / И.Ю. Гилемханов, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, Р.Р. Шайдуллин, С.В. Тюлькин // В сборнике: Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность. сборник материалов II Национальной (Всероссийской) конференции ученых в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». Кемерово, 2021. С. 60-62. EDN: SYDMPS

20. Горелик, О.В. Динамика молочной продуктивности и сервис-периода по лактациям у коров разных линий / О.В. Горелик, С.Ю. Харлап // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 2(217). – С. 23-39. – DOI 10.32417/1997-4868-2022-217-02-23-39.

21. Данкверт, А.Г. История племенного животноводства России / А. Г. Данкверт, С. А. Данкверт // Москва: Арбат-Информ. – 2004. – С. 328.

22. Дерканосова, А.А. Качество молока красно-пестрой породы и перспективы его использования в производстве мягких сыров комбинированного состава / А.А. Дерканосова, Е.Е. Курчаева, Е.С. Артемов, Е.В. Карпеева, О.А. Сергеева, И.М. Глинкина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 4(90). – С. 117-125. – DOI 10.20914/2310-1202-2021-4-117-125.

23. Джапаридзе, Г.М. Полиморфизм генов молочных белков и гормонов у коров голштинской породы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: специальность 06.02.07 «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» / Г.М. Джапаридзе // Всерос. Научные исследования институт племенного дела. — пос. Лесные Поляны Моск. обл. – 2013. — С. 21.

24. Долматова, И.Ю. Взаимосвязь полиморфных генов пролактина и соматотропина крупного рогатого скота с молочной продуктивностью / И.Ю. Долматова, И.Н. Ганиева, Т.В. Кононенко, Ф.Р. Валитов // Вестник

Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(53). – С. 70-78. – DOI 10.31563/1684-7628-2020-53-1-70-78.

25. Дубовскова, М.П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы / М.П. Дубовскова, Н.П. Герасимов // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 3. С. 91–101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91

26. Дунин, И.М. Состояние и перспективы развития молочного скотоводства в Российской Федерации / И.М. Дунин, Р.К. Мещеров, С.Е. Тяпугин, В.П. Ходыков, В.К. Аджибеков, Е.Е. Тяпугин // Зоотехния. – 2020. – № 2. – С. 2-5. – DOI 10.25708/ZT.2020.23.67.001.

27. Загидуллин, Л.Р. Доля и достоверность влияния гена каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы на показатели молочной продуктивности коров / Л.Р. Загидуллин, Р.Р. Шайдуллин, Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, И.Н. Камалдинов // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 243. № 3. С. 88-91. [https://doi.org/ 10.31588/2413-4201-1883-243-3-88-92](https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-88-92)

28. Загидуллин, Л.Р. Молочная продуктивность черно-пестрого скота с разными генотипами пролактина и соматотропина / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Шайдуллин, Т. М. Ахметов, С. В. Тюлькин, А. Б. Москвичева // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 4. С. 21-24. [https://doi.org/ 10.33943/MMS.2021.33.91.005](https://doi.org/10.33943/MMS.2021.33.91.005)

29. Загидуллин, Л.Р. Индекс молочности коров с разным генотипом / Л.Р. Загидуллин, Р.Р. Шайдуллин, Т.М. Ахметов, Ч.А. Харисова, Г.Х. Халилова // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. Т. 247. № 3. С. 65-69. 10.31588/2413-4201-1883-247-3-65-69

30. Закирова, Г.М. Полиморфизм гена пролактина у коров татарстанского типа холмогорского скота / Г.М. Закирова, Р.Р. Султанов, Ф.Ф.

Зиннатова // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. - 2011. - №205. - С.61-64.

31. Зарипов, О.Г. Влияние полиморфизмов генов SCD1 (Стерол-коадесатураза) и AGPAT6 (1-Ацилглицерин-3-фосфат-О-ацилтрансфераза) на содержание и жирнокислотный состав молочного жира у коров голштинизированной черно-пестрой породы / О.Г. Зарипов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 11(137). – DOI 10.23670/IRJ.2023.137.148.

32. Зарубежнова, Д.В. Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разными генотипами PIT1, GH // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Том 263 (3). С.119-123. [https:// doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_263_119](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_263_119).

33. Зарубежнова, Д.В. Полиморфизм генов соматотропинового каскада у коров джерсейской породы / Д.В. Зарубежнова, Р.Р. Шайдуллин, Т.М. Ахметов, Ф.Ф. Зиннатов, С.В. Тюлькин // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2025. Т. 4. № 3 (15). С. 56-64. DOI 10.12737/2782-490X-2024-57-62. EDN LKXDIE.

