

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ЭКОНОМИКА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 637.128:591.11

doi:10.33284/26583135-108-4-184

**Взаимосвязь показателей состава молока, биохимических и гематологических параметров
крови коров красной горбатовской породы**

Мария Владимировна Левченко¹, Галина Геннадьевна Карликова²,
Галина Константиновна Петрякова³, Ирина Алексеевна Лашнева⁴

^{1,2,3,4}Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, Россия

¹marikornelaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6694>

²karlikovagalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>

³pgk-04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

⁴lashnevair@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ взаимосвязей между компонентным составом молока, биохимическими и гематологическими параметрами крови у коров красной горбатовской породы генофондного стада Нижегородской области. Для изучения корреляционных связей использовалась выборка животных в количестве 184 гол. Анализ технологических свойств молока проводился в весенний период на ограниченной выборке 49 гол. Установлено, что в молоке преобладают насыщенные жирные кислоты (до 58 %) с максимальной долей пальмитиновой кислоты (C16:0). Среди ненасыщенных кислот доминирует олеиновая (C18:1). Доля пригодного молока для переработки согласно алкогольной и сычужно-бродильной пробе составляла 41,2 и 30,6 %. Выявлены значимые корреляции: между ацетоном в молоке и активностью АСТ ($r=0,44$) и уровнем билирубина ($r=0,64$) в крови, что свидетельствует о взаимосвязи метаболических процессов. Между содержанием лактозы и общего холестерина ($r=0,33$) была установлена взаимосвязь, отражающая углеводный и липидный обмены. Отрицательная корреляция между количеством соматических клеток и магнием ($r=-0,33$) подтверждает регуляторную роль последнего в иммунной функции. Изучение технологических свойств молока показало, что выход сычужного сгустка был положительно связан с массовой долей жира ($r=0,51$), белка ($r=0,63$) и казеина ($r=0,63$). С биомаркерами крови данный показатель коррелировал в наибольшей степени с концентрацией глюкозы ($r=0,23$), хлоридами ($r=0,32$) и количеством эритроцитов ($r=0,24$). Полученные данные демонстрируют тесные физиолого-биохимические взаимосвязи, которые могут быть использованы для мониторинга здоровья животных и селекции по технологическим свойствам молока.

Ключевые слова: молочное скотоводство, красная горбатовская порода, биохимические и гематологические показатели крови, компонентный состав молока, технологические свойства молока

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-46-10002.

Для цитирования: Взаимосвязь показателей состава молока, биохимических параметров крови коров красной горбатовской породы / М.В. Левченко, Г.Г. Карликова, Г.К. Петрякова, И.А. Лашнева // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 184-201. [Levchenko MV, Karlikova GG, Petryakova GK, Lashneva IA. Milk compositional traits and their association with biochemical and hematological biomarkers in Red Gorbato cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):184-201. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-184>

**Milk compositional traits and their association with biochemical and hematological biomarkers
in Red Gorbatov cows**

Maria V Levchenko¹, Galina G Karlikova², Galina K Petryakova³, Irina A Lashneva⁴

^{1,2,3,4}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst,
Dubrovitsy, Russia

¹marikornelaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6694>

²karlikovagalina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>

³pgk-04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

⁴lashnevair@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the associations between milk component composition and the biochemical and hematological blood parameters in Red Gorbatov cows from a gene pool herd in the Nizhny Novgorod region. To study the correlations, a sample of 184 animals was used. The analysis of the milk's technological properties was conducted in the spring using a limited sample of 49 animals. The results showed that saturated fatty acids are predominant in the milk (up to 58%), with palmitic acid (C16:0) having the maximum proportion. Among the unsaturated acids, oleic acid (C18:1) dominates. The proportion of milk suitable for processing according to the alcohol and rennet-fermentation tests was 41,2 and 30.6%. Significant correlations were revealed: between acetone in milk and AST activity ($r=0,44$) and bilirubin level ($r=0,64$) in the blood, which indicates the relationship between metabolic processes; between the content of lactose and total cholesterol ($r=0,33$), reflecting the relationship between carbohydrate and lipid metabolism. The negative correlation between the number of somatic cells and magnesium ($r=-0,33$) confirms the regulatory role of the latter in the immune function. A study of the technological properties of milk showed that the yield of rennet is positively associated with the mass fraction of fat ($r=0,51$), protein ($r=0,63$) and casein ($r=0,63$). With regard to blood biomarkers, this indicator correlated to the greatest extent with the concentration of glucose ($r=0,23$), chlorides ($r=0,32$) and the number of erythrocytes ($r=0,24$). The obtained data demonstrate close physiological and biochemical relationships that can be used for monitoring animal health and selection for the technological properties of milk.

Keywords: dairy cattle breeding, Red Gorbatov breed, biochemical and hematological blood parameters, milk composition, technological properties of milk

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 23-46-10002.

For citation: Levchenko MV, Karlikova GG, Petryakova GK, Lashneva IA. Milk compositional traits and their association with biochemical and hematological biomarkers in Red Gorbatov cows. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(4):184-201. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-184>

Введение.

Изучение взаимосвязей между показателями состава молока и биохимическими параметрами крови коров является важнейшим направлением современной зоотехнии и молочного скотоводства, поскольку эти показатели отражают физиологическое состояние, метаболизм и продуктивность животных. Биохимические показатели крови служат чувствительными индикаторами физиологического баланса, здоровья и адаптивных возможностей коров, в то время как состав молока – ключевым биологическим и экономическим параметром, характеризующим качество и питательную ценность продукции (Карликова Г.Г. и др., 2023). Контроль и анализ этих показателей может стать эффективным инструментом в сохранении и воспроизводстве генофонда редких и исчезающих пород крупного рогатого скота, обеспечивая своевременную оценку здоровья и продуктивности животных и направляя селекционные программы на поддержание их генетического разнообразия (Бабенков В.Ю. и др., 2023). Актуальность таких исследований подтверждается изучением се-

лекционно-генетических параметров молочной продуктивности коров красной горбатовской породы разных генотипов, что позволяет учитывать генетические особенности при оптимизации селекционной работы и повышении продуктивности (Нарышкина Е.Н. и др., 2025).

В ряде современных исследований, посвященных преимущественно голштинской породе, показана тесная корреляция между биохимическими показателями крови и компонентным составом молока и его качественными характеристиками. Так, уровни мочевины и бета-гидроксibuтирата в крови и молоке отражают метаболическое состояние коров и служат ранними маркерами субклинического кетоза, что оказывает влияние на качество молочной продукции. Биохимический профиль крови, включая ферментативную активность и концентрацию белков, напрямую связан с молочной продуктивностью у коров с разным уровнем удоя (Федосова О.А. и др., 2022; Мкртчян Г.В. и Бойко М.Д., 2023).

Оценка упитанности и биохимических показателей крови высокопродуктивных коров показала, что состояние энергетического баланса организма при высокой продуктивности проявляется в изменениях сывороточного белка, холестерина и ферментной активности печени (Кулаков В.В. и др., 2021; Andjeli'c B et al., 2022).

Зависимость морфологических и биохимических параметров крови от продуктивности, стадии лактации и числа отелов имеет практическое значение для менеджмента стада, позволяя контролировать методы содержания и кормления. Высокая наследуемость генетических аспектов биохимического состава крови и молока открывает перспективы применения этих показателей в селекции для повышения продуктивности и здоровья молочного скота. В частности, полиморфизм гена β -лактоглобулина, связанный с биохимией крови и качеством молока, подтверждает значимость молекулярно-генетических механизмов в формировании продуктивных и физиологических показателей. (Фаттахова З.Ф. и др., 2022; Федосова О.А. и др., 2022; Andjeli'c B et al., 2022).

Подтверждена взаимосвязь между показателями молока и биохимическими параметрами крови в лактационный период, что подкрепляет идею о мониторинге крови как надежного индикатора метаболического и энергетического статуса коров. При этом было подчеркнуто значение учета породных особенностей при оценке обмена веществ на основе состава молока и биохимии крови, что особенно актуально для менее изученных пород и их адаптации к различным условиям кормления и содержания (Ефимова Л.В. и др., 2019; Yang W et al., 2019; Mordac R et al., 2020).

