

УДК: 636.082.12:636.2.034: 575.162: 619:611.69
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.4.563

РОЛЬ ГЕНА ПРОЛАКТИНА В ФОРМИРОВАНИИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К МАСТИТАМ У КОРОВ КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ

Чаицкая К.Д.* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0003-3282-4779); **Чаицкий А.А.** – канд. биол. наук, препод. каф. частной зоотехнии, разведения и генетики (ORCID 0000-0002-5853-3809); **Королев А.А.** – канд. с.-х. наук, зав. региональным информационно-селекционным центром (ORCID 0000-0003-1561-5449); **Щеголев П.О.** – канд. с.-х. наук, селекционер-зоотехник регионального информационно-селекционного центра (ORCID 0000-0003-3552-8457); **Кочуева Н.А.** – д-р биол. наук, проф. каф. внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-6637-4924); **Дуркина В.А.** – лаборант лаборатории генетики и ДНК технологий (ORCID 0009-0006-8530-6202).

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

* ksenyasabetova@mail.ru

Ключевые слова: ген пролактина, мастит, коровы, молочная железа.

Key words: prolactin gene, mastitis, cows, mammary gland.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00199, <https://rscf.ru/project/24-26-00199/>.

Поступила: 11.08.2025

Принята к публикации: 05.12.2025

Опубликована онлайн: 26.12.2025



РЕФЕРАТ

Основными функциями гормона пролактина у млекопитающих является маммогенез, лактогенез и галактопоэз, что служит основанием для поиска ассоциаций генотипов гена *PRL* с показателями морфофункциональных характеристик молочной железы коров, однако таких данных не представлено в открытых источниках литературы по крупному рогатому скоту. Цель исследования: провести анализ ассоциативных связей гена пролактина с формированием морфофункциональных особенностей молочной железы и предрасположенности к маститам у коров костромской породы. Исследование проводили в 2024-2025 гг. в рамках Гранта РНФ на племенных первотелках костромской породы ($n=81$) Костромской области. У животных проводили оценку морфофункциональных параметров молочной железы, анализ молока на содержание соматических клеток, диагностику мастита и определение генотипа по гену пролактина. В результате исследования установлено, что наибольшую частоту в выборке коров костромской породы имел генотип PRL^{AG} (0,481). Также было обнаружено, что среди коров костромской породы мастит чаще всего регистрировали у особой генотипа PRL^{GG} (в 25% случаев). Однако оценка коров по модели «случай-контроль» не показала наличия достоверной связи генотипа по гену пролактина с фактом развития мастита у животных ($P=0,7112$). При этом носители аллеля PRL^G отличались лучшим развитием некоторых признаков экстерьера, связанных с пригодностью к машинному

досению, в частности, развитием задних долей, формой и выраженностью складки вымени, что указывает на развитие железистой ткани молочной железы. Тем не менее, тенденцией к более высокому удою обладали носители генотипа *AA* – на 12,93%, по сравнению с гетерозиготами, и на 9,05% – в сравнении с коровами генотипа *PRL^{GG}*. Результаты указывают на сложный характер воздействия рассматриваемого локуса на признаки развития молочной железы и необходимость дальнейших исследований с большим количеством животных в выборке и изучаемых генов-маркеров.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Ген пролактина (*PRL*) определяет синтез одноименного гормона, основными функциями которого у млекопитающих является маммогенез, лактогенез и галактопоэз. Активное участие пролактина в этих процессах служит основанием для поиска ассоциаций генотипов гена *PRL* с показателями морфофункциональных характеристик молочной железы коров, однако таких данных не представлено в открытых источниках литературы по крупному рогатому скоту. Ген считается одним из ключевых звеньев в генной сети, составляющей наследственный компонент молочной продуктивности, что дает возможность находить его перспективным геном-кандидатом для оценки молочной продуктивности коров [1]. Поэтому многими учеными описаны именно взаимосвязи гена пролактина с показателями молочной продуктивности коров.

У крупного рогатого скота ген пролактина расположен на хромосоме 23 и тесно сцеплен с генами главного комплекса гистосовместимости. Его размер около 10 kb и он включает 5 экзонов, кодирующих 199 аминокислот, и 4 интрона. Наличие *A* и *G* аллелей гена *PRL* обусловлено *A-G* транзицией в экзоне 3, соответствующей 103 кодону. Аллель *G* обычно встречается чаще, чем *A* [2-9].

По данным анализа литературы существуют противоречивые данные об ассоциации генотипов гена *PRL* с молочной продуктивностью [2-15].

Рядом исследователей показано, что высокий удои, массовую долю жира и выход молочного жира имеют голштинские, голштинизированные чернопестрые, бестужевские, айрширские, холмогорские и симментальские коровы с генотипами *PRL^{AA}* и *PRL^{AG}* [10-15]. Напротив, в работах А.И. Ганджа, Ф.Ф.

Зиннатова с соавторами установлено, что голштинские коровы с генотипом *PRL^{GG}* имели наиболее высокие показатели удоя и молочного жира [3, 16]. Та же тенденция была выявлена и учеными на коровах голштинской популяции белорусской селекции. Особи *PRL^{GG}* превосходили на 5,75% по количеству молока за лактацию, на 2,6% и 4,8% по выходу молочного жира и белка соответственно носителей альтернативного гомозиготного генотипа [3].

Среди коров костромской породы ранее (2024 г.) нами были установлены наиболее высокие показатели молочной продуктивности у особей генотипа *AG* по гену *PRL*. Так, первотелки *PRL^{AG}* по удою на 8,4%, по МДЖ на 3,2%, по МДБ на 0,6% превосходили сверстниц с генотипом *AA* [17].

Большая часть научных работ содержит характеристику частоты генотипов гена пролактина голштинских и голштинизированных коров и сравнительно скудные данные об отечественных породах крупного рогатого скота, при этом опубликовано недостаточно данных об ассоциации генотипа гена пролактина с показателями молочной продуктивности коров, а также отсутствуют сведения об ассоциации полиморфных вариантов данного гена с морфофункциональными характеристиками молочной железы коров разных пород.