34. Зарубежнова, Д.В. Состав молока коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропинового каскада / Д.В. Зарубежнова, Р.Р. Шайдуллин, С.В. Тюлькин, Ф.Ф. Зиннатов, А.В. Власов // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Том 264 (4). С. 96-101. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_264_96.

35. Зарубежнова, Д.В. Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом пролактина / Д.В. Зарубежнова, Р.Р. Шайдуллин, Ф.Ф. Зиннатов // Современные научные тенденции в ветеринарии: Сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 10 декабря 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. – С. 134-137. – EDN LJQODQ.

36. Захаров, Л.М. Молочная продуктивность голштинских коров при использовании в рационе кормления глютена кукурузного: Дисс. на соиск. уч. ст. к. с.х. н. по спец. 06.02.10 - частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства / Л.М. Захаров // – Москва. –2016. – 160 с.

37. Зими́на, А. А. Связь полиморфных вариантов гена P1T-1 с показателями молочной продуктивности коров монбельярдской и джерсейской пород / А.А. Зими́на, О.С. Романенкова // Геномика животных и биотехнологии: Материалы Международной научно-практической конференции в рамках реализации Программы "Приоритет - 2030", Махачкала, 23 декабря 2021 года. – Махачкала: ИП "С.А. Магомедалиева". – 2021. – С. 245-250.

38. Зиннатов Ф.Ф. Гены белкового обмена и показатели качества молока коров джерсейской породы, принадлежащих ООО «ПМК» Сабинского района Республики Татарстан / Ф. Ф. Зиннатов, М. М. Хисматуллин, Т. М. Ахметов [и др.] // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2025. – Т. 261, № 1. – С. 113-120. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_261_113.

39. Зиннатов Ф.Ф. Характерные особенности влияния генов белкового обмена на показатели качества молока коров джерсейской породы / Ф.Ф. Зиннатов, С.В. Тюлькин, Т.М. Ахметов, Т.Р. Якупов, Ф.Ф. Зиннатова, К.Ю. Николаева, Д.В. Зарубежнова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2024. – Т. 257, № 1. – С. 98-104. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_98.

40. Зиннатов, Ф.Ф. Изучение полиморфизма генов липидного обмена и жирномолочности джерсейской породы коров на примере ООО имени Тимирязева / Ф. Ф. Зиннатов, Т. М. Ахметов, С. В. Тюлькин, Т.Р. Якупов, Ф.Ф. Зиннатова, К.Ю. Николаева, Д.В. Зарубежнова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2024. – Т. 257, № 1. – С. 91-97. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_91.

41. Зиннатов, Ф.Ф. Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля коров джерсейской и голштинской пород, разводимых в условия Республики Татарстан / Ф.Ф. Зиннатов, М.М. Хисматуллин, И.Ю. Гилемханов, С.В. Тюлькин, ТМ. Ахметов, Ф.Ф. Зиннатова, Т.Р. Якупов, А.И. Кушлубаева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2025. – Т. 261, № 1. – С. 121-129. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_261_121.

42. Иванова, И.П. Межпородное скрещивание как метод повышения молочной продуктивности коров / И.П. Иванова // Молочнохозяйственный вестник. – 2022. – № 3(47). – С. 91-103. – DOI 10.52231/2225-4269_2021_3_91.

43. Иванова, И.П. Фенотипические особенности коров джерсейской породы в процессе адаптации к условиям Омской области / И.П. Иванова, Е.Н. Юрченко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(49). – С. 99-105. – DOI 10.48136/2222-0364_2023_1_99.

44. Исакова, Ж.Т. Оценка генетического разнообразия алатауской, чёрно-пёстрой и голштинской пород крупного рогатого скота Кыргызстана по генам PRL, GH и PIT-1 / Ж.Т. Исакова, В.Н. Кипень, К.Б. Чекиров, Ю.Г. Быковченко // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 3. С. 10–14. DOI:10.33943/MMS.2019.3.31545.

45. Кибкало Л.И. Оценка экстерьерных и продуктивных показателей коров джерсейской и голштинской пород / Л.И. Кибкало, С.П. Бугаев, Н.В. Сидорова, Н.О. Шумакова, О.Н. Мирошниченко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4. – С. 72-76.