Таким образом, несмотря на широкий спектр исследований, в основном концентрирующихся на голштинской и красно-пестрой породах, данные по красной горбатовской породе остаются недостаточно изученными. Уникальные генетические особенности этой породы требуют тщательного анализа взаимосвязи состава молока и биохимических параметров крови для разработки эффективных селекционных программ, в том числе в области ветеринарии. Исследования в данной области позволят углубить понимание физиологии и продуктивности красной горбатовской породы, а также повысить общую эффективность молочного производства за счет оптимизации управления стадом и сохранения генетического разнообразия, что соответствует современным вызовам сельскохозяйственной науки и практики (Ефимова Л.В. и др., 2019; Федосова О.А. и др., 2022; Карликова Г.Г. и др., 2023).

Цель исследования.

Изучить взаимосвязь между биохимическими и гематологическими показателями крови, компонентным составом и технологическими свойствами молока коров красной горбатовской породы генофондного корня.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Сырое молоко, а также кровь коров красной горбатовской породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации

ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводились в период с апреля по июль 2023 г. в генотипном стаде коров красной горбатовской породы Нижегородской области. Оценивались следующие показатели молока: массовая доля жира (МДЖ), белка (МДБ), казеина (МДК), лактозы (МДЛ), сухого вещества (СВ), СОМО (сухой обезжиренный молочный остаток), содержание ацетона, бетагидроксibuтирата (БГБ), точка замерзания (ТЗ), кислотность (рН), жирнокислотный состав – миристиновая ЖК (С14:0), пальмитиновая (С16:0), стеариновая (С18:0), олеиновая (С18:1), насыщенные ЖК (НЖК), моновенасыщенные ЖК (МНЖК), полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), короткоцепочечные ЖК (КЦЖК), среднецепочечные ЖК (СЦЖК), длинноцепочечные ЖК (ДЦЖК), трансизомеры ЖК (ТЖК), количество соматических клеток (КСК) и дифференциация соматических клеток (ДКСК).

Для изучения технологических свойств отобранных проб молока были проведены исследования на термоустойчивость (алкогольная проба) и сычужную свертываемость (сычужно-бродильная проба) по соответствующим ГОСТ (ГОСТ 25228-82. Молоко и сливки. Метод определения термоустойчивости по алкогольной пробе; ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа).

После проведения сычужно-бродильной пробы из пробирки сливалась сыворотка, и масса образовавшегося сгустка взвешивалась с помощью лабораторных весов с точностью до 0,01 г. Процентный выход сгустка из молока рассчитывался по формуле:

$$Y_{\text{сг}} = (m_{\text{пр+мол}} - m_{\text{пр}}) - (m_{\text{пр+сг}} - m_{\text{пр}}) * 100, \quad (1)$$

где: $Y_{\text{сг}}$ – процентный выход сгустка, %;

$m_{\text{пр+мол}}$ – масса пробирки с молоком и раствором фермента, г;

$m_{\text{пр}}$ – масса пустой пробирки, г;

$m_{\text{пр+сг}}$ – масса пробирки со сгустком после слития сыворотки, г.

Скорость сычужного свертывания (оценка сыропригодности молока) определялась с помощью методики в модификации З.Х. Диланяна (Инихов Г.С. и Брио Н.П., 1971). В пробирку с 10 мл молока, нагретого до +35 °С, вносят 2 см³ рабочего раствора сычужного фермента и ставят в водяную баню при температуре +35 °С. Началом анализа считается момент внесения в нагретое до температуры +35 °С молоко. Далее каждые 2 минуты пробирка доставалась и аккуратно наклонялась для проверки качества сформировавшегося сгустка. Окончанием свертывания считается момент, когда образовавшийся сгусток не выпадает из пробирки при ее перевороте на 180°. По продолжительности свертывания молоко подразделяют на три типа: 1 тип – продолжительность свертывания менее 10 минут, свертываемость молока хорошая; 2 тип – свертывание происходит через 10-15 минут, свертываемость молока нормальная; 3 тип – продолжительность свертывания более 15 минут или молоко совсем не свертывается, слабая свертываемость.

В качестве реактивов для проведения проб использовались: натуральный сычужный фермент для сыра и творога CAGLIO CLERICI 50/50 (химозин телячий/пепсин бычий) активностью 100 000 ед. ВНИИМС/г; этиловый спирт 96 %; глицерин.

Оборудование и технические средства. В лаборатории селекционного контроля качества молока при ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста анализировали компонентный состав суточного молока с помощью автоматического анализатора Combi Foss 7 DC («FOSS», Дания).

Статистическая обработка. Для анализа экспериментальных данных были задействованы методы вариационной статистики, с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США). Корреляции рассчитывались по Пирсону. Степень статистической значимости указана звездочками: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$.

Результаты исследования.

Исследования расширенного спектра состава молока коров генофондной красной горбатовской породы проводились в весенне-летний период 2023 года. В частности, была изучена структура наиболее ценных компонентов жирнокислотного состава молока коров красной горбатовской породы, где преобладали насыщенные жирные кислоты (ЖК) – до 58 %, среди которых наибольший удельный вес занимает пальмитиновая C16:0 – 0,762 г/100г молока, менее подверженная влиянию паратипических факторов и имеющая наиболее низкий коэффициент изменчивости – 38,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Показатели компонентного состава молока коров красной горбатовской породы (n=184)

Table 1. Milk composition from Red Gorbatov cows (n=184)

Показатель / Indicator	X±m	σ	C _{vp} , %
Суточный удой, кг / Daily milk yield, kg	12,6±0,4	5,7	45,7
Массовая доля жира, % / Fat mass fraction, %	3,26±0,12	1,62	49,7
Массовая доля белка, % / Protein mass fraction, %	3,31±0,06	0,75	22,8
Массовая доля лактозы, % / Lactose mass fraction, %	4,64±0,03	0,39	8,5
СОМО, % / Dry nonfat milk residue, %	8,78±0,06	0,77	8,8
Сухое вещество, % / Dry matter, %	11,93±0,13	1,80	15,1
Массовая доля казеина, % / Casein mass fraction, %	2,59±0,05	0,65	25,0
Ацетон, ммоль/л / Acetone, mmol/L	0,161±0,013	0,172	106,7
БГБ, ммоль/л / BHB, mmol/L	0,079±0,005	0,066	84,0
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹ / Urea, mg×100 mL ⁻¹	19,0±0,5	7,1	37,2
Точка замерзания, °C / Freezing point, °C	0,535±0,001	0,011	2,1
Кислотность (pH) / Acidity (pH)	6,565±0,001	0,126	1,9
C14:0, г/100 г молока / C14:0, g/100 g milk	0,273±0,009	0,118	43,1
C16:0, г/100 г молока / C16:0, g/100 g milk	0,762±0,022	0,296	38,8
C18:0, г/100 г молока / C18:0, g/100 g milk	0,348±0,014	0,193	55,4
C18:1, г/100 г молока / C18:1, g/100 g milk	1,093±0,046	0,619	56,6
НЖК, г/100 г молока / SFAs (Saturated Fatty Acids), g/100 g milk	1,905±0,067	0,907	47,6
МНЖК, г/100 г молока / MUFA (Monounsaturated Fatty Acids), g/100 g milk	1,092±0,044	0,594	54,3
ПНЖК, г/100 г молока / PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids), g/100 g milk	0,104±0,004	0,053	51,1
КЦЖК, г/100 г молока / MCFA (Medium-Chain Fatty Acids), g/100 g milk	0,319±0,013	0,172	54,0
СЦЖК, г/100 г молока / SCFA (Short-Chain Fatty Acids), g/100 g milk	1,126±0,033	0,443	39,4
ДЦЖК, г/100 г молока / LCFA (Long-Chain Fatty Acids), g/100 g milk	1,385±0,063	0,852	61,6
ТЖК, г/100 г молока / Total Fatty Acids, g/100 g milk	0,059±0,004	0,056	95,5
Оценка количества соматических клеток (КСК), балл / Somatic Cell Count (SCC), Score	4,61±0,15	2,03	44,1
Дифференциация количества соматических клеток (ДКСК), % / Somatic Cell Count Differentiation (SCCD), %	63,6±1,7	23,7	37,2

В группе мононенасыщенных жирных кислот содержание олеиновой (C18:1) ЖК более высокое – 1,093 г/100г молока. Это одна из МНЖК, определяющая качественные характеристики готовых молочных продуктов. В весенне-летний период в молоке коров преобладали средне- и длинноцепочечные ЖК – 1,126 и 1,385 г/100г молока соответственно.