Таким образом, изучение роли гена пролактина в формировании морфофункциональных особенностей молочной железы и предрасположенности к маститам у коров обладает достаточной новизной и актуальностью.

Цель исследования: провести анализ ассоциативных связей гена пролактина с формированием морфофункциональных особенностей молочной железы и предрасположенностью к маститам у коров костромской породы.

Таблица 1 – Частота генотипов и аллелей гена *PRL* у крупного рогатого скота костромской породы (литературные данные)

Порода	Частота генотипов			Частота аллелей		Источник данных
	<i>GG</i>	<i>AG</i>	<i>AA</i>	<i>G</i>	<i>A</i>	
Костромская порода	0,496	0,448	0,056	0,720	0,280	Перчун А. В. и др., 2012 [7]
	0,556	0,387	0,056	0,750	0,250	Lazebnaya I.V. et al., 2013 [8]
	0,604	0,375	0,021	0,790	0,210	Сабетова К.Д. и др., 2022 [9]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили в 2024-2025 гг. на племенных коровах-первотелках костромской породы (n=81), из них – АО «Племзавод «Караваево» (n=33), ООО «Агрофирма «Планета» (n=17), ООО «Минское» (n=31).

Данные зоотехнического учета были получены из ИАС «СЕЛЭКС» (ООО «РЦ ПЛИНОР», Россия), ветеринарного учета – из программы по управлению сельскохозяйственными организациями в области животноводства «М-комплекс» (ООО «М-КОМПЛЕКС СОФТ», Россия).

Линейную оценку первотелок проводили с 30 по 120 день лактации, (Приказ Минсельхоза РФ от 1 февраля 2011г. №25 «Об утверждении Правил ведения учета в племенном скотоводстве молочного и молочно-мясного направлений продуктивности». СМПлем Р 10-96. «Правила оценки телосложения дочерей быков производителей молочно-мясных пород», утвержденные Департаментом животноводства и племенного дела Минсельхозпрода России 14.06.1996 г.).

Морфологическую оценку вымени выполняли по методике ВАСХНИЛ (Оценка вымени коров, процесс молокоотдачи и болезни молочной железы в связи с машинным доением: Указ. лит. за 1982-1988 гг. / ВАСХНИЛ, ВНИИТЭИ агропром, Центр. науч. с.-х. б-ка ВАСХНИЛ. – 1990. – 101 с.) форму вымени определяли визуальным методом за 1-1,5 ч до доения. Функциональные свойства вымени оценивали у коров на 2 и 4 месяце лактации при помощи устройства для зоотехнического контроля молока

ММ-04. Продолжительность доения измеряли с помощью секундомера.

Во время контрольных доек проводили отбор средних проб молока объемом 50 мл в промаркированные чистые герметичные контейнеры с консервантом. Количество соматических клеток (СК) (Межгосударственный стандарт ГОСТ 23453-2014 «Молоко сырое. Методы определения соматических клеток». (Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 08 декабря 2014 г. N 1950-ст введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 01 января 2016 г.)).

В молоке на 3 месяце лактации у коров-первотелок определяли на анализаторе молока «СОМАТОС» (ООО ВПК «СибагроПРИБОР», Россия) вискозиметрическим методом и на приборе *Bentley SomaCount FC* («Bentley Instruments Inc.», США) методом лазерной поточной цитометрии.

Уровень соматических клеток, указывающий на заболевание у коров (300-800 тыс. кл/мл – субклинический мастит, 801 тыс. кл/мл и выше – клинический мастит) (Исакова, М. Н. Эффективность использования данных, полученных с электронной системы роботизированного доения, при комплексной диагностике мастита у коров / М. Н. Исакова, М. В. Ряпосова // Ветеринария сегодня. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 119-125. – DOI 10.29326/2304-196X-2023-12-2-119-125. – EDN USZGDF [136].) дополнительно подтверждали диагностикой на мастит.

Диагностика клинического мастита проведена ветеринарным врачом визуально и при помощи методов пальпации и пробного доения на основе характерных

клинических признаков: изменение внешнего вида молочной железы и ее секрета. Диагностика субклинического мастита осуществлялась с помощью экспресс-диагностических тестов с помощью молочно-контрольной пластинки плащечным методом с использованием реактива «Кенотест» («CID LINES», Бельгия).

Для проведения молекулярно-генетических исследований проводили отбор биологического материала у коров. В качестве источника ДНК использовали цельную периферическую кровь. Биоматериал у животных отбирали из хвостовой вены в индивидуальные стерильные промаркированные вакуумные пробирки с антикоагулянтом ЭДТА К2 («IMPROVE», Германия) с соблюдением правил асептики и антисептики. Экстракцию ДНК из биоматериала проводили сорбентным способом с помощью набора

ПРОБА-ГС-ГЕНЕТИКА (ООО «НПО ДНК-технология», Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Образцы ДНК были промаркированы. Условия хранения ДНК: в морозильной камере при температуре -40°C .

В ходе исследований разработана генетическая тест-система для быстрой и чувствительной идентификации методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) однонуклеотидного полиморфизма (*SNP*) гена пролактина (*PRL*) у крупного рогатого скота. Поиск последовательностей выполнен с помощью биоинформационных баз данных *NCBI* и *Ensembl*. Анализ нуклеотидных последовательностей, подбор праймеров и зондов проводили с помощью компьютерной программы *Oligo 6.0* (таблица 2). Праймеры и зонды синтезированы ООО «НПО ДНК-технология» (Россия).

Таблица 2 – Последовательности для генотипирования коров по гену *PRL*

№	Название	Последовательность
1	Ген пролактина (<i>PRL</i>) – <i>rs42646708 (1:g.22916046G>A)</i>	
	<i>PRL - forw</i> (прямой)	<i>CCTTATGAGCTTGATTCTGGGGTTGCTG</i>
	<i>PRL - rev</i> (обратный)	<i>ATATCATCTCCATGCCTTCCAGAAGTCG</i>
	<i>PRL A</i>	<i>CGAGGTACGGGGTATG-FAM</i>
	<i>PRL G</i>	<i>CGAGGTGCGGGGTATG-HEX</i>
	<i>PRL BHQ</i>	<i>BHQ1-AAAGGAGCCCCAGATGCTAT-P</i>

Специфичность тест-систем оценивали биоинформационным методом, сравнивая подобранные последовательности против базы данных *GenBank* и проверяя их на температурную стабильность и температуру отжига с помощью *Oligo 6.0*. Тест-система демонстрировала стабильную воспроизводимость результатов при анализе количества копий ДНК, превышающего порог чувствительности тест-системы.