46. Кибкало, Л. И. Морфологические и функциональные свойства вымени джерсейских и голштинских коров / Л.И. Кибкало, Н.В. Самбуров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 5. – С. 103-106.

47. Кибкало, Л.И. Воспроизводительные функции и эффективность содержания коров голштинской и джерсейской пород / Л. И. Кибкало //

Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 6. – С. 98-101.

48. Князева, Т. А. Джерсейская порода молочного скота в Российской Федерации / Т. А. Князева, Н. Ю. Чекменева, С. В. Никитина // Зоотехния. – 2019. – № 5. – С. 5. – DOI 10.25708/ZT.2019.39.83.005.

49. Князева, Т.А. Состояние и развитие племенной базы джерсейской породы в Российской Федерации / Т. А. Князева, Н. Ю. Чекменева // Научные направления развития животноводства и кормопроизводства в России: Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения Н.П. Сударева, Тверь, 14–16 мая 2020 года / Под общей редакцией Н.П. Сударева. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия. – 2020. – С. 91-94.

50. Ковалюк, Н.В. Полиморфизм локуса CSN2 в группе скота джерсейской породы / Н.В. Ковалюк, Л.И. Якушева, Ю.Ю. Шахназарова // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – Т. 9, № 1. – С. 33-36. – DOI 10.34617/wc15-0m10.

51. Коровушкин, А.А. Перспективы разведения крупного рогатого скота джерсейской породы / А.А. Коровушкин, В.А. Чирихина // Нижегородская наука. – 2018. – № 6(12). – С. 32-38.

52. Костомахин, Н.М. Морфофункциональные свойства вымени, экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров разных пород / Н. М. Костомахин, Г.П. Табаков, Л.П. Табакова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 64-84. – DOI 10.26897/0021-342X2020-2-64-84.

53. Краснов, И.Н. Основные проблемы машинного доения коров / И.Н. Краснов, А.Ю. Краснова, В.В. Мирошникова // Вестник аграрной науки Дона. – 2023. – Т. 16, № 3(63). – С. 58-70. – DOI 10.55618/20756704_2023_16_3_58-70.

54. Кулибеков, К.К. Продуктивные качества джерсейской породы / К. К. Кулибеков // Аграрная наука на Севере - сельскому хозяйству: Сборник

материалов VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Сыктывкар, 26 апреля 2024 года. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании. – 2024. – С. 393-398. – DOI 10.24412/cl-37231-2024-1-393-398.

55. Куликова, Н.И. Продуктивные и племенные качества коров айрширской и голштинской пород в условиях инновационных технологий / Н.И. Куликова, О.Н. Еременко, А.А. Черечеча // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 136. – С. 248-267. – DOI 10.21515/1990-4665-136-033.

56. Лазебная И.В. Полиморфизм генов CSN3, BPRL и BGN у коров костромской породы в связи с показателями молочной продуктивности / А.В. Перчун, И.В. Лазебная, С.Г. Белокуров, М.Н. Рузина, Г.Е. Сулимова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-2. – С. 304-308.

57. Лазебная, И.В. Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы / И.В. Лазебная, О.Е. Лазебный, В.Ф. Максименко, Г.Е. Сулимова // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – Т. 47, № 2. – С. 39-44.

58. Леонова, М.А. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк, Е.М. Бублик, А.А. Стетюха, А.Е. Светогорова // Молодой ученый. – 2013. – № 12 (59). – С. 612-614.

59. Ляшенко, В.В. Сравнительная оценка коров голштинской породы по молочной продуктивности матерей и их дочерей / В. В. Ляшенко, А. В. Губина, И. В. Каешова, Н. Ю. Чупшева // Нива Поволжья. – 2023. – № 1(65). – С. 2004. – DOI 10.36461/NP.2023.65.1.017.

60. Мальцев, А. Е. Характеристика некоторых показателей молочной продуктивности у коров джерсейской породы / А.Е. Мальцев, Ю.А. Чепракова // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник статей по

материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых, Ставрополь, 03 декабря 2020 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет. – 2020. – С. 83-85

61. Михайлов, Н.В. Перспективные гены-маркеры продуктивности свиней / Н.В. Михайлов, Л.В. Гетманцева, Н.А. Святогоров, Е.М. Бублик // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (9). – С. 16

62. Михайлова, М. Е. Сравнительный анализ генетической структуры белорусских популяций крупного рогатого скота черно-пестрой и голштинской пород по полиморфным вариантам генов соматотропинового каскада (bPit-1, bPrl, bGH, bGHR, bIGF-1) / М. Е. Михайлова, Е. В. Белая, Н. М. Волчок // Молекулярная и прикладная генетика. – 2011. – Т. 12. – С. 108-114.