В организм животного они поступают вместе с кормом или мобилизуются напрямую из жирового депо коровы. Ненасыщенные ЖК коровьего молока преимущественно имеют цис-форму, за исключением трансизомеров, образующихся в результате реакции биогидрогенизации ПНЖК растений с участием водорода, выделяемого рубцом. Это – естественный процесс, обуславливающий наличие в молочном жире трансизомеров ЖК. Вместе с тем трансформы жирных кислот при нарушении обмена веществ могут блокировать механизмы экспрессии генов, связанных с липидными соединениями, что может негативно отразиться на жирномолочности коров. Доля трансизо-

меров ЖК в молоке, по отношению к жирным кислотам разной длины углеродной цепи, составила почти 1,8 %, при этом коэффициент фенотипической изменчивости достигал 95,5 %, что объясняется влиянием средовых факторов, физиологическим состоянием животного и др.

В молоке также были обнаружены следы ацетона и бета-гидроксibuтирата, что указывает на некоторое смещение функционального состояния здоровья коров в части риска возникновения кетоза. При повышенных значениях количества соматических клеток (КСК свыше 500 тыс. ед./мл или 4,61 балла), была проанализирована их дифференциация по морфологическим видам (ДКСК), которая показала (63,6 %) наличие для отдельных коров риска возникновения хронической и клинической форм мастита, что нередко случается при нарушении обмена веществ в организме, а также зависит на 37,2-44,1 % от средовых (внешних, негенетических) факторов.

Были изучены показатели биохимического и гематологического профиля коров красной горбатовской породы по объединенной выборке в дни взятия проб молока индивидуально от каждого животного (табл. 2). Установлено, что все изученные параметры крови входили в референтную норму для молочных коров, однако для альбумина, глобулина, мочевины, щелочной фосфатазы, холестерина, глюкозы, магния и кальция, билирубина, эритроцитов и отношения гематокрита они были на нижней границе пороговых значений. Это указывает на невысокую интенсивность белкового, жирового и углеводного обменов веществ у животных, а также низкое содержание в рационе коров макроэлементов. Несмотря на это, изученная выборка коров соответствовала условным клиническим показателям здоровых животных. Вероятнее всего при достижении баланса основных питательных веществ рациона возможно повысить уровень энергетического (метаболического) обмена молочных коров для получения наиболее полной картины их генетического и биологического потенциала.

Таблица 2. Биохимические и гематологические параметры крови по выборке коров красной горбатовской породы (n=184)

Table 2. Biochemical and hematological blood parameters in Red Gorbatov cows (n=184)

Параметр / <i>Parameter</i>	$\bar{X} \pm m$	σ	$C_v, \%$	Норма для молочных коров / <i>Standard for dairy cows</i>
Общий белок, г/л / <i>Total protein, g/L</i>	70,4±0,3	4,4	6,3	70-92
Альбумин, г/л / <i>Albumin, g/L</i>	26,1±0,1	1,5	5,8	25-36
Глобулин, г/л / <i>Globulin, g/L</i>	44,3±0,3	4,7	10,7	40-64
Креатинин, мкмоль/л / <i>Creatinine, μmol/L</i>	103,8±0,9	12,8	12,3	63-162
Мочевина, ммоль/л / <i>Urea, mmol/L</i>	2,57±0,06	0,85	33,1	2,35-7,06
АЛТ, МЕ/л / <i>ALT, IU/L</i>	29,6±0,4	5,7	19,1	12,0-35,0
АСТ, МЕ/л / <i>AST, IU/L</i>	74,6±1,7	22,6	30,3	46-108
Щелочная фосфатаза, МЕ/л / <i>Alkaline phosphatase, IU/L</i>	54,5±2,1	28,6	52,5	41-187
Холестерин общий, ммоль/л / <i>Total cholesterol, mmol/L</i>	3,85±0,07	0,93	24,2	2,35-8,30
Глюкоза, ммоль/л / <i>Glucose, mmol/L</i>	1,96±0,03	0,41	21,0	1,65-4,19
Магний, ммоль/л / <i>Magnesium, mmol/L</i>	0,86±0,01	0,10	11,1	0,79-1,35
Кальций, ммоль/л / <i>Calcium, mmol/L</i>	2,37±0,01	0,16	6,9	2,03-3,14
Фосфор, ммоль/л / <i>Phosphorus, mmol/L</i>	1,72±0,02	0,29	16,6	1,13-2,90
Триглицериды, ммоль/л / <i>Triglycerides, mmol/L</i>	0,170±0,003	0,046	27,1	0,09-0,37
Билирубин общий, мкмоль/л / <i>Total bilirubin, μmol/L</i>	1,62±0,17	2,25	139,2	1,16-8,18
Хлориды, ммоль/л / <i>Chloride, mmol/L</i>	94,6±0,3	4,1	4,3	90-110
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / <i>Leukocytes, 10⁹/L</i>	8,72±0,20	2,71	31,1	5,30-16,60
Эритроциты, 10 ¹² /л / <i>Erythrocytes, 10¹²/L</i>	5,27±0,04	0,52	9,9	5,20-8,20
Гемоглобин, г/л / <i>Hemoglobin, g/L</i>	99,2±0,8	10,6	10,7	84-122
Гематокрит, % / <i>Hematocrit, %</i>	24,3±0,2	2,5	10,3	23,2-34,2

На отдельной выборке в весенний период были изучены технологические свойства молока коров, а также рассчитан процент пригодного молока для термической переработки (в частности, для производства сыра и творога: 1 и 2 класс отличаются высокой термостабильностью, пастеризационными свойствами, хорошим процессом синерезиса (образования плотного сгустка) (табл. 3).

Таблица 3. Показатели технологических свойств молока коров красной горбатовской породы по изученной выборке (n=49)

Table 3. Technological properties of milk in the sampled Red Gorbatov cows (n=49)

Показатель / Indicator	X±m	σ	C _v , %	Доля пригодного молока (1+2 класс), % / Proportion of suitable milk (1+2 class), %
Алкольная проба, балл / Alcohol test, points	2,53±0,13	0,89	35,3	41,2
Сычужно-бродильная проба, балл / Rennet-fermentation test, points	2,70±0,08	0,46	17,1	30,6
Выход сгустка, % / Clot yield, %	11,96±0,33	2,29	19,2	-
Время свертывания, минут / Clotting time, minutes	52,2±3,6	24,1	46,2	-

Ввиду того, что летом наблюдалось снижение качественных показателей молока при переводе коров на рацион кормления богатый зеленой массой, результаты для использования в корреляционном анализе были ограничены данной выборкой. Было показано, что динамика доли пригодного для переработки молока (1 и 2 класс) коров по алкольной пробе составляла 41,2 %. В тоже время сычужно-бродильная проба, как наиболее точный метод определения качества и объема сгустка молока, показала долю пригодного молока по качеству в 30,6 %.

На рисунке 1 представлен анализ корреляций между показателями молочной продуктивности коров красной горбатовской породы. Обнаруженные корреляции между признаками молочной продуктивности коров красной горбатовской породы отражают сложные биохимические и физиологические взаимосвязи, оказывающие влияние на качество и количество молока. Большая часть рассмотренных связей имеет высокую статистическую значимость, что свидетельствует о надежности выявленных закономерностей.

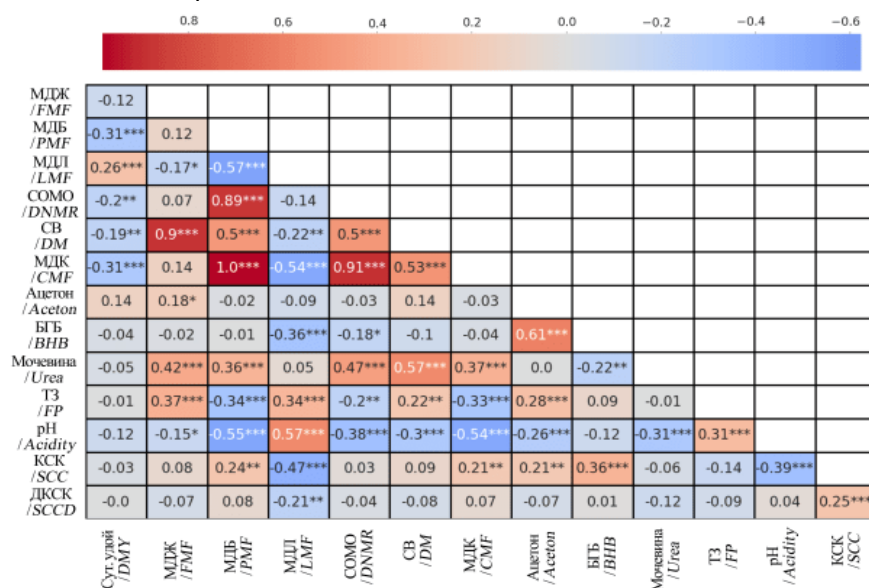


Рисунок 1. Корреляции между показателями молочной продуктивности коров красной горбатовской породы

Figure 1. Correlations relating to milk productivity in Red Gorbatov cows

Суточный удой отрицательно коррелирует с МДБ и МДК ($r=-0,31$; $P\leq 0,001$), что может указывать на компенсаторный механизм, при котором увеличение объема молока сопровождается снижением концентрации основных питательных компонентов.