Контроль качества ДНК проводили с помощью набора реактивов *Lumiprobe* (Россия) на флуориметре *Fluo-200* (*Allsheng*, Китай) по инструкции производителя, а оценку эффективности работы праймеров – методом агарозного гелеэлектрофореза в камере *SE-2* («Хеликон», Россия) с источником питания Эльф-4 (ООО «НПО ДНК-технология», Россия)

по стандартной методике.

Генотипирование крупного рогатого скота по гену пролактина (*PRL*) реализовано с помощью определения его полиморфизма на уровне аллелей методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с детекцией результатов гибридационно-флуоресцентным способом. Для обеспечения специфичности определения *SNP* применяли модифицированные типизирующие зонды с двумя разными флуорофорами и универсальный тугоплавкий зонд с гасителем флуоресценции [18].

Генотипирование образцов ДНК проводили на амплификаторе «ДТпрайм» (ООО «НПО ДНК-технология», Россия) при температуре отжига праймеров 67°C .

В состав смеси для постановки ПЦР (на

1 образец ДНК) входило 5 мкл образца ДНК, 20 мкл ПЦР-смеси, 0,24 мкл 25 мМ дезоксирибонуклеозидтрифосфат (*dNTP*), 10 мкл раствора полимеразы (0,5 мкл *TAQ* полимеразы и 9,5 мкл ПЦР-буфера). В состав ПЦР-смеси входили следующие компоненты: меченные флуоресцентными метками специфические зонды *FAM* и *HEX* по 0,1 мкл, гаситель флуоресценции – зонд *BHQ* – 0,3 мкл, праймер обратный – 0,6 мкл, праймер прямой – 0,1 мкл.

Для проведения полимеразной цепной реакции использовался фермент *TAQ* ДНК полимеразы со стандартным буфером фазовой 5000 е.а. с концентрацией 5000 е.а./мл производства ООО «СибЭнзайм».

В качестве положительного контрольного образца использовали пробу с подтвержденным методом секвенирования генотипом. Отрицательным контрольным образцом являлась проба, полученная при внутреннем контроле в ходе проведения экстракции ДНК, представляющая собой деионизированную воду в элюирующем растворе.

Определение генотипа проводили с помощью анализа кривых плавления.

Частоту генотипов *PRL* рассчитывали по формуле 1:

$$P = \frac{m}{N}, \quad (1)$$

где *P* – частота встречаемости генотипа в группе;

m – количество носителей определенного генотипа,

N – общее число особей.

Частоту аллельных вариантов гена *PRL* вычисляли по формуле 2:

$$p = \frac{2n_{GG} + n_{AG}}{2N} \quad \text{и} \quad q = \frac{2n_{AA} + n_{AG}}{2N}, \quad (2)$$

где *p* – частота встречаемости аллеля *G*,

q – частота встречаемости аллеля *A*,

n_{GG}, *n_{AG}*, *n_{AA}* – число носителей генотипов *GG*, *AG* и *AA* соответственно,

N – общее число животных в группе.

Равномерность распределения аллелей гена и генное равновесие оценивали при помощи уравнения Харди-Вайнберга (3):

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \quad (3)$$

где *p* и *q* – частоты аллелей *G* и *A* соответственно.

Оценку шанса возникновения мастита при наличии того или иного аллельного варианта гена пролактина проводили по модели «случай-контроль» с расчетом показателя отношения шансов (ОШ) по формуле 4:

$$ОШ = \frac{A \times D}{B \times C}, \quad (4)$$

где *A*, *B*, *C*, *D* – левое верхнее, правое верхнее, левое нижнее и правое нижнее поля таблицы соответственно.

Доверительный интервал (ДИ) для ОШ рассчитывали по формуле:

$$ДИ = e^{\ln(ОШ) \pm 1,96 \sqrt{\frac{1}{A} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D}}}, \quad (5)$$

Статистическую обработку результатов исследований выполнили при помощи табличного процессора *Excel*, входящего в пакет офисных программ *Microsoft Office 2019*. Проверка статистических гипотез выполнялась при помощи языка статистического программирования *R* версии 4.3.3 в среде разработки *RStudio* версии 2023.12.1 (*Build 402*). Перед проведением межгрупповых сравнений количественных показателей сформированные выборки проверялись на соответствие нормальному типу распределения путем построения гистограмм по каждой выборке и их визуальной оценке. В спорных случаях дополнительно проводили тестирования выборок методом Шапиро-Уилка при помощи функции *R shapiro.test()*, а также построением графика квартильного распределения вариант *R qqnorm()* и наложением линии, соответствующей нормальному распределению квартилей *R qqline()*.

В результате выявленного несоответствия большинства выборок нормальному типу распределения вариант, для характеристики групп животных применялась медиана с 95%-ными доверительными интервалами, вычисленная при помощи теста Манна-Уитни-Уилкоксона – функция *R wilcox.test(x, conf.int=True)*. Тестирование статистической значимости разности между группами животных проводили также путем расчета *U*-критерия в

парном варианте этого же теста – $wilcox.test(x, y)$ – с последующей корректировкой полученных P -значений методом Бонферрони – функция $R p.adjust(x, method="bonferroni")$. Уровень статистической значимости считался достигнутым при значении $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В результате молекулярно-генетических исследований были получены следующие результаты о частоте генетических вариантов пролактина в стадах костромской породы коров Костромской области (таблица 3).

Установлено, что наиболее часто среди коров костромской породы встречался гетерозиготный генотип PRL^{AG} (0,481), что согласуется с ранее полученными данными по костромской породе [17]. Однако, если рассматривать в разрезе племенных хозяйств, отмечено, что в АО «Племзавод «Караваяево» более чем в по-

ловине случаев регистрировался генотип PRL^{GG} , возможно вследствие направленной селекции. При этом в предприятиях ООО «Минское» и ООО «Агрофирма «Планета» прослеживается общая динамика смещения в сторону гетерозиготности особей по данному гену.