63. Морозова Н. И. Молочная продуктивность коров джерсейской породы в зависимости от линейной принадлежности / Н.И. Морозова, П.С. Вершневу, Ф.А. Мусаев, А.В. Косухин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 8. – С. 166-170.

64. Мурленков, Н. В. Сравнительная характеристика геномно оцененных быков-производителей голштинской и джерсейской породы / Н.В. Мурленков, А.И. Шендаков // Биология в сельском хозяйстве. – 2025. – № 1(46). – С. 16-19.

65. Недашковский, И. С. Влияние уровня гомозиготности по STR и SNP-маркерам голштинских быков-производителей на показатели собственной продуктивности и хозяйственно-полезные качества потомства: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Недашковский И.С. –2023. – 199 с.

66. Овсянникова, Г. В. Использование мирового генофонда молочного скота в создании сырьевой базы молочной промышленности

Черноземья / Г.В. Овсянникова // Вестник Международной академии холода. – 2017. – № 1. – С. 7-12. – DOI 10.21047/1606-4313-2017-16-1-7-12.

67. Оздемиров, А.А. Полиморфизм генов PIT-1, PRL, GH молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан / А. А. Оздемиров, М. И. Селионова, Л. Н. Чижова, А.А. Хожаков, Е.С. Суржикова, Д.М. Рамазанова // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т. 15, № 2(55). – С. 165-171.

68. Олейник, С. А. Влияние полиморфизма генов BGN и CASB на продуктивные показатели молочного скота джерсейской породы / С. А. Олейник, А. В. Лесняк // Пермский аграрный вестник. – 2025. – № 3(51). – С. 119-126. – DOI 10.47737/2307-2873_2025_51_119.

69. Олейник, С.А. Полиморфизм гена бета-казеина у крупного рогатого скота джерсейской породы в Ставропольском крае / С.А. Олейник, А.В. Лесняк // Аграрная наука. – 2025. – № 7. – С. 107-113. – DOI 10.32634/0869-8155-2025-396-07-107-113.

70. Позовникова, М.В. Генетическая структура айрширского скота по однонуклеотидным ДНК-маркерам и влияние их генотипов на молочную продуктивность / М.В. Позовникова, О.В. Тулинова, И.А. Погорельский, Г.Н. Сердюк // Генетика и разведение животных. – 2015. – № 2. – С. 22-27.

71. Позовникова, М.В. Молочная продуктивность коров с различными генотипами гена DGAT1 / М.В. Позовникова // Эффективное животноводство. – 2018. – № 7(146). – С. 46-47.

72. Позовникова, М.В. Связь полиморфных вариантов гена стеароил-КоА-десатураза (SCD1) с хозяйственно ценными признаками в российской популяции коров айрширской породы / М. В. Позовникова, Г. Н. Сердюк, О. В. Тулинова, В.П. Терлецкий, Н.В. Дементьева, О.В. Митрофанова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 6. – С. 1139-1147. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.6.1139rus.

73. Преснякова, А.К. Перспективные генетические маркеры продуктивности у крупного рогатого скота (обзор) / А.К. Преснякова, Т.А.

Седых // В сборнике: Перспективы развития современного агропромышленного комплекса. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 270-276. EDN: KCVWLD

74. Сабетова, К.Д. Функциональные свойства молочной железы коров костромской породы с разными комплексными генотипами генов соматотропинового каскада / К. Д. Сабетова, А. А. Чаицкий, П. О. Щеголев [и др.] // Современные достижения и актуальные проблемы животноводства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных, Витебск, 12–13 октября 2023 года. – Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – 2023. – С. 72-76.

75. Сагитдинов, Ф. А. Особенности формирования генетической структуры групп крови при смене поколений животных / Ф.А. Сагитдинов, О.И. Лешонок, И.В. Ткаченко // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 3. – С. 176-185. – DOI 10.33284/2658-3135-104-3-176.

76. Санова, З. С. Современное состояние джерсейского скота в Калужской области / З. С. Санова // Владимирский земледелец. – 2019. – № 3(89). – С. 47-50. – DOI 10.24411/2225-2584-2019-10082.

77. Санова, З.С. Уровень молочной продуктивности джерсейских коров в зависимости от генеалогии / З.С. Санова // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 1(204). – С. 60-69. – DOI 10.32417/1997-4868-2021-204-01-60-69.

