

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**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Новосибирск - 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)

Научный руководитель: **Шайдуллин Радик Рафаилович**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Седых Татьяна Александровна**, доктор биологических наук, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, заместитель директора

Мкртчян Гаянэ Владимировна, доктор биологических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», заведующий кафедрой генетики и разведения животных им. В.Ф. Красоты

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится « 15 » октября 2026 года, в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.025.03, созданного на базе ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел./факс: 8(383)264-29-34, e-mail: dsovet3520253@edubiotech.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Университет биотехнологий и на сайте <http://nsau.edu.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026

Ученый секретарь
диссертационного совета



Маренков Владимир Григорьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (Дунин И.М. 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 (Dunne F.L. et al., 2019).

В России джерсейская порода имеет хорошие 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 (Liang D. et al., 2020; Яковлев А.Ф. и др., 2018; Зиновьева Н.А. и др., 2019; Племяшов К.В. и др., 2019; Прохоренко П.Н. 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 (Зиновьева Н.А. и др., 2015; Михайлова М.Е. и др. 2016; Позовникова М.В. и др., 2017; Смарагдов М.Г., 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 Szewczuk M. et al. (2008), Majeed R. et al. (2013), Hussain D.A. (2016), Konca M.A. et al. (2017), Munir S. et al. (2017), Patel J.B. et al. (2017), Suprovich T. et al. (2017), Kiyici J.M. et al. (2018), Sönmez Z. et al. (2018), Thuy N.T.D. et al. (2018), Zabeel A.K. et al. (2018), Eriani K. et al. (2019), Oguzkan S.B. et al. (2019), Putra W.P.B. et al. (2019), Гайнутдинова Э.Р. и др. (2019), Сафина И.Ю. и др., (2019), Гилемханов и др. (2021), Щеголев П.О. 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 наследования и 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 научные статьи, 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, списка использованной литературы (всего 140 источника, в том числе 36 иностранных).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 МАТЕРИАЛЫ 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, скотники, 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 Калашникову А.П. и др. (2003).

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

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.

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 «У» (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 геле-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)

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).

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 (F_{is}), в популяции по каждому гену-маркеру вычисляли по формуле:

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

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.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. 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%).

Для гена пролактина характерно значительное преобладание аллеля А (0,71) над аллелем В (0,29). Высокая частота генотипа PRL AA (48,3%) может свидетельствовать о его селекционном преимуществе.

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.

Таблица 1 – Распределение аллелей, генотипов и параметры разнообразия стада коров джерсейской породы по генам PRL, PIT1, GH

	Генотипы						Аллели	χ^2	Fis	PIC	
	п	%	п	%	п	%					
PRL											
	AA		AB		BB		A	B	0,48	-0,083	0,329
H	42	48,3	39	44,8	6	6,9	0,71	0,29			
O	44	50,6	36	41,4	7	8,0					
PIT1											
	AA		AB		BB		A	B	3,16	-0,200	0,287
H	7	8,1	25	28,7	55	63,2	0,22	0,78			
O	4	4,6	30	34,5	53	60,9					
GH											
	LL		LV		VV		L	V	0,42	-0,070	0,374
H	23	26,4	46	52,9	18	20,7	0,53	0,47			
O	25	28,7	43	49,4	19	21,9					

Примечание: Н – наблюдаемое; О – ожидаемое; $\chi^2_{крит}(b=0,05) = 3,84$; Fis – коэффициент инбридинга; PIC – мера информативности полиморфизма (0 –

маркер мономорфен, 0,25-0,50 – умеренно информативный маркер, 0,50 и выше – высокоинформативный маркер).

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 умеренно информативен.

В стаде 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%).

Выявлено доминирование аллеля B (0,78) над аллелем A (0,22). Значение критерия χ^2 для гена PIT1 составило 3,16, что все же ниже критического значения (3,84 при $p=0,05$), но близок к нему, что может указывать на начальные стадии нарушения генетического равновесия по данному локусу.

Анализ полиморфизма гена PIT1 показал отрицательный коэффициент инбридинга (F_{is} , 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 G (0,78).