Результаты проверки гипотезы о равномерности распределения аллелей гена PRL согласно закону Харди-Вайнберга при помощи метода «хи-квадрат» в изученных группах коров костромской породы не позволила принять альтернативную гипотезу ($P=0,97404$), что говорит об отсутствии значимого различия между наблюдаемыми и теоретически ожидаемыми частотами генотипов и, следовательно, о свободном распространении аллелей PRL в этих группах.

Согласно данным таблицы 4, наиболее частым в популяциях костромской породы коров Костромской области является аллель G гена пролактина.

Таблица 3 – Частота генотипов гена PRL у коров костромской породы

Предприятие / порода	N, голов	Частота генотипов гена пролактина								
		GG			AG			AA		
		n	доли	%	n	доли	%	n	доли	%
АО «Племзавод «Караваяево»	33	18	0,545	54,545	10	0,303	30,303	5	0,152	15,152
ООО «Минское»	31	8	0,258	25,806	19	0,613	61,290	4	0,129	12,903
ООО Агрофирма «Планета»	17	5	0,294	29,412	10	0,588	58,824	2	0,118	11,765
Костромская порода	81	31	0,383	38,272	39	0,481	48,148	11	0,136	13,580

Таблица 4 – Частота аллелей гена PRL у коров костромской породы

Предприятие / порода	N, голов	Частота аллелей гена пролактина			
		G		A	
		доли	%	доли	%
АО «Племзавод «Караваяево»	33	0,697	69,697	0,303	30,303
ООО «Минское»	31	0,565	56,452	0,435	43,548
ООО «Агрофирма «Планета»	17	0,588	58,824	0,412	41,176
Костромская порода	81	0,623	62,346	0,377	37,654

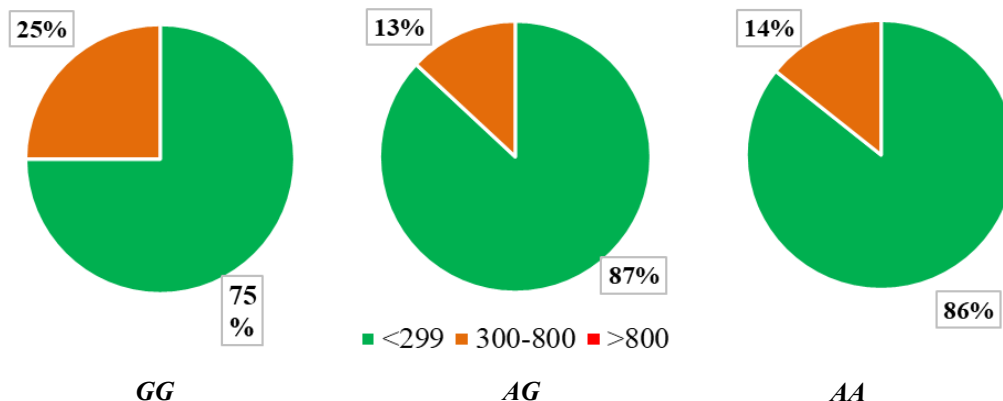


Рисунок 1 – Уровень соматических клеток в молоке коров костромской породы разных генотипов гена PRL.

Таблица 5 – Модель «случай-контроль» для оценки шанса возникновения мастита у коров костромской породы

Группа животных	Аллель PRL		Всего	Отношение шансов
	G	A		
АО «Племзавод «Каравасво»				
Субклинический мастит	15,00	5,00	46,00	3,00
Здоровые	31,00	15,00	46,00	2,066666667
Всего	46,00	20,00	92,00	1,451612903
в целом по костромской породе				
Субклинический мастит	15,00	5,00	20,00	3,00
Здоровые	56,00	32,00	88,00	1,75
Всего	71,00	37,00	108,00	1,714286

В результате определения количества соматических клеток в молоке коров костромской породы установлено, что субклинический мастит чаще всего регистрировали у особей GG-генотипа гена пролактина (рисунок 1).

Такое распределение позволяет предположить, что аллель A может быть ассоциирован с устойчивостью молочной железы коров к воспалительным процессам, в то время как гомозиготный генотип GG связан с риском повышения уровня соматических клеток в молоке коров.

В то же время при оценке распределения носителей аллелей PRL изучаемой популяции костромской породы в зависимости от проявления субклинического мастита по модели «случай-контроль» достоверного влияния аллеля G на вос-

приимчивость к возникновению маститов у коров нами не было выявлено (таблица 5).

Несмотря на то, что шанс встретить носителя аллеля G в группе коров с субклиническим маститом в АО «Племзавод Каравасво» в 1,45 раза выше, чем носителя аллеля A в этой же группе (ДИ 0,40-6,06), тест Фишера показал невозможность принять альтернативную гипотезу о равенстве отношений шансов ($P=0,7112$). То же самое можно сказать про объединенную выборку коров костромской породы, где шанс встретить носителя аллеля G среди животных с маститом был в 1,71 раза выше, чем у носителей аллеля A (ДИ 0,52-6,57).

Для оценки морфологических характеристик молочной железы была проведе-

на линейная оценка коров разных генотипов по гену PRL (таблица 6).

По результатам линейной оценки вымени первотелок костромской породы достоверных различий между животными разных генотипов по локусу PRL не было установлено. При этом наблюдалась тенденция к более высоким медианным оценкам ширины задних долей и борозды вымени у особей генотипа PRL^{GG}, тогда как по длине передних долей, передних и задних сосков и общей оценке вымени

выделяются носительницы генотипа PRL^{AA}. Развитие задних долей вымени, по некоторым данным, может указывать на высокие показатели молочной продуктивности [19].

При оценке морфологических параметров молочной железы коров важное значение имеет форма вымени. Наиболее предпочтительными для машинного доения являются ваннообразная и чашеобразная [19].