78. Сарычев, В.А. Характеристика молочной продуктивности и технологических свойств молока коров черно-пестрой породы с разными аллельными вариантами гена каппа-казеина (CSN3) / В.А. Сарычев, А.И. Афанасьева // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 5(206). – С. 167-176. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-5-167-176.

79. Сафина, Н.Ю. Полиморфизм гена β -лактоглобулина (LGB) и его взаимосвязь с экономически важными признаками голштинского скота / Н.Ю.

Сафина, Ф.Ф. Зиннатова, Ю.Р. Юльметьева, Ш.К. Шакиров, Т.М. Ахметов, Э.Р. Гайнутдинова // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 9. – С. 78-80. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10918.

80. Сафронов, С.Л. Оптимизация продуктивного долголетия коров как фактор увеличения производства молока / С.Л. Сафронов, О.А. Давыдова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 57. – С. 65-71. – DOI 10.24411/2078-1318-2019-14065.

81. Стародубцев, В. М. Сравнительное изучение молочной и мясной продуктивности, качества молока, сыра и масла коров основных пород Рязанской области (черно-пестрая, холмогорская, симментальская, голландская, джерсейская): специальность 06.02.04 "Ветеринарная хирургия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / В.М. Стародубцев. – Москва. – 1974. – 58 с.

82. Суржикова, Е. С. Особенности полиморфизма генов P1T-1, PRL у коров кавказской бурой породы, разводимой в Республике Дагестан / Е. С. Суржикова, Т. Н. Михайленко, Д. Д. Евлагина // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 32-36. – DOI 10.48612/sbornik-2022-1-7.

83. Тарасова, Е.И. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) / Е.И. Тарасова, С.В. Нотова // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103, № 3. – С. 58-80. – DOI 10.33284/2658-3135-103-3-58.

84. Ткаченко, И. В. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа / И.В. Ткаченко, С.Л. Гридина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 87-95. – DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.

85. Тюлькин, С.В. Влияние породы и генотипа по гену пролактина на молочную продуктивность и качество молока коров / С.В. Тюлькин, Р.Р. Шайдуллин, Х.Х. Гильманов, Р.Р. Вафин, Э.Ф. Валиуллина // Ветеринария,

86. Убийко, А.С. Эффективность инновационных технологий в животноводстве Российской Федерации / А.С. Убийко // Естественно-гуманитарные исследования. – 2023. – № 1(45). – С. 265-268.

87. Усатов, А.В. Полиморфизм гена пролактина (PRL) и его связь с продуктивными качествами сельскохозяйственных животных / А.В. Усатов, М.А. Леонова, И.А. Горбулич, М.В. Григорьева, Е.Г. Залесская // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, Ростов-на-Дону, 05–08 сентября 2016 года. – Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН. – 2016. – С. 558-560.

88. Харитонов, Е.Л. Кормовые и метаболические факторы формирования жирнокислотного состава молока у коров / Е.Л. Харитонов, Д.Е. Панюшкин // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2016. – № 2. – С. 76-106.

89. Чиждва, Л. Н. Междородные особенности полиморфизма генов соматотропин, пролактин у коров молочног направления продуктивности / Л.Н. Чиждва, Е.С. Суржикова, Г.П. Ковалева, Т.Н. Михайленко // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2017. – Т. 2, № 10. – С. 108-113.

90. Чиждва, Л. Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочног скота по маркерным генам CSN3, GH, PIT-1, PRL / Л. Н. Чиждва, Е.С. Суржикова, Т.Н. Михайленко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С. 40-46.

91. Чиждва, Л. Н. Полиморфизм генов CSN3, PIT-1, PRL, GH у коров ярославской породы в связи с показателями молочной продуктивности / Л. Н. Чиждва, А. К. Михайленко, Е. С. Суржикова, А.И. Чудновец, Т.Н. Михайленко // Главный зоотехник. – 2020. – № 7. – С. 28-35. – DOI 10.33920/sel-03-2007-04.

92. Чижова, Л.Н. Межпородная дифференциация аллельного полиморфизма генов CSN3, PIT-1, PRL, GH, LEP молочного скота / Л.Н. Чижова, Е.С. Суржикова, А.И. Чудновец, Г.Н. Шарко, Т.Н. Михайленко // Вестник АПК Ставрополя. – 2020. – № 1(37). – С. 34-38. – DOI 10.31279/2222-9345-2020-9-37-34-38.