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%).

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 соматотропинового каскада у коров джерсейской породы позволило выявить ряд важных особенностей генетической структуры популяции: для гена PRL характерно преобладание аллеля A и генотипа PRL AA, а для гена PIT1 отмечено доминирование аллеля B и генотипа PIT1 BB. Полиморфизм гена GH характеризуется относительно равномерным распределением аллелей L и V с преобладанием гетерозиготного генотипа GH LV.

В результате генотипирования коров джерсейской породы по локусам генов PRL, PIT1 и GH было идентифицировано 19 различных комплексных генотипов. 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.

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

2.2. Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом локусов генов соматотропного каскада

Анализ показателей молочной продуктивности в зависимости от генотипа PRL выявил определенные закономерности (табл. 2). Удой за 305 дней лактации был наибольшим у коров с генотипом PRL AB (6818 кг), что на 229 кг или 3,5% выше, чем у животных с генотипом AA (6589 кг), однако различия не достоверны.

Количество молочного жира у носителей генотипа PRL AB имело достоверное преимущество (431,6 кг) по сравнению с животными генотипа PRL AA (388,1 кг) на 43,5 кг или 11,2% ($p < 0,05$).

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом PRL-гена

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

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

Содержание и количество белка в молоке была больше у коров с генотипом PRL BB (4,22% и 279,1 кг).

Большие показатели удоя (6903 кг), массовой доли жира (6,40%) и молочного жира (441,8 кг) выявлены у коров с генотипом PIT1 AA, а массовой доли белка (4,09%) и молочного белка (279,6 кг) у животных с генотипом PIT1 AB (табл. 3).

Таблица 3 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом PIT1-гена

Показатель	Генотип PIT1		
	AA	AB	BB
n	7	25	55
Удой, кг	6903±387,9	6836±240,3	6599±141,1
Массовая доля жира, %	6,40±0,36	6,09±0,19	6,09±0,16
Молочный жир, кг	441,8±32,26	416,3±21,10	401,9±14,21

Массовая доля белка, %	3,77±0,16	4,09±0,10	3,88±0,05
Молочный белок, кг	260,2±13,16	279,6±12,87	256,0±5,02

Анализ удоя в зависимости от генотипа GH выявил достоверные различия (табл. 4). Коровы с генотипом GH LL имели наивысший удой (6970 кг), что на 777 кг или 12,5% больше, чем у животных с генотипом GH VV (6193 кг) ($p<0,05$). Носители гетерозиготного генотипа GH LV имели также достоверно большее значение, 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%, LV - 6,10%, VV - 6,05%. Однако по количеству молочного жира наблюдалась та же тенденция, что и по удою: коровы с генотипом GH LL имели наивысший показатель (432,1 кг), что на 57,4 кг или 15,3% больше, чем у животных с генотипом GH VV (374,7 кг).

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

Таблица 4 – Молочная продуктивность коров джерсейской породы с разным генотипом GH-гена

Показатель	Генотип GH		
	LL	LV	VV
п	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

Проведенное исследование позволило установить наличие ассоциации между полиморфизмом генов соматотропного каскада (PRL, PIT1, GH) и показателями молочной продуктивности коров джерсейской породы.

Анализ влияния комплексных генотипов на молочную продуктивность показал, что наивысшие показатели удоя молока за 305 дней лактации были отмечены у коров с комплексным генотипом ABBLV (7230 кг, $p<0,001$) и AAABLV (7225 кг). Достоверно высокий удой также наблюдался у животных с генотипом AAAALV (6958 кг, $p<0,001$). Наименьший удой был характерен для коров с генотипом AABBVV (6097 кг).

По содержанию жира в молоке выявлено наивысшие показатели у коров с генотипом ABBBVV (7,93%, $p<0,001$). Достоверно высокое содержание жира также отмечено у животных с генотипами AAAALV (6,73%, $p<0,05$) и

ABABVV (6,47%, $p<0,05$). Наименьшее содержание жира наблюдалось у коров с генотипом AABBVV (5,50%).