Таблица 6 – Линейная оценка вымени коров костромской породы в разрезе генотипов гена PRL

Показатели	Оптимальное значение ¹	Генотипы гена пролактина		
		GG	AG	AA
<i>n</i>	-	31	39	11
Прикрепление передних долей	8	5,0 (5,0...6,0)	5,0 (5,0...5,0)	5,0 (4,5...5,0)
Длина передних долей	9	5,5 (5,0...6,0)	5,0 (5,0...5,5)	6,0 (5,0...6,5)
Высота прикрепления задних долей	9	5,5 (5,0...6,0)	5,5 (5,0...5,5)	5,5 (4,5...6,5)
Ширина задних долей	9	6,5 (6,0...7,0)	5,5 (5,0...6,0)	6,0 (5,5...7,0)
Борозда вымени	9	7,5 (6,5...8,0)	7,0 (6,5...8,0)	6,0 (4,5...7,5)
Положение дна вымени	6	5,0 (5,0...5,5)	5,0 (5,0...5,5)	5,0 (5,0...5,5)
Расположение передних сосков	5	5,0 (5,0...5,0)	5,0 (5,0...5,0)	5,0 (5,0...5,0)
Расположение задних сосков	5	5,0 (5,0...5,0)	5,0 (5,0...5,0)	5,0 (5,0...5,5)
Длина передних сосков	5	5,5 (5,0...5,7)	5,2 (4,9...5,5)	5,6 (4,2...6,5)
Длина задних сосков	5	3,7 (3,2...4,0)	3,7 (3,5...4,2)	4,2 (3,2...5,5)
Общий вид вымени	100	80,9 (80,0...81,5)	80,1 (79,5...80,7)	81,4 (79,7...82,9)

Примечание: ¹ – СНПплем Р 10-96. «Правила оценки телосложения дочерей быков производителей молочно-мясных пород», утвержденные Департаментом животноводства и племенного дела Минсельхозпрода России 14.06.1996 г.

Было установлено, что в выборке коров костромской породы преимущественно регистрировали чашеобразную форму вымени вне зависимости от генотипа животного (64-70%), что возможно указывает на ведение направленной селекционной работы на улучшение морфологических признаков молочной железы коров (см. рисунок 2). При этом было отмечено, что вымя ваннообразной формы наиболее

часто встречалось у коров GG-генотипа гена пролактина. В то же время, округлая форма молочной железы, обладающая меньшей вместимостью и склонностью к отвисанию из-за слабости связочного аппарата, была характерна для особей с аллелем А в генотипе по гену пролактина, и наиболее часто регистрировалась у гетерозиготного генотипа.

В таблице 7 наблюдаются общеиз-

вестные тенденции, что чем выше суточный удой у коровы, тем дольше времени требуется на полное опорожнение вымени и тем меньше скорость молокоотдачи. В целом, скорость молокоотдачи соответ-

ствовала оптимальным значениям, в соответствии с правилами бонитировки для животных вне зависимости от генотипа животных [19].

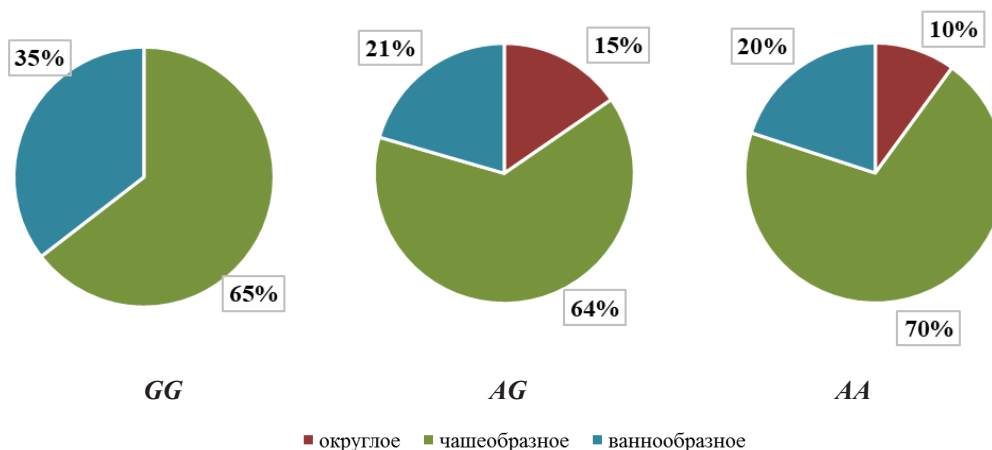


Рисунок 2 – Распределение исследуемых коров костромской породы разных генотипов гена PRL по форме вымени.

Таблица 7 – Функциональные свойства вымени коров костромской породы разных генотипов гена PRL

Порода / хозяйство	Показатель	Генотипы гена пролактина		
		GG	AG	AA
Костромская порода	<i>n</i>	31	39	11
	суточный удой, кг	24,20 (22,50... 26,50)	25,85 (23,85... 27,30)	28,14 (24,99... 29,00)
	продолжительность доения, мин	11,24* (10,40... 12,25)	11,55 (11,99... 12,50)	13,50 (12,05... 13,00)
	скорость молокоотдачи, кг/мин	2,16 (2,08... 2,22)	2,13 (2,05... 2,23)	2,08 (1,93... 2,18)

Примечание: Достоверность различий указана в сравнении с генотипом AA гена PRL (*- $P \leq 0,05$).

В ходе анализа данных обнаружилась тенденция к более высокому суточному удою коров генотипа PRL^{AA} по сравнению со сверстницами PRL^{GG} и PRL^{AG} генотипов на 14% и 8,1% соответственно. У этих животных продолжительность доения оказалась значимо больше по сравнению с гомозиготными сверстницами PRL^{GG} (на 16,7%, $P=0,04275$), однако раз-

ница по этому параметру с гетерозиготами PRL^{AG} в размере 14,4% не достигла порога статистической значимости ($P=0,07623$). При этом существенных различий функциональных характеристик молочной железы у первотелок GG- и AG-генотипа не установлено (см. таблицу 7).

В результате анализа показателей молочной продуктивности первотелок ко-

стромской породы разных генотипов гена *PRL* установлено, что тенденция к более высокому уровню молочной продуктивности регистрировалась у носителей генотипа *AA* гена пролактина – 7855,2 (6931,5...9035,0) кг, что было выше на 12,93%, чем у гетерозигот, и на 9,05%, чем у особей альтернативного гомозиготного генотипа (таблица 8).