93. Чирихина, В. А. Физиологический и продуктивный статус коров джерсейской породы в процессе адаптации после длительного транспортного стресса / В.А. Чирихина, А.А. Коровушкин // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2021. – № 1. – С. 65-74. – DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.1.65-74.

94. Чудновец, А. И. Полиморфизм генов GH, PIT-1, PRL и их связь с молочной продуктивностью коров ярославской породы: научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата биологических наук : специальность 06.02.07 «Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных» / А. И. Чудновец ; Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». — Ставрополь. — 2020.

95. Шайдуллин, Р.Р. Использование ДНК-маркеров при оценке и совершенствовании крупного рогатого скота в Республике Татарстан / Р.Р. Шайдуллин, Т.М. Ахметов, Т.Х. Фаизов, С.В. Тюлькин, Л.А. Калашникова: Монография. - Казань: Казанский ГАУ, 2018. 192 с. EDN: WJAGSV

96. Шайдуллин, Р.Р. Теоретические и практические аспекты полиморфизма генетических маркеров и их ассоциация с продуктивностью молочного скота / Р.Р. Шайдуллин, Л.Р. Загидуллин, Ф.С. Сибагатуллин, Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, А.С. Ганиев, Т.Х. Фаизов: Монография. - Казань: «Ихлас», 2020. 284 с. EDN: UQMRSA

97. Шайдуллин, Р.Р. Полиморфизм генов пролактина и соматотропина у молочного скота Республики Татарстан / Р. Р. Шайдуллин,

А. Б. Москвичева, Т. Х. Фаизов, Л. Р. Загидуллин, Т. М. Ахметов, С. В. Тюлькин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 7. С. 22-25. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.72.10.005>. EDN: GCDVGG

98. Шайдуллин, Р.Р. Оценка молочной продуктивности холмогорских коров с аллельными вариантами генов пролактина и соматотропина / Р. Р. Шайдуллин, Л. Р. Загидуллин, Т. М. Ахметов, Г.Х. Халилова // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 75-78. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp75-78>

99. Шайдуллин, Р.Р. Изменчивость показателей молочной продуктивности у молочного скота разных пород и генотипов / Р. Р. Шайдуллин, Л. Р. Загидуллин, Э.В. Шамаева // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2025. Т. 4. № 2 (14). С. 53-57. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2025-53-57>

100. Шевелева, О.М. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы с разными генотипами каппаказеина и пролактина / О.М. Шевелева, М.А. Часовщикова // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 9. – С. 74-77. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10917.

101. Юльметьева, Ю.Р. Молекулярная диагностика генетического полиморфизма генов кандидатов молочной продуктивности на примере племязавода "Рассвет" Кукморского района Республики Татарстан / Ю.Р. Юльметьева, Ш.К. Шакиров, Т.М. Ахметов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – Т. 224, № 4. – С. 280-285.

102. Юрченко, Е. Н. История формирования и фенотипические особенности стада крупного рогатого скота джерсейской породы / Е. Н. Юрченко, И. П. Иванова, Н. А. Юрк // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 4. – С. 132-139. – DOI 10.24412/2311-6447-2021-4-132-139.

103. Юхина, Д. Э. Сравнительная оценка продуктивности джерсейских коров разных линий / Д.Э. Юхина, О.А. Захарова // Зоотехния. – 2023. – № 7. – С. 10-13. – DOI 10.25708/ZT.2023.11.88.003.
104. Ярышкин, А.А. Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность коров / А.А. Ярышкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6(80). – С. 279-281.
105. Akkaya, M. Türkiye’de Yetiştirilen Holştayn Irkı Sığırlarda GHRH ve PRL Gen Polimorfizimleri ile Süt Verimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması / M. Akkaya, B. Akyüz // KSÜ Tarım ve Doğa Derg. – 2019. – V. 22 (5). – P. 763-771.
106. American Jersey Cattle Association. Jersey Performance Index (JPI) – Formula and Explanation. 2022.
107. Anderson, B. Pit-1 determines cell types during development of the anterior pituitary gland / B. Anderson, M.G. Rosenfeld // The Journal of Biological Chemistry. – 1994. – V. 269. – P. 29335–29338.
108. Bailey K.W. Economic returns to Holstein and Jersey herds under multiple component pricing. / K.W. Bailey, C.M. Jones, A.J. Heinrichs. // J Dairy Sci. – 2005 Jun. – 88(6):2269-80.
109. Bauman, D.E. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application / D.E. Bauman // Domestic Animals Endocrinology. – 1999. – V.17. – P.101–116
110. Beishova, I.S. Features of holstein cattle bred in kazakhstan by the polymorphic genes of the somatotropin cascade / I.S. Beishova, V.A. Ulyanov, G. Shaikamal et al. // Advances in Animal and Veterinary Sciences. – 2019– Vol. 7. – No. Special Issue 1. – P. 60-65.
111. Bonakdar, E. Polymorphism of insulin-like growth factor I in Iranian Holstein cows / E. Bonakdar, H.R. Rahmani, M.A. Edriss, [et al.] // British Society of Anim. Sci. – 2008. – V. 1, 210.
112. Buitenhuis, B. Genome-wide association and biological pathway analysis for milk-fat composition in Danish Holstein and Danish Jersey cattle. / B.