Между МДЖ и СВ наблюдается очень сильная положительная корреляция ($r=0,90$; $P\leq 0,001$), что закономерно, поскольку жир является значимой составляющей сухого вещества молока. Положительные связи МДЖ с содержанием мочевины ($r=0,42$; $P\leq 0,001$) и ТЗ ($r=0,37$; $P\leq 0,001$) может свидетельствовать о влиянии метаболического статуса коровы на жировой обмен и состав молока.

МДБ демонстрирует сильную положительную корреляцию с МДК ($r=1,0$; $P\leq 0,001$), СОМО ($r=0,89$; $P\leq 0,001$) и СВ ($r=0,5$; $P\leq 0,001$). Одновременная отрицательная значимая связь МДБ с МДЛ ($r=-0,57$; $P\leq 0,001$) и рН ($r=-0,55$; $P\leq 0,001$) свидетельствует о биохимическом балансе между белковыми и углеводными фракциями, а также о значении кислотно-щелочного равновесия для синтеза белка.

Положительные корреляции МДБ с мочевиной ($r=0,36$; $P\leq 0,001$), отрицательные с ТЗ ($r=-0,34$; $P\leq 0,001$) и умеренно положительные с КСК ($r=0,24$; $P\leq 0,01$) можно интерпретировать как отражение влияния азотистого обмена и клеточного ответа на молочный состав.

МДЛ отрицательно связана с МДК ($r=-0,54$; $P\leq 0,001$), положительно с рН ($r=0,57$; $P\leq 0,001$), отрицательно с БГБ ($r=-0,36$; $P\leq 0,001$), положительно с ТЗ ($r=0,34$; $P\leq 0,001$), а также демонстрирует отрицательные связи с количеством соматических клеток ($r=-0,47$; $P\leq 0,001$) и их дифференциацией ($r=-0,21$; $P\leq 0,01$). Эти связи отражают влияние углеводного обмена и иммунологического статуса молока на его качество.

СОМО тесно связано с СВ ($r=0,50$; $P\leq 0,001$), МДК ($r=0,91$; $P\leq 0,001$), содержанием мочевины ($r=0,47$; $P\leq 0,001$), а также имеет отрицательную связь с рН ($r=-0,38$; $P\leq 0,001$).

СВ положительно коррелирует с МДК ($r=0,53$; $P\leq 0,001$), мочевиной ($r=0,57$; $P\leq 0,001$) и отрицательно с рН ($r=-0,30$; $P\leq 0,001$).

МДК положительно связана с мочевиной ($r=0,37$; $P\leq 0,001$), отрицательно с ТЗ ($r=-0,33$; $P\leq 0,001$) и рН ($r=-0,54$; $P\leq 0,001$), что дополнительно характеризует обменные и физико-химические процессы в молоке.

Показатель ацетона демонстрирует значимую положительную корреляцию с БГБ ($r=0,61$; $P\leq 0,001$), ТЗ ($r=0,28$; $P\leq 0,001$) и КСК ($r=0,21$; $P\leq 0,01$), а также отрицательную связь с рН ($r=-0,26$; $P\leq 0,001$), свидетельствуя о метаболических нарушениях, таких как кетоз, и их связи с состоянием молочной железы.

БГБ отрицательно связан с мочевиной ($r=-0,22$; $P\leq 0,01$) и положительно с КСК ($r=0,36$; $P\leq 0,001$). Мочевина же связана отрицательно с рН ($r=-0,31$; $P\leq 0,001$), а ТЗ положительно с рН ($r=0,31$; $P\leq 0,001$), что отражает сложное взаимовлияние параметров качества молока и обменных процессов.

КСК отрицательно коррелирует с рН молока ($r=-0,39$; $P\leq 0,001$) и положительно с ДКСК ($r=0,25$; $P\leq 0,001$), что подчеркивает роль кислотно-щелочного баланса в иммунном статусе молока и воспалительных реакциях.

Таким образом, выявленные корреляции свидетельствуют о взаимосвязях между физиологическим состоянием коровы, метаболизмом, иммунным ответом молочной железы и качеством молока. Высокая значимость корреляций подтверждает актуальность данных биохимических показателей для оценки продуктивности и здоровья животных красной горбатовской породы.

Общий белок крови тесно связан с глобулинами ($r=0,95$; $P\leq 0,001$), что отражает участие белковых фракций в иммунном статусе и транспортных функциях крови (рис. 2). Фракции белка, такие как альбумин и глобулины, имеют противоположное влияние на балансовые процессы ($r=-0,35$; $P\leq 0,001$), а также связаны с индикаторами метаболизма, включая креатинин, ферменты печени АЛТ ($r=0,35$; $P\leq 0,001$) и уровень магния ($r=0,35$; $P\leq 0,001$), что совпадает с известными паттернами функционального статуса печени и энергетического обмена.

Связь мочевины с кальцием ($r=0,31$; $P\leq 0,001$) и триглицеридами ($r=0,36$; $P\leq 0,001$) демонстрирует влияние обмена азота и липидного обмена на энергетический гомеостаз. Отрицательная корреляция мочевины с хлоридами ($r=-0,47$; $P\leq 0,001$) возможно связана с кислотно-щелочным балансом и электролитами.

Показатели ферментов АЛТ и АСТ, тесно связанные с билирубином и холестерином, отражают метаболическую активность печени и ее функциональное состояние ($r=0,44$; $P\leq 0,001$ и $r=0,63$; $P\leq 0,001$ соответственно). Параллельно холестерин и кальций связаны положительно ($r=0,41$; $P\leq 0,001$), что соответствует роли кальция в липидном обмене.

Положительные корреляции глюкозы с кальцием ($r=0,47$; $P\leq 0,001$) и триглицеридами ($r=0,57$; $P\leq 0,001$), а также отрицательная связь с хлоридами ($r=-0,44$; $P\leq 0,001$) свидетельствуют о тесной взаимосвязи энергетического и электролитного обменов, важных для поддержания гомеостаза.

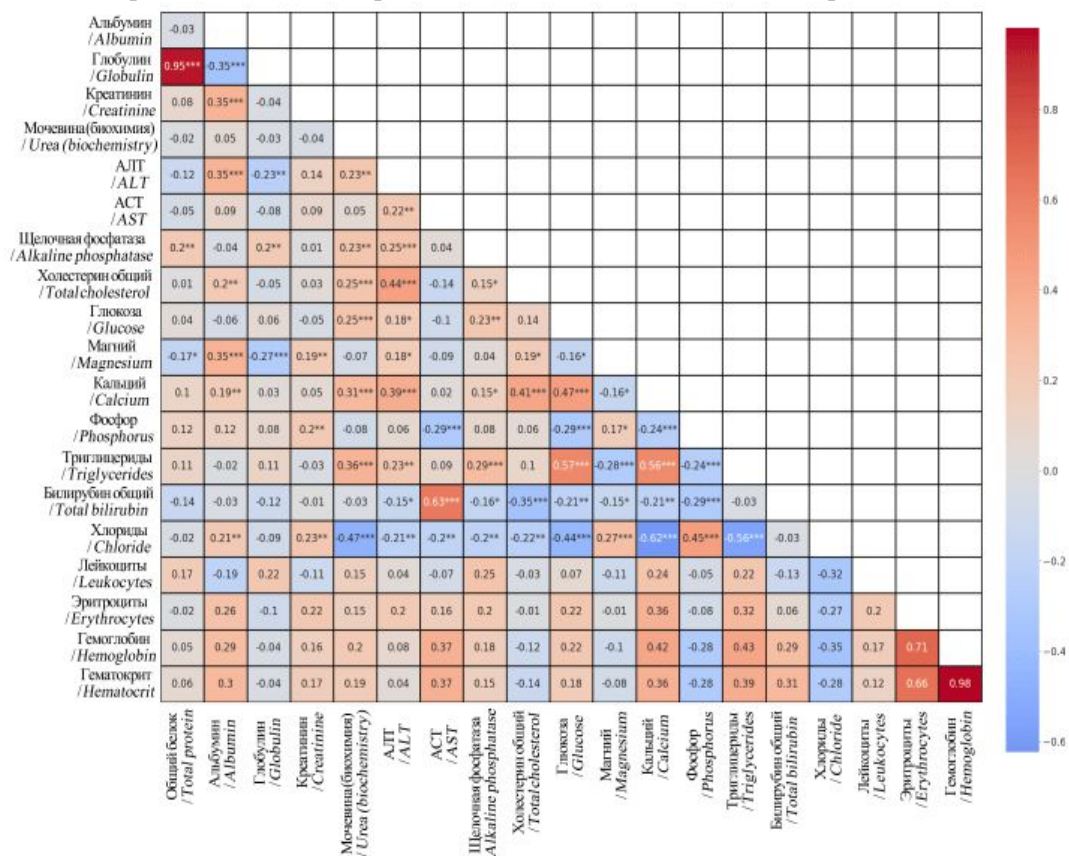


Рисунок 2. Корреляции между показателями биохимии крови коров красной горбатовской породы