Различия по качественным показателям молока (МДЖ и МДБ) у животных данной выборки также не достигали уровня статистической значимости, однако отмечали тенденцию к большим значениям у гетерозиготных особей (см. таблицу 8), что соответствовало предыдущим данным [17].

Таблица 8 – Молочная продуктивность первотелок костромской породы разных генотипов гена *PRL*

Порода	Показатель	Генотипы гена пролактина		
		<i>GG</i>	<i>AG</i>	<i>AA</i>
Костромская порода	<i>n</i>	31	37	11
	удой, кг	7144,5 (6476,5...7797,0)	6839,5 (6311,5...7348,0)	7855,2 (6931,5...9035,0)
	жир, %	4,13 (4,01...4,25)	4,21 (4,11...4,36)	4,05 (3,91...4,33)
	белок, %	3,56 (3,47...3,65)	3,55 (3,47...3,66)	3,58 (3,41...3,72)

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, в результате исследований установлено, что наибольшую частоту в выборке коров костромской породы имел гетерозиготный генотип *PRL^{AG}* (0,481).

Также было обнаружено, что среди коров костромской породы мастит чаще всего регистрировали у особей генотипа *PRL^{GG}* (в 25% случаев). Однако оценка коров костромской породы по модели «случай-контроль» не показала наличия достоверной связи генотипа по гену пролактина с фактом развития мастита у животных ($P=0,71123$).

По результатам линейной оценки вымени первотелок костромской породы было установлено, что у особей генотипа *PRL^{GG}* имелась тенденция к лучшей оценке развития задних долей и железистой ткани вымени, а у животных с генотипом *PRL^{AA}* – развития передних долей, длины сосков и общей оценки вымени. При этом преимущественно (64-70%) регистрировали чащеобразную форму вымени вне зависимости от генотипа животного, что возможно указывает на ведение направленной селекционной работы на улучшение морфологических признаков молочной железы коров. Вымя ваннообразной формы наиболее часто встречалось у коров *GG*-генотипа гена пролактина.

В результате оценки функциональных свойств вымени установлено, что у носителей генотипа *PRL^{AA}* продолжительность доения была выше на 16,7% по сравнению со сверстницами *PRL^{GG}* ($P=0,04275$), незначимо превышая аналогичный показатель гетерозигот *PRL^{AG}*. Однако полиморфизм гена *PRL* не оказал значимого влияния на скорость молокоотдачи, суточный удой и показатели молочной продуктивности (удой, содержание жира и белка) за 305 дней лактации.

Таким образом, носители аллеля *G* гена пролактина значимо отличались более продолжительным временем доения и тенденцией к лучшему развитию задних долей и железистой ткани вымени. Тем не менее, тенденцию к более высокому удою, развитию передних долей вымени и сосков показывали носители аллеля *A*.

Возможно улучшение морфологических параметров вымени коров для машинного доения с помощью традиционных методов селекции могло способствовать большему появлению количества соматических клеток в молоке из-за интенсивного ее развития. При этом у таких коров удой может быть несколько ниже, чем у неотсеleccionированных, из-за сочетания генетических и других факторов (условий содержания и кормления). Все вышесказанное указывает на слож-

ный характер воздействия рассматриваемого локуса на признаки развития молочной железы и говорит о необходимости дальнейших исследований с большим количеством животных в выборке и изучаемых генов-маркеров.

THE ROLE OF THE PROLACTIN GENE IN THE FORMATION OF MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE MAMMARY GLAND AND PREDISPOSITION TO MASTITIS IN COWS OF THE KOSTROMA BREED

Chaickaya K.D.* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0003-3282-4779), **Chaitskiy A.A.** – Candidate of Biological Sciences, Lecturer at the Department of Private Animal Science, Breeding and Genetics (ORCID 0000-0002-5853-3809), **Korolev A.A.** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Regional Information and Breeding Center (ORCID 0000-0003-1561-5449), **Schiogolev P.O.** – Candidate of Agricultural Sciences, Livestock Breeder of the Regional Information and Breeding Center (ORCID 0000-0003-3552-8457), **Kochueva N.A.** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0002-6637-4924), **Durkina V.A.** – Laboratory assistant at the Laboratory of Genetics and DNA Technologies (ORCID 0009-0006-8530-6202).

FSBEI HE Kostroma SAA

* kseniyasabetova@mail.ru

Financing: The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-26-00199, <https://rscf.ru/project/24-26-00199/>.

ABSTRACT

The main functions of the prolactin hormone in mammals are mammogenesis, lactogenesis and galactopoiesis, which serves as the basis for searching for associations of the

PRL gene genotypes with the parameters of the morphofunctional characteristics of the mammary gland of cows, but such data are not presented in open sources of literature on cattle. The aim of the study: to analyze the associative links of the prolactin gene with the formation of morphofunctional features of the mammary gland and predisposition to mastitis in Kostroma cows. The study was conducted in 2024-2025 within the framework of the RSF Grant on breeding first-calf heifers of the Kostroma breed (n = 81) in the Kostroma region. The animals were assessed for morphofunctional parameters of the mammary gland, milk was analyzed for somatic cell content, mastitis was diagnosed and the genotype was determined by the prolactin gene. The study found that the *PRL^{AG}* genotype (0.481) had the highest frequency in the sample of Kostroma cows. It was also found that among the Kostroma cows, mastitis was most often recorded in individuals with the *PRL^{GG}* genotype (in 25% of cases). However, the assessment of cows using the case-control model did not show a reliable association between the prolactin gene genotype and the fact of mastitis development in animals ($P=0.7112$). At the same time, the carriers of the *PRL^G* allele were distinguished by the better development of some exterior features related to suitability for machine milking, in particular, the development of the posterior lobes, the shape and severity of the udder fold, which indicates the development of glandular breast tissue. Nevertheless, carriers of the *AA* genotype tended to have a higher milk yield – by 12.93% compared to heterozygotes, and by 9.05% compared to cows of the *PRL^{GG}* genotype. The results indicate a complex nature of the effect of the locus in question on the signs of mammary gland development and the need for further research with a larger number of animals in the sample and the studied marker genes.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вишневец, А.В. Использование молекулярно-генетического маркера пролактина (PRL-RsaI) в селекции быков-производителей РУП «Витебское племя-предприятие» / А.В. Вишневец, Р.В. Бе-