Buitenhuis, L.L. Janss, N.A. Poulsen, L.B. Larsen, M.K. Larsen, P. Sørensen // BMC Genomics. – 2014. – 15(1): 1112 (doi: 10.1186/1471-2164-15-1112).

113. Czerniawska-Piatkowska, E. The comparison of yield, nutritive value and technological usefulness of milk from Holstein-Friesian cows of Black-and-White strain depending on the IGFI/SnaBI and IGF1R/HinfI polymorphisms / E. Czerniawska-Piatkowska, M. Szewczuk, E. Chocilowicz, B. Cioch, [et al.] // Electronic journal of Polish agricultural universities. – 2013. – V. 16 (3).

114. Dario C. Polymorphism of growth hormone GH1-AluI in Jersey cows and its effect on milk yield and composition / C. Dario, D. Carnicella, F. Ciotola, V. Peretti, G. Bufano // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2008. – T. 21. – №. 1. – C. 1-5.

115. Dybus A. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle / A. Dybus, W. Grzesiak, H. Kamieniecki, I. Szatkowska, Z. Sobek, P. Blaszczyk, E. Czerniawska-Piatkowska, S. Zych, M. Muszynska // Arch. Tierz., Dummerstorf. – 2005. – Vol. 48, № 2. – P. 149–156.

116. Eriani, K. Body size characteristics and polymorphism in GH and GHRH genes of Simeulue Buffalo of Aceh, Indonesia / K. Eriani, R. Rahmi, I. Jamil, R. Rosnizar // Biodiversitas. – 2019. – V. 20 (1). – P. 236-242.

117. Fijałkowska A. The impact of selected somatotrophic axis genes on the milk performance traits of sheep, goats and cattle. / A. Fijałkowska, M.A. Szewczuk, N. Oster, T. Stankiewicz, B. Błaszczuk, I. Klimczak. // Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica. – 2024. – Vol 372. – I. 71. – P.17.

118. García-Ruiz, A. Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection / A. García-Ruiz, J. B. Cole, P. M. VanRaden [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2019. – Vol. 113. – P. E3995-E4004.

119. García-Ruiz, A. Genetic merit for cheese yield and quality traits in Holstein, Jersey, and their crosses / A. García-Ruiz, J. B. Cole, P. M. VanRaden // *Journal of Dairy Science*. – 2020. – Vol. 103, № 3. – P. 2324-2337.
120. García-Ruiz, A. Integration of gene-specific markers into genomic predictions for dairy traits / A. García-Ruiz, J. B. Cole, G. R. Wiggans // *Journal of Dairy Science*. – 2021. – Vol. 104, № 8. – P. 8742-8759.
121. Ge, W. Association of a genetic marker with blood serum insulin-like growth factor-I concentration and growth traits in Angus cattle / W. Ge, M.E. Davis, H.C. Hines, [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2001. – V. 79. – P. 1757-1762.
122. Hare, E./ Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. / E. Hare, H.D. Norman, J.R. Wright // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – Vol. 89 №9. – P. 3713-3720.
123. Hediger, R. Assignment of the GH gene locus to 19q26qter in cattle and to 11q25qter in sheep by in situ hybridization / R. Hedig, S.E. Johnson, W. Barendse, [et al.] // *Genomics*. – 1990. – V. 8. – p. 171-174
124. Höglund J. K. Identification of genomic regions associated with female fertility in Danish Jersey using whole genome sequence data / B. Guldbrandtsen, M.S. Lund // *BMC genetics*. – 2015. – T. 16. – №. 1. – C. 60.
125. Klemm, J.D. Oct-1 POU domain – DNA interactions: cooperative binding of isolated subdomains and effects of covalent linkage / J.D. Klemm, C.O. Pabo // *Genes & Dev*. – 1996. – V. 10. – P. 27-36.
126. Komisarek J. The effects of polymorphisms in DGAT1, GH and GHR genes on reproduction and production traits in Jersey cows / J. Komisarek, A. Michalak, A. Walendowska // *Animal Science Papers and Reports*. – V. 29 – 2011. – N. 1. – P. 29–36.
127. Lin-Su, K. Growth Hormone Releasing Hormone (GHRH) and the GHRH Receptor/ K. Lin-Su, M.P. Wajnrajch // *Rev. End. Met. Dis*. – 2002. – P. 313-323.