Figure 2. Correlations between blood biochemical parameters in Red Gorbatov cows

Связь кальция с триглицеридами и хлоридами ($r=0,56$ и $r=-0,62$; $P\leq 0,001$) дополнительно подчеркивает участие ионов кальция в регуляции метаболизма жиров и баланса минеральных веществ.

Корреляции фосфора с хлоридами ($r=0,45$; $P\leq 0,001$) и триглицеридов с хлоридами ($r=-0,56$; $P\leq 0,001$) подтверждают взаимосвязь электролитного баланса с энергетически активными компонентами крови.

Проведенный анализ выявляет ряд внутренних физиологически обоснованных связей в биохимическом профиле крови коров. Наиболее значимые и достоверные корреляции наблюдаются в рамках белкового обмена (общий белок и глобулины), что подтверждает целостность этой метаболической системы. Обнаруженные связи ферментов (щелочная фосфатаза, АСТ) и минералов (магний) с другими параметрами, вероятно, отражают взаимосвязь различных звеньев метаболизма – энергетического, минерального и состояния тканей.

Обнаруженные корреляции между показателями молочной продуктивности и биохимии крови коров красной горбатовской породы отражают сложные физиолого-метаболические взаимо-

связи между обменными процессами в организме животного и качественными характеристиками молочной продукции, при этом все связи обладают высокой статистической значимостью.

Положительная корреляция общего белка крови с глобулином ($r=0,95$; $P\leq 0,001$) (рис. 2) свидетельствует о синхронном обмене белковых компонентов, являющихся ключевыми в иммунном статусе и транспорте веществ, что оказывает влияние на продуктивность молока. Значимая положительная связь мочевины молока и крови ($r=0,53$; $P\leq 0,001$) отражает прямую зависимость метаболизма азота в организме и его проявления в секрете молочной железы, что связано с эффективностью использования белков и аминокислот (рис. 3).

Корреляция ацетона в молоке с АСТ в крови ($r=0,44$; $P\leq 0,001$) и с билирубином ($r=0,64$; $P\leq 0,001$) указывает на связь метаболических нарушений (кетоз, гепатопатии) с качеством молока, так как АСТ и билирубин являются маркерами функций печени, участвуя в регуляции обменных процессов, непосредственно влияющих на молочную продуктивность и содержание кетоновых тел.

МДЛ в молоке положительно связана с общим холестерином в крови ($r=0,33$; $P\leq 0,001$), что отражает взаимосвязь углеводного обмена с липидным метаболизмом в организме, влияющую на энергетический баланс и синтез молочного сахара.

Отрицательная корреляция КСК в молоке с магнием в крови ($r=-0,33$; $P\leq 0,001$) может свидетельствовать о роли магния как регулятора ферментов и иммунных функций, способствующего снижению воспалительных процессов, ухудшающих качество молока.

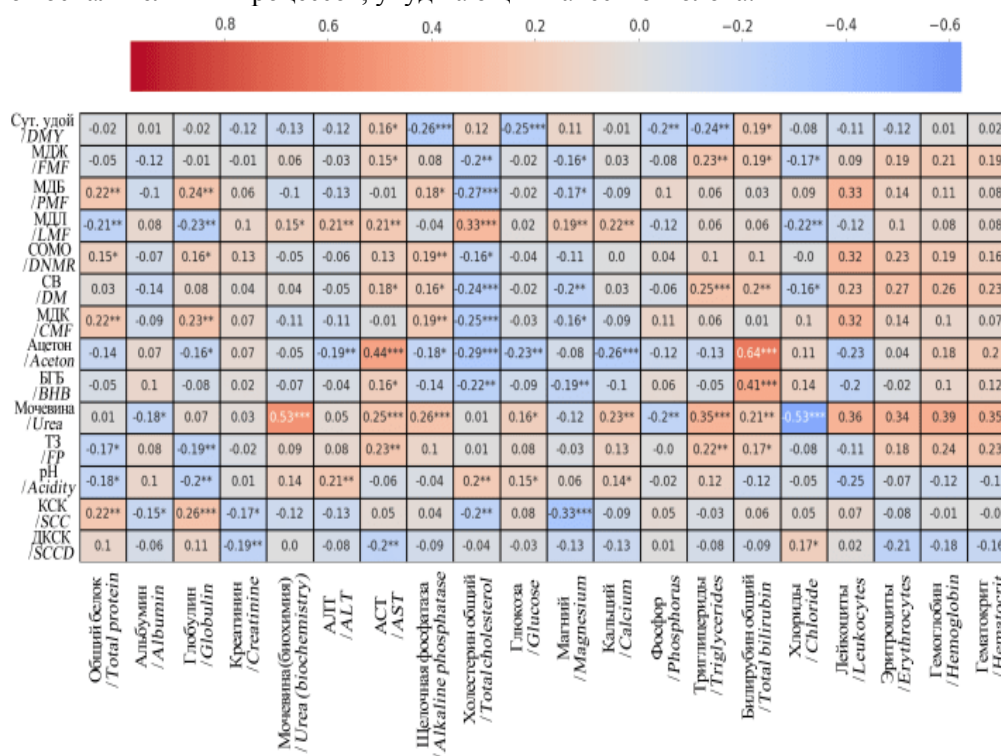


Рисунок 3. Корреляции между показателями молочной продуктивности и биохимии крови коров красной горбатовской породы

Figure 3. Correlations between milk productivity and blood biochemistry of Red Gorbatov cows

Положительные связи мочевины в молоке с триглицеридами ($r=0,35$; $P\leq 0,001$) и отрицательная с хлоридами крови ($r=-0,53$; $P\leq 0,001$) отражают комплексный баланс между азотным, липидным и электролитным обменом, который регулирует процессы синтеза и состав молока.

Корреляции БГБ в молоке с билирубином крови ($r=0,41$; $P\leq 0,001$) подчеркивают влияние энергетического метаболизма и функции печени на продуктивность молочных коров.

Обобщая, динамика корреляций между показателями молочной продуктивности и биохимическими параметрами крови отражает единство физиологических систем, где метаболизм белков, липидов, углеводов, электролитов и функциональное состояние печени координируют качество и количество молока, и показывает тесную взаимосвязь между здоровьем животного и его продуктивностью.

На рисунке 4 представлена матрица корреляций между показателями молочной продуктивности (МДЖ и жирные кислоты) и биохимическими параметрами крови коров.