- киш, В.К. Смунова, Т.Г. Юзefович // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2012. – Т. 48. – № 2-2. – С. 29-32.
2. Сафина, Н.Ю. Влияние полиморфизма гена пролактин (PRL) на молочную продуктивность коров-первотелок / Н.Ю. Сафина, Ф.Ф. Зиннатова, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Материалы IX Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 12–14 декабря 2019 года. – Владикавказ: Веста, 2019. – С. 225-228. – EDN OZSTLU.
3. Ганджа, А.И. Ассоциация полиморфизма гена пролактина с показателями молочной продуктивности коров голштинской популяции белорусской селекции / А.И. Ганджа, Н.В. Журина, О.П. Курак [и др.] // Научное обеспечение животноводства Сибири : материалы III международной научно-практической конференции, Красноярск, 16–17 мая 2019 года. – Красноярск: Красноярский научно-исследовательский институт животноводства - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук", 2019. – С. 105-108. – EDN ВПВАУ.
4. Ахметова, А.Н. Генетическая структура крупного рогатого скота голштинской породы в Кабардино-Балкарии по генам PRL и GH / А.Н. Ахметова, Д.В. Халишхова, З.И. Боготова, А.Х. Кучменов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 4(96). – С. 26-33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
5. Михалюк, А.Н. Оценка генетической структуры коров красной белорусской породной группы, белорусской чернопестрой породы и голштинской породы молочного скота отечественной селекции по генам диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) // Сельское хозяй-
- ство - проблемы и перспективы : Сборник научных трудов. Том 56. – Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2022. – С. 140-150.
6. Чевтаева, Н.Д. Изучение ассоциации гена гормона пролактина (PRL) с молочной продуктивностью коров голштинской породы / Н.Д. Чевтаева, Ф.Ф. Зиннатова, И.Т. Бикчантаев // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 4. – С. 94-98. – DOI 10.28983/asj.y2024i4pp94-98. – EDN BMGFMW.
7. Перчун, А.В. Полиморфизм генов CSN3, bPRL и bGH 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.
8. Lazebnaya, I.V. Use of the Bovine Prolactin Gene (bPRL) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal Russian breeds of Bos Taurus / I.V. Lazebnaya, O.E. Lazebny, S.R. Khatami, G.E. Sulimova // Prolactin, Edited by Gyorgy M. Nagy and Bela E. Toth. Rijeka: INTECH. – 2013. – P. 35- 52.
9. Сабетова, К.Д. Анализ частоты встречаемости разных генотипов гена пролактина у коров костромской породы / К.Д. Сабетова, А.А. Чаицкий, П.О. Щеголев // Повышение производства продукции животноводства на современном этапе : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию кафедры частного животноводства, Витебск, 02–04 ноября 2022 года. – Витебск: Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины", 2022. – С. 70-73.
10. 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.
11. Погорельский, И.А. Полиморфизм генов бета-лактоглобулина, гормона роста и пролактина и влияние их генотипов на молочную продуктивность коров /

- И.А. Погорельский, Г.Н. Сердюк, М.В. Позовникова // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 6. – С. 9-13.
12. 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.
13. Тюлькин, С.В. Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей / С.В. Тюлькин, Т.М. Ахметов, Э.Ф. Валиуллина, Р.Р. Вафин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 4-2. – С. 1008-1012.
14. Багаль, И.Е. Полиморфизм генов молочных белков и гормонов у коров высшей селекционной группы холмогорской породы : диссертация ... кандидата биологических наук : 06.02.07 / Багаль Ирина Евгеньевна; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т племенного дела]. - Лесные Поляны, 2017. - 152 с. : ил.
15. Михалюк, А.Н. Влияние генов пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) на показатели молочной продуктивности коров высокоголландизированной белорусской черно-пестрой породы / А.Н. Михалюк, Л.А. Танана, О.А. Епишко // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2021. – Т. 57, № 2. – С. 122-127. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-2-122-127. – EDN JJSVMU.
16. Зиннатов, Ф.Ф. Выявление полиморфизма гена пролактина (PRL) у лактирующих коров / Ф.Ф. Зиннатов, И.И. Шаронова, Ф.Ф. Зиннатова, Д.Д. Хайруллин // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: Материалы международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – С. 149-150.
17. Лемякин, А.Д. Молочная продуктивность коров костромской породы комплексных генотипов GH/PRL / А.Д. Лемякин, Л.С. Баданина, К.Д. Чаицкая [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2024. – № 3 (108). – С. 60-66. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2024.3.60. – EDN MMBANW.
18. Сабетова, К.Д. Роль полиморфизма LEP R25C в предрасположенности коров к кетозу / К. Д. Сабетова, А. Д. Лемякин, А. А. Чаицкий [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 1. – С. 415-426. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.415. – EDN MWZUDC.
19. Самусенко, Л.Д. Скотоводство. Практикум : учебное пособие / Л.Д. Самусенко, А.В. Мамаев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-5636-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146792>.