128. Majeed, R. POU1 transcription factor 1 DNA polymorphism in Nili Ravi buffalo / R. Majeed, A. Nadeem, M.E. Babar, [et al.] // Buffalo Bulletin. –2013. – V. 32. – P. 706-709.
129. Mehmannaavaz, Y. Effects of bovine prolactin gene polymorphism within exon 4 on milk related traits and genetic trends in Iranian Holstein bulls / Y. Mehmannaavaz, C. Amirinia, M. Bonyadi // African Journal of Biotechnology. – 2009. – V. 8 (19). – P. 4797-4801.
130. Munir, S. Identification of Pit 1 gene variants in Sahiwal cattle of Pakistan / S. Munir, A. Nadeem, M. Javed, [et al.] // Pakistan Journal of Zoology. – 2017. – V. 49 (4). P. 1315-1319.
131. Oguzkan, S.B. A Study on the effect of Prolactin gene variants on milk production traits of Holstein cattle / S.B. Oguzkan, A.S. Bozkurt // Russian journal of genetics. – 2019. – V. 55 (4). – P. 480-486.
132. Patel, J.B. Polymorphism of the prolactin gene and its relationship with milk production in gir and kankrej cattle / J.B. Patel, J.B. Chauhan // Journal of natural science, biology and medicine. – 2017. – V. 8. – P. 167-170.
133. Putra, W.P.B. The polymorphism in g.1256G>A of bovine pituitary specific transcription factor-1 (bPIT-1) gene and its association with body weight of Pasundan cattle / W.P.B. Putra, P.P. Agung, S. Said // J. Indonesian Trop. Anim. Agric. – 2019. – V. 44 (1). – P. 19-27.
134. Shah, R.M. Genetic polymorphism of four candidate genes in dairy cattle of Kashmir, India. / R.M. Shah, N.A. Ganai, S. Shanaz, F.D. Sheikh, H. Khan, N.N. Khan, A. Hamadani // The Indian Journal of Animal Sciences. – 2021. – T. 91. – №. 10. – C. 851-855.
135. Sönmez, Z. Holstein İneklerde GH/*AluI* polimorfizmi ile Bazı Süt Verim Özellikleri Arasındaki İlişkiler / Z. Sönmez, M. Özdemir, B. Bayram, V. Aksakal // Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. – 2018. – V. 6 (5). – P. 602-606.

136. Suprovich, T. Gene polymorphism of economically-useful traits in Ukrainian Gray cattle breed / T. Suprovich, N. Mokhnachova // Біологія тварин. – 2017. – V. 19. - № 1. – P. 111-118. [<http://dx.doi.org/10.15407/animbiol19.01.111>].
137. Szewczuk, M. Effect of growth hormone-releasing hormone gene polymorphism (GHRH/HaeIII) on milk performance in polish holstein-friesian cows / M. Szewczuk, S. Zych, R. Chaberski // Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. – 2008. – V. LVI (4). P. 177-182.
138. Thuy N.T. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / Thuy N.T., Cuong N.H., Ty L.V., Nguyen T.T., Khoa D.V. // Russian Journal of Genetics. – 2018. – T. 54. – №3. – C. 346-352
139. Trakovická, A. Genetic Polymorphism of Pit-1 Gene Associated With Milk Production Traits in Holstein Cattle / A. Trakovická, N. Moravčíková, M. Gábor, M. Miluchová. // Acta Agraria Kaposváriensis – 2014 –Vol.18 №1– P. 146-51.
140. Woollard, J. Rapid communication: HinfI polymorphism at the bovine Pit-1 locus / J. Woollard, C.B. Schmitz, A.E. Freeman, C.K. Tuggle // J. of Anim. Sci. – 1994. – V. 72. – P. 3267.