Показатель выхода молочного жира был максимальным у коров с генотипом ABBBVV (499,0 кг, $p<0,05$). Высокие значения данного показателя также наблюдались у животных с генотипами AAAALV (468,3 кг, $p<0,001$), AABVLL (462,8 кг, $p<0,05$), AAABLV (462,4 кг) и ABABVV (457,0 кг, $p<0,05$).

Наивысшее содержание белка в молоке было выявлено у коров с комплексным генотипом ABABVV (4,27%, $p<0,05$). Достоверно высокое содержание белка также отмечено у животных с генотипом ABABLL (4,15%, $p<0,05$).

Показатель выхода молочного белка был максимальным у коров с генотипом ABABVV (301,6 кг), также наблюдались у животных с генотипами ABABLL (291,5 кг) и ABBBLV (281,2 кг, $p<0,001$).

Таким образом, комплексные генотипы ABABVV и ABBBLV, ассоциированные с высокими показателями по нескольким параметрам продуктивности.

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

Было проведено исследования влияния различных генотипов локуса генов соматотропинового каскада на технологические свойства молока (табл. 5).

Термоустойчивость молока у коров с генотипом PRL AA, PIT1 AA, GH LV была выше (табл. 5).

Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом у коров с генотипами PRL AB и PRL BB составил 21,6 и 21,0 минут соответственно, что значительно ниже, чем у коров с генотипом PRL AA соответственно на 3,5 мин и 4,1 мин ($p<0,05$).

Таблица 5 – Технологические свойства молока коров джерсейской породы с разным генотипом

Ген	Генотип	n	Предельная концентрация спирта, вызывающая коагуляцию белков молока, %	Средний класс молока по сычужно-бродильной пробе	Продолжительность свертывания молока сычужным ферментом, мин.
PRL	AA	10	73,4±0,69	1,5±0,17	25,1±1,10
	AB	10	72,8±0,65	1,3±0,15	21,6±1,32*
	BB	6	72,2±0,80	1,3±0,21	21,0±1,71*
PIT1	AA	7	73,7±1,25	1,5±0,21	26,7±3,04
	AB	10	72,6±0,70	1,3±0,15	21,3±1,33
	BB	10	72,8±0,65	1,3±0,15	22,7±1,40
GH	LL	10	72,2±0,79	1,2±0,13	19,7±1,67*
	LV	10	74,7±1,36	1,4±0,16	27,2±2,76
	VV	10	72,9±1,09	1,3±0,15	22,9±1,91

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

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 ($p < 0,05$).

Наиболее быстрое свертывание молока сычужным ферментом наблюдается у коров с генотипом PIT1 AB (21,3 минут), но достоверной разности не выявлено.

Отмечается достоверное ($p < 0,05$) снижение количества жировых шариков при переходе от генотипа PIT1 AA ($7,9 \times 10^9$ мл) к генотипу PIT1 BB ($7,1 \times 10^9$ мл).

У коров с генотипом GH LL время свертывания молока составило 19,7 минут, что значительно ниже, по сравнению с группой LV GH (7,5 мин; $p < 0,05$).

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

У коров с генотипом PRL BB выявлена сильная положительная корреляция между удоем и МДЖ ($r = 0,66$, $p < 0,05$), тогда как у животных с генотипом PRL AB наблюдалась слабая отрицательная корреляция ($r = -0,19$), а у носителей генотипа PRL AA – слабая положительная связь ($r = 0,15$).

Наиболее высокая корреляция между удоем и количеством молочного жира отмечена у животных с генотипом PRL BB ($r = 0,88$, $p < 0,001$) PRL и AA ($r = 0,74$, $p < 0,001$), а у PRL AB составило - $r = 0,53$ ($p < 0,001$).

У животных с генотипами PRL AA и AB выявлена достоверная отрицательная связь ($r = -0,45$ и $r = -0,46$ соответственно, $p < 0,001$).

Корреляция между удоем и количеством молочного жира была сильной и высокодостоверной во всех группах, с максимальным значением во группе PIT1 AB ($r = 0,82$, $p < 0,001$).