REFERENCES

1. Vishnevets, A. V. The use of the molecular genetic marker prolactin (PRL-rsai) in the breeding of bulls of the Vitebsk Plant Enterprise / A.V. Vishnevets, R. V. Bekish, V. K. Smuneva, T. G. Yuzefovich // Scientific notes of the Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. – 2012. – Vol. 48. – No. 2-2. - P. 29-32. (In Russ.)
2. Safina, N.Y. Influence of prolactin gene polymorphism (PRL) on dairy productivity of orphaned cows / N. Y. Safina, F. F. Zinatova, E. R. Gainutdinova, S. K. Shakirov // Young scientists in solving urgent problems of science : Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference, Vladikavkaz, December 12-14, 2019. - Vladikavkaz: Vesta, 2019. - P. 225-228. – EDN OZSTLU. (In Russ.)
3. Ganzha, A. I. Association of prolactin gene polymorphism with indicators of dairy productivity of cows of the Holstein population of Belarusian breeding / A. I. Ganzha, N.V. Zhurina, O. P. Kurak [et al.] // Scientific support of animal husbandry in Siberia : proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, May 16-17, 2019. -Krasnoyarsk: Krasnoyarsk

- Scientific Research Institute of Animal Husbandry is a separate division of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 2019. - P. 105-108. - EDN BIIBAV. (In Russ.)
4. Akhmetova, A.N. Genetic structure of Holstein cattle in Kabardino-Balkaria by PRL and GH genes / A.N. Akhmetova, D. V. Khalishkhova, Z. I. Bogotova, A. C. Kuchmenov // Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2020. – No. 4(96). - P. 26-33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33. (In Russ.)
5. Mikhalyuk, A. N. Evaluation of the genetic structure of cows of the red Belarusian breed group, the Belarusian black-and-white breed and the Holstein breed of domestic dairy cattle by genes of diacylglycerol O-acyltransferase 1 (DGAT1), somatotropin (GH), prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG) // Rural agriculture - problems and prospects : A collection of scientific papers. Vol. 56. - Grodno : Grodno State Agrarian University, 2022. - P. 140-150. (In Russ.)
6. Chevtaeva, N. D. The study of the association of the prolactin hormone (PRL) gene with the milk productivity of Holstein cows / N.D. Chevtaeva, F.F. Zinnatov, I.T. Bikhantaev // Agrarian Scientific Journal. – 2024. – No. 4. - P. 94-98. – DOI 10.28983/asj.y2024i4pp94-98. – EDN BMGFMW. (In Russ.)
7. Perchun, A. V. Polymorphism of *csn3*, *bprl* and *BGH* genes in Kostroma cows in connection with milk productivity / A.V. Perchun, I. V. Lazebnaya, S.G. Belokurov, M. N. Ruzina, G.E. Sulimova // Fundamental research. – 2012. – No. 11-2. - P. 304-308. (In Russ.)
8. Lazebnaya, I.V. Use of the Bovine Prolactin Gene (*bPRL*) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal Russian breeds of *Bos Taurus* / I.V. Lazebnaya, O.E. Lazebny, S.R. Khatami, G.E. Sulimova // Prolactin, Edited by Gyorgy M. Nagy and Bela E. Toth. Rijeka: INTECH. – 2013. – P. 35- 52. (In Eng.)
9. Sabetova, K. D. According to J. Analysis of the frequency of occurrence of different genotypes of the prolactin gene in cows of the Kostroma breed / K.D. Sabetova, A.A. Chaitsky, P. O. Shchegolev // Increasing livestock production at the present stage : a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Department of Private Animal Husbandry, Vitebsk, November 02-04, 2022. Vitebsk: Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor, State Academy of Veterinary Medicine, 2022, pp. 70-73. (In Russ.)
10. Tarasova, E. I. Marker genes of productive characteristics of dairy cattle (review) / E. I. Tarasova, S. V. Notova // Animal husbandry and feed production. – 2020. - Vol. 103. – No. 3. - P 58-80. (In Russ.)
11. Pogorelsky, I. A. Polymorphism of beta-lactoglobulin, growth hormone and prolactin genes and the effect of their genotypes on dairy productivity of cows / I. A. Pogorelsky, G.N. Serdyuk, M. V. Pozovnikova // Dairy and beef cattle breeding. – 2014. – No. 6. - P. 9-13. (In Russ.)
12. Dolmatova, I. Yu. The relationship of polymorphic genes of prolactin and somatotropin in cattle with dairy productivity / I. Yu. Dolmatova, I. N. Ganieva, T. V. Kononenko, F. R. Valitov // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. – 2020. – No. 1 (53). - P. 70-78. (In Russ.)
13. Tyulkin, S. V. Polymorphism by genes of somatotropin, prolactin, leptin, thyroglobulin bulls / S. V. Tyulkin, T.M. Akhmetov, E. F. Valiullina, R. R. Wafin // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. – 2012. - Vol. 16. – No. 4-2. - P. 1008-1012.
14. Bagal, I. E. Polymorphism of genes of milk proteins and hormones in cows of the highest breeding group of the Kholmogorsky breed : dissertation... Candidate of Biological Sciences: 02/06/07 / Bagal Irina Evgenievna; [place of defense: All-Russian Scientific- research. institute of Breeding]. - Lesnye Polyany, 2017. 152 p. ill. : ill. (In Russ.)
15. Mikhalyuk, A. N. The influence of pro-

- lactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG) genes on the milk productivity of cows of the highly holstein Belarusian black-and-white breed / A. N. Mikhalyuk, L. A. Tana-na, O. A. Epishko // Scientific notes of the Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. – 2021. - Vol. 57, No. 2. - P. 122-127. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-2-122-127. – EDN JJSVMU. (In Russ.)
16. Zinnatov, F. F. Identification of prolactin gene polymorphism (PRL) in lactating cows / F. F. Zinnatov, I. I. Sharonova, F. F. Zinnatova, D. D. Khairullin // Knowledge of the young for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country: Proceedings of the international scientific conference of students, postgraduates and young scientists, St. Petersburg, November 19-20, 2020. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020, pp. 149-150. (In Russ.)
17. Lemyakin, A. D. According to J. Dairy productivity of Kostroma breed cows of complex genotypes GH / PRL / A. D. Lemyakin, L. S/ Badanina, K. D. Chaickaya [et al.] // Bulletin of Agrarian Science. – 2024. – №3(108). - P. 60-66. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2024.3.60. – EDN MMBANW. (In Russ.)
18. Sabetova, K. D. The role of LEP R25C polymorphism in the predisposition of cows to ketosis / K. D. Sabetova, A. D. Lemyakin, A. A. Chaitsky [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2024. - No. 1. - P. 415-426. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.415. - EDN MWZUDC.
19. Samusenko, L. N. According to J. Cattle breeding. Practicum: a textbook / L. D. Samusenko, A. V. Mamaeva. -Saint Petersburg : Lan, 2020. - 240 p. ill. — ISBN 978-5-8114-5636-9. -Text : electronic // Lan : electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146792>. (In Russ.)