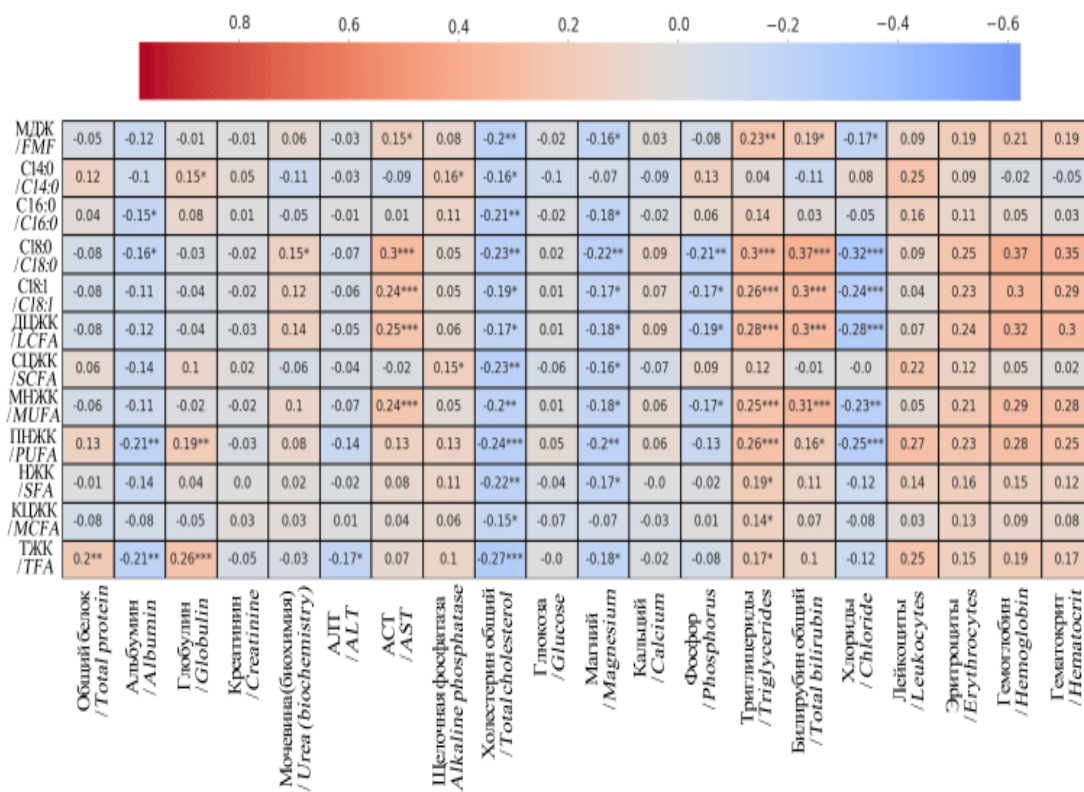


Рисунок 4. Корреляции между показателями жирнокислотного состава молока и биохимии крови красной горбатовской породы

Figure 4. Correlations between milk fatty acid composition and blood biochemistry in Red Gorbatov cows

Таким образом, рисунок демонстрирует, что биохимические маркеры крови тесно ассоциированы с профилем жирных кислот и самой продуктивностью коров, формируя комплексную картину обмена веществ для диагностических и селекционных целей.

В настоящем исследовании не было выявлено достоверных корреляций между технологическими свойствами молока и показателями молочной продуктивности (рис. 5) и биохимии крови (рис. 6) коров красной горбатовской породы, однако были определены связи-тенденции между этими признаками, что вероятнее всего связано с небольшим набором данных. Предполагаем, что с ростом количества проб возрастет и достоверностей взаимосвязей.

Наблюдается сильная положительная корреляция ($r=0.59$) между МДЖ и процентным выходом сырного сгустка. Это ожидаемая и биологически обоснованная связь, так как молочный жир является важнейшим компонентом, напрямую влияющим на выход жиросодержащих молочных продуктов, в частности сыра. Высокое содержание жира в молоке-сырье способствует увеличению массовой доли готового продукта.

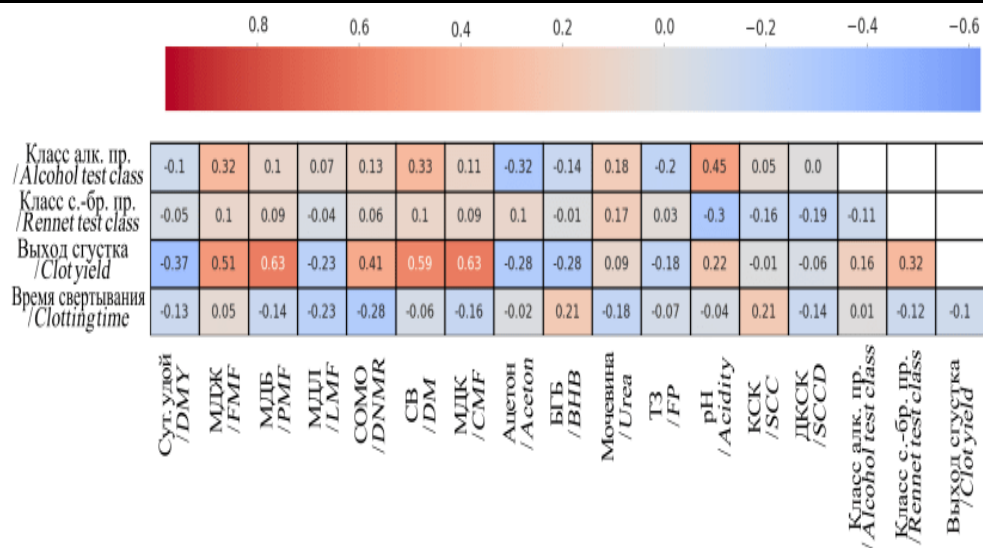


Рисунок 5. Технологические свойства молока с молочной продуктивностью коров красной горбатовской породы
 Figure 5. The relationship between the technological properties of milk and the milk productivity of Red Gorbatov cows

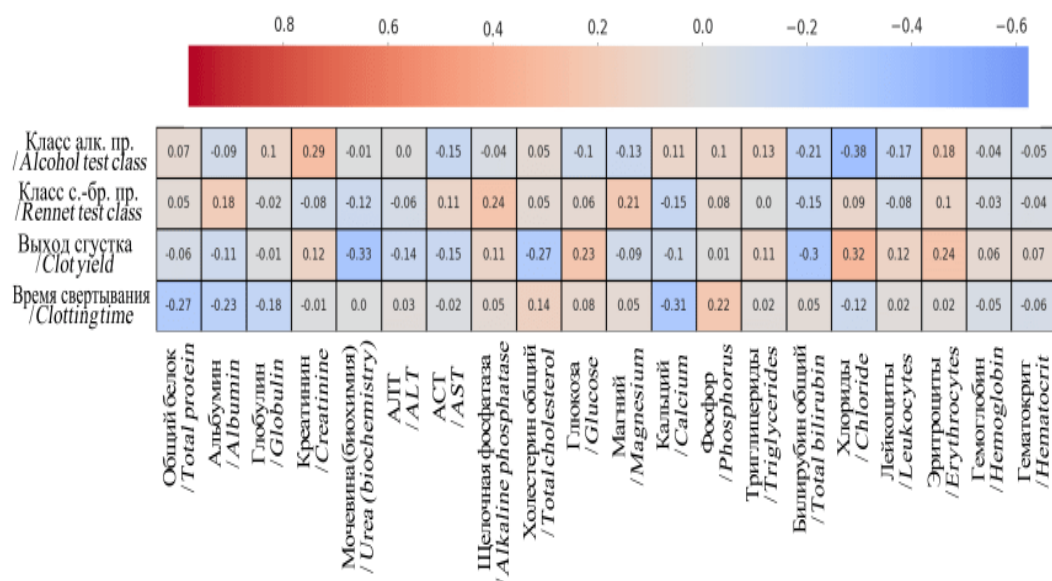


Рисунок 6. Технологические свойства молока с показателями биохимии крови коров красной горбатовской породы
 Figure 6. The relationship between the technological properties of milk and blood biochemistry indicators in Red Gorbatov cows

Также выявлены положительные корреляции одной силы ($r=0,63$) между МДБ и МДК с процентным выходом сырного сгустка. Белки молока, особенно казеин, формируют сычужный сгусток, от количества и качества которого напрямую зависит выход сыра. Данная корреляция подтверждает, что рост количества белка в молоке ведет к более эффективному производству сыра.

Проведенный корреляционный анализ выявил ряд связей-тенденций между технологическими свойствами молока и его компонентным составом. Наиболее значимыми являются сильные положительные корреляции МДЖ и МДБ с выходом сгустка, что подчеркивает критическую важность этих компонентов для сыроделия.

Представленная корреляционная матрица отображает взаимосвязи между широким спектром биохимических параметров крови (белковый, энергетический, минеральный обмен, ферменты) и ключевыми технологическими характеристиками молока.

Полученные данные подчеркивают, что технологическое качество молока является интегральным показателем, зависящим от общего метаболического статуса животного, и для его улучшения необходим комплексный подход, включающий контроль за здоровьем и обменом веществ у коров.

Обсуждение полученных результатов.

Проведенное исследование позволило выявить комплекс значимых корреляционных взаимосвязей между биохимическими параметрами крови и показателями состава молока коров красной горбатовской породы, что согласуется с данными других авторов, полученными на иных породах крупного рогатого скота.