Связь между удоем и МДБ у животных с генотипом PIT1 BB наблюдалась достоверная отрицательная корреляция ($r = -0,48$, $p < 0,001$), у носителей генотипа PIT1 AA – также отрицательная, но недостоверная ($r = -0,47$), в то время как у коров с генотипом PIT1 AB эта связь была близка к нулю ($r = -0,02$).

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

По локусу гена гормона роста связь между удоем и МДЖ варьировала от слабой отрицательной ($r = -0,01$) в группе GH LL до слабой положительной ($r = 0,28$) в группе GH LL.

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

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

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

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

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

Дисперсионный анализ показал, что ген PRL оказывает статистически значимое влияние на жировые компоненты молока (табл. 6). Так, сила влияния на массовую долю жира составила 7,7% ($p<0,05$), а на количество молочного жира – 8,0% ($p<0,05$).

Установлен более широкий спектр влияния гена PIT1 на показатели молочной продуктивности коров по сравнению с геном PRL. Обнаружено высокодостоверное 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 ($\eta^2 = 9,7\%$).

Таблица 6 - Результаты дисперсионного анализа влияния генов PRL, PIT1, GH на молочную продуктивность коров

Показатель	F _(фак)			η^2 , %		
	PRL	PIT1	GH	PRL	PIT1	GH
Удой	2,17	5,12	8,47	4,9	10,9**	16,8***
Массовая доля жира	3,52	2,26	1,30	7,7*	5,1	3,0
Молочный жир	3,64	3,87	5,79	8,0*	8,4*	12,1**
Массовая доля белка	2,88	4,53	2,83	6,4	9,7*	6,3
Молочный белок	2,24	5,19	6,86	5,1	11,0**	14,0***

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

Из трех исследованных генов наиболее выраженное влияние на показатели молочной продуктивности коров джерсейской породы оказывает

ген GH. Обнаружено высокодостоверное влияние на удой ($p < 0,001$) с силой влияния 16,8%, также на количество молочного жира ($\eta^2 = 12,1\%$, $p < 0,01$) и молочного белка ($\eta^2 = 14,0\%$, $p < 0,001$). Для гена GH не обнаружено достоверного влияния на массовую долю жира ($F_{\text{фак}} = 3,0$), а для массовой доли белка наблюдалась лишь тенденция к значимости ($F_{\text{фак}} = 6,3$).

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

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

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

Установлена превосходство 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% выше, чем у коров с генотипом AB, и на 15,3% выше, чем у коров с генотипом PIT1 BB.

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. Уровень рентабельности производства молока у коров с генотипом GH LL составил 65,6%, что на 7,9% 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.

Наибольшую рентабельность обеспечивают генотипы PIT1 AA, GH LL и PRL AB.

3. ВЫВОДЫ

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 АА (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 АА. 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 АВВВLV (7230 кг) и АААВLV (7225 кг), наивысшее содержание жира в молоке характерно для генотипов АВВВVV (7,93%), ААААLV (6,73%), а содержание белка у АВАВVV (4,27%) и АВАВLL (4,15%).

3. Наиболее выраженное положительное и достоверное ($p < 0,05-0,001$) влияние на физико-химический состав молока оказывают следующие генотипы PRL ВВ, PIT1 АВ, 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 АВ и ВВ, PIT1 АВ, 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 АА, PIT1 АА и GH LV. Наибольшие размеры и количество жировых шариков наблюдаются у коров с генотипами PRL ВВ, PIT1 АА и GH LL ($p < 0,05$).

4. Наиболее выраженное влияние на вариабельность признаков оказывает ген пролактина. Животные с генотипом PRL ВВ характеризуются достоверно ($p < 0,05$) более высокими коэффициентами вариации по массовой доле белка (23,21%) и молочному белку (41,05%). Гетерозиготные животные PIT1 АВ 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. 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 академии ветеринарной медицины им. НЭ. Баумана. 2024. Т. 257, № 1. С. 91-97.

2. 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.

3. 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.

4. 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. НЭ. Баумана. 2025. Том 264 (4). С. 96-101. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_264_96.

б) Публикации, опубликованные в других изданиях:

1. 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.