В частности, подтверждается универсальная роль маркеров печени: если у коров краснопестрой породы авторы наблюдали положительную связь активности АСТ с содержанием жира и белка в молоке (Ефимова Л.В. и др., 2019), то в нашем исследовании АСТ крови продемонстрировала положительную корреляцию с ацетоном в молоке ($r=0,44$; $P\leq 0,001$), что указывает на ее тесную связь с метаболизмом кетоновых тел и энергетическим обменом. Аналогичные взаимосвязи печеночных ферментов с метаболитами описаны в зарубежных работах, где подчеркивается роль печени в метаболизме кетоновых тел (Mordak R et al., 2020; Yang W et al., 2019). Аналогично, выявленная нами положительная связь общего холестерина крови с массовой долей лактозы ($r=0,33$; $P\leq 0,001$) подчеркивает тесную взаимозависимость липидного и углеводного обменов. В то же время, такие связи, как положительная корреляция мочевины в крови и молоке ($r=0,53$; $P\leq 0,001$) и отрицательная связь количества соматических клеток с массовой долей лактозы ($r=-0,47$; $P\leq 0,001$), полностью соответствуют данным других исследований (Ефимова Л.В. и др., 2019; Ирхина В.К. и Остякова М.Е., 2024; Abdel-Hamied E and Mahmoud MM, 2020). Полученные нами данные, где средний балл КСК составил $4,61\pm 0,15$, а ДКСК достигла $63,6\pm 1,7$ %, подтверждают наличие риска развития мастита у части поголовья, что негативно сказывается на технологических свойствах молока. Корреляции КСК в молоке с альбумином ($r=-0,15$; $P\leq 0,05$) и общим белком ($r=0,22$; $P\leq 0,01$) согласуются с выводами авторов об изменении биохимических показателей крови при субклиническом мастите, где общий белок и альбумин в крови больных животных составили $86,0\pm 2,7$ г/л и $35,9\pm 1,2$ г/л соответственно, а у здоровых – $82,8\pm 1,7$ г/л и $33,6\pm 2,5$ г/л (Ирхина В.К. и Остякова М.Е., 2024).

Что касается белкового обмена, выявленная тесная связь общего белка крови с глобулинами ($r=0,95$; $P\leq 0,001$) отражает синхронность изменений в белковом спектре крови, что характерно для иммунного ответа и метаболического статуса (Мкртчян Г.В., 2022; Кулаков В.В. и др., 2021). В нашем исследовании уровни общего белка ($70,4\pm 0,3$ г/л), альбумина ($26,1\pm 0,1$ г/л) и глобулина ($44,3\pm 0,3$ г/л) находились в пределах референтных значений, но в нижней их части, что может указывать на напряженность метаболических процессов или особенности породного обмена веществ по сравнению с высокопродуктивными голштинизированными коровами, у которых авторы наблюдали более высокие значения данных показателей (Карликова Г.Г. и др., 2023). Обнаруженные в нашем исследовании следовые количества ацетона ($0,161\pm 0,013$ ммоль/л) и БГБ ($0,079\pm 0,005$ ммоль/л) в молоке, а также их взаимосвязь ($r=0,61$; $P\leq 0,001$) свидетельствуют о риске развития метаболических нарушений, что требует внимания при контроле состояния высокопродуктивных животных, особенно в критические фазы лактации (Федосова О.А. и др., 2022; Andjelić B et al., 2022; Benedet A et al., 2019).

Выявленные в нашем исследовании сильные положительные корреляции между массовой долей жира (МДЖ) и сухим веществом (СВ) ($r=0,90$; $P\leq 0,001$), а также между МДБ, МДК и СОМО ($r=0,89-1,0$; $P\leq 0,001$) полностью соответствуют известным биохимическим закономерностям состава молока и подтверждаются исследованиями других авторов (Мкртчян Г.В., 2022; Карликова Г.Г. и др., 2023; Ignatieva NL and Nemtseva EY, 2020).

Отсутствие достоверных корреляций между технологическими свойствами молока и биохимией крови при наличии сильных связей с компонентным составом (МДЖ, МДБ, МДК), может объясняться, как и отмечено в работе, ограниченным объемом выборки для технологических испытаний ($n=49$). Однако выявленные тенденции, в частности, сильная положительная связь выхода сгустка с МДЖ ($r=0,59$) и МДБ/МДК ($r=0,63$), имеют важное практическое значение для сыроделия.

Таким образом, полученные результаты, с одной стороны, подтверждают общие физиологические принципы формирования молока, а с другой – породные особенности метаболизма красной горбатовской породы, что важно учитывать при разработке целевых программ кормления, селекции и ветеринарного контроля.

Заключение.

Выявленные корреляционные взаимосвязи между количественными и качественными показателями состава молока коров красной горбатовской породы генофондной группы, с одной стороны, и параметрами крови с другой позволили установить ряд закономерностей. Обнаружены следующие наиболее значимые положительные зависимости между: билирубином, ацетоном и БГБ ($r=0,64$, $r=0,41$ соответственно); мочевиной в крови и молоке ($r=0,53$); АСТ и ацетоном ($r=0,44$); общим белком, глобулинами и массовой долей белка в молоке, соответственно, $0,22-0,24$, а также транс-изомерами и количеством соматических клеток, соответственно, $0,20-0,26$; эритроцитами, гемоглобином и гематокритом с практически всеми изученными показателями молока (за исключением суточного удоя, кислотностью, КСК и ДКСК); триглицеридами и жирными кислотами ($r=0,12-0,30$). Отрицательные корреляции были отмечены между: хлоридами в крови и мочевиной молока ($r=-0,53$); общим холестерином и белковой, жировой фракциями, метаболитами, КСК; магнием и КСК ($r=-0,33$).

Показатели технологических свойств молока коров в наибольшей степени были связаны с долей выхода сгустка и массовой долей жира ($r=0,51$), белка и казеина ($r=0,63$), сухого вещества ($r=0,59$). Классность молока по алкогольной пробе была сопряжена с процентом жира ($r=0,32$) и сухого вещества молока ($r=0,33$), кислотностью ($r=0,45$). Касательно поиска биомаркеров крови и качественного состава молока коров красной горбатовской породы, то здесь были получены сравнительно невысокие коэффициенты корреляции, которые для выхода сгустка, как основного селекционного критерия, находились на уровне $0,23-0,32$ для концентрации в крови глюкозы, хлоридов и количества эритроцитов. Данные зависимости носили характер тенденции и в дальнейших исследованиях будут уточнены.

Список источников

1. Ассоциация полиморфизма гена β -лактоглобулин с биохимическими показателями крови и качественным составом молока голштинского скота / З.Ф. Фаттахова, Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 93-96. [Fattakhova ZF, Safina NYu, Gajnutdinova ER, Shakirov ShK. Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with biochemical parameters of blood and qualitative composition of milk of Holstein cattle. Agrarian Scientific Journal. 2022;10:93-96. (In Russ.)]. doi: 10.28983/asj.y2022i10pp93-96
2. Взаимосвязь показателей качества молока и биохимического состава крови у коров красно-пестрой породы / Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина, О.А. Фролова и др. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 3. С. 48-57. [Efimova LV, Zaznobina TV, Frolova OA, et al. Relationship of milk

quality indicators and blood biochemical composition in cows of red-motley breed. Problems of Productive Animal Biology. 2019;3:48-57. *(In Russ.)*. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2019.3.48-57

3. ГОСТ 25228-82. Молоко и сливки. Метод определения термоустойчивости по алкогольной пробе. Введ. 01.07.1983. М.: Стандартиформ, 2008. 4 с. [GOST 25228-82. Moloko i slivki. Metod opredeleniya termoustojchivosti po alkogol'noj probe. Vved. 01.07.1983. Moscow: Standartinform; 2008:4 p. *(In Russ.)*].

4. ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. Введ. 01.01.2016. М.: Стандартиформ, 2015. 25 с. [GOST 32901-2014. Moloko i molochnaya produkciya. Metody mikrobiologicheskogo analiza. Vved. 01.01.2016. Moscow: Standartinform; 2015:25 p. *(In Russ.)*].

5. Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Оценка влияния коров-матерей на показатели молока и крови дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 265-274. [Efimova LV, Zaznobina TV, Ivanova OV. Assessment of influence of cows-mothers on indicators of milk and blood parameters of cow's daughters. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019;3(55):265-274. *(In Russ.)*. doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-34

6. Методы анализа молока и молочных продуктов: справ. руководство / Г.С. Инихов, Н.П. Брио. М.: Пищевая промышленность, 1971. 423 с. [Inikhov GS, Brio NP. Methods of analysis of milk and dairy products: Reference manual. Moscow: Food industry; 1971:423 p. *(In Russ.)*]

7. Ирхина В.К., Остякова М.Е. Морфологические и биохимические показатели крови у коров с субклиническим маститом в новотельный период // Вестник аграрной науки. 2024. № 4(109). С. 30-34. [Irkhina VK, Ostyakova ME. Morphological and biochemical blood parameters in cows with subclinical mastitis in the fresh period. Bulletin of Agrarian Science. 2024;4(109):30-34. *(In Russ.)*. doi: 10.17238/issn2587-666X.2024.4.30

8. Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Сермягин А.А. Анализ взаимосвязи компонентного состава молока и биомаркеров крови голштинизированных коров // Аграрная наука. 2023. № 1(8). С. 41-47. [Karlíkova GG, Lashneva IA, Sermyagin AA. Analysis of the relationship between the component composition of milk and blood biomarkers of Holsteinized cows. Agrarian Science. 2023;1(8):41-47. *(In Russ.)*. doi: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47

9. Мкртчян Г.В. Корреляция между биохимическими показателями крови и молочной продуктивности у коров с разной массовой долей белка в молоке // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 4-2(118). С. 141-147. [Mkrtychyan GV. Correlation between biochemical indicators of blood and milk productivity in cows with different mass fraction of protein in milk. International Research Journal. 2022;4-2(118):141-147. *(In Russ.)*. doi: 10.23670/IRJ.2022.118.4.097

10. Мкртчян Г.В., Бойко М.Д. Связь между биохимическими показателями крови и показателей молочной продуктивности у коров с разным уровнем продуктивности // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 8 (134). С. 76. [Mkrtychyan GV, Boiko MD. Relation between blood biochemical and milk productivity indicators in cows in groups with different productivity levels. International Research Journal. 2023;8(134):76. *(In Russ.)*. doi: 10.23670/IRJ.2023.134.5

11. Оценка общеклинических, биохимических и коагуляционных показателей крови коров с учетом продуктивности / В.В. Кулаков, Э.О. Сайтханов, О.А. Федосова и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. № 13(4). С. 73-82. [Kulakov VV, Saitkhanov EO, Fedosova OA, et al. Evaluation of general clinical, biochemical and coagulation parameters of cows' blood considering the yield. Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev. 2021;13(4):73-82. *(In Russ.)*. doi: 10.36508/ZRSATU.2021.38.65.009

12. Роль репродуктивных биотехнологий в воспроизводстве и сохранении генофонда редких и исчезающих пород крупного рогатого скота / В.Ю. Бабенков, Н.В. Чимидова, А.И. Хахлинов и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 67-76. [Babenkov VYu, Chimidova NV, Khakhlinov AI, et al. The role of reproductive biotechnologies in the

reproduction and preservation of the gene pool of rare and endangered breeds of cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):67-76. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-106-1-67

13. Селекционно-генетические параметры признаков молочной продуктивности коров красной горбатовской породы разных генотипов / Е.Н. Нарышкина, А.А. Сермягин, И.А. Лашнева, И.С. Недашковский // *Животноводство и кормопроизводство*. 2025. Т. 108. № 2. С. 60-73. [Naryshkina EN, Sermyagin AA, Lashneva IA, Nedashkovsky IS. Selection and genetic parameters of milk production traits in Red Gorbatov cows of different genotypes. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(2):60-73. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-108-2-60

14. Уровень основных морфологических и биохимических показателей крови коров в зависимости от продуктивности, количества и стадии лактации / О.А. Федосова, В.В. Кулаков, О.А. Карелина, Г.В. Уливанова // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2022. № 14(4). С. 73-82. [Fedosova OA, Kulakov VV, Karelina OA, Ulivanova GV. The level of basic morphological and biochemical values of cows' blood depending on productivity, quantity and stage of lactation. *Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2022;14(4):73-82. (*In Russ.*). doi: 10.36508/RSATU.2022.10.93.011

15. Abdel-Hamied E, Mahmoud MM. Antioxidants profile, oxidative stress status, leukogram and selected biochemical indicators in dairy cows affected with mastitis. *Journal of Animal Health and Production*. 2020;8(4):183-188. doi: 10.17582/journal.jahp/2020/8.4.183.188

16. Andjelić B, Djoković R, Cincović M, Bogosavljević-Bošković S, Petrović M, Mladenović J, Čukić A. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation. *Metabolites*. 2022;12(8):733. doi: 10.3390/metabo12080733

17. Benedet A, Manuelian CL, Zidi A, Penasa M, De Marchi M. Invited review: β -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal*. 2019;13(8):1676-1689. doi: 10.1017/S175173111900034X

18. Ignatieva NL, Nemtseva EY. Protein content in milk of holstein black-and-white cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;604:012025. doi: 10.1088/1755-1315/604/1/012025

19. Mordak R, Kupczyński R, Kuczaj M., Nizański W. Analysis of correlations between selected blood markers of liver function and milk composition in cows during late lactation period. *Annals of Animal Science*. 2020;20(3):871-886. doi: 10.2478/aoas-2020-0020

20. Yang W, Zhang B, Xu C, Zhang H, Xia C. Effects of ketosis in dairy cows on blood biochemical parameters, milk yield and composition, and digestive capacity. *Journal of Veterinary Research*. 2019;63(4):555-560. doi: 10.2478/jvetres-2019-0059

References

1. Fattakhova ZF, Safina NYu, Gajnutdinova ER, Shakirov ShK. Association of β -lactoglobulin gene polymorphism with biochemical parameters of blood and qualitative composition of milk of Holstein cattle. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;10:93-96. doi: 10.28983/asj.y2022i10pp93-96

2. Efimova LV, Zaznobina TV, Frolova OA, et al. Relationship of milk quality indicators and blood biochemical composition in cows of red-motley breed. *Problems of Productive Animal Biology*. 2019;3:48-57. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbio1.2019.3.48-57

3. GOST 25228-82. Milk and cream. Method of determination of thermostability on alcohol test. Implementation date 01.07.1983. Moscow: Standartinform; 2008:4 p.

4. GOST 32901-2014. Milk and milk products. Methods of microbiological analysis. Implementation date 01.01.2016. Moscow: Standartinform; 2015:25 p.

5. Efimova LV, Zaznobina TV, Ivanova OV. Assessment of influence of cows-mothers on indicators of milk and blood parameters of cow's daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2019;3(55):265-274. doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-34

6. Inikhov GS, Brio NP. Methods of analysis of milk and dairy products: Reference manual. Moscow: Food industry; 1971:423 p.
7. Irkhina VK, Ostyakova ME. Morphological and biochemical blood parameters in cows with subclinical mastitis in the fresh period. Bulletin of Agrarian Science. 2024;4(109):30-34. doi: 10.17238/issn2587-666X.2024.4.30
8. Karlikova GG, Lashneva IA, Sermyagin AA. Analysis of the relationship between the component composition of milk and blood biomarkers of Holsteinized cows. Agrarian Science. 2023;1(8):41-47. doi: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47
9. Mkrtchyan GV. Correlation between biochemical indicators of blood and milk productivity in cows with different mass fraction of protein in milk. International Research Journal. 2022;4-2(118):141-147. doi: 10.23670/IRJ.2022.118.4.097
10. Mkrtchyan GV, Boiko MD. Relation between blood biochemical and milk productivity indicators in cows in groups with different productivity levels. International Research Journal. 2023;8(134):76. doi: 10.23670/IRJ.2023.134.5
11. Kulakov VV, Saitkhanov EO, Fedosova OA, et al. Evaluation of general clinical, biochemical and coagulation parameters of cows' blood considering the yield. Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev. 2021;13(4):73-82. doi: 10.36508/ZRSATU.2021.38.65.009
12. Babenkov VYu, Chimidova NV, Khakhlinov AI, et al. The role of reproductive biotechnologies in the reproduction and preservation of the gene pool of rare and endangered breeds of cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):67-76. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-67
13. Naryshkina EN, Sermyagin AA, Lashneva IA, Nedashkovsky IS. Selection and genetic parameters of milk production traits in Red Gorbatov cows of different genotypes. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):60-73. doi: 10.33284/2658-3135-108-2-60
14. Fedosova OA, Kulakov VV, Karelina OA, Ulivanova GV. The level of basic morphological and biochemical values of cows' blood depending on productivity, quantity and stage of lactation. Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev. 2022;14(4):73-82. doi: 10.36508/RSATU.2022.10.93.011
15. Abdel-Hamied E, Mahmoud MM. Antioxidants profile, oxidative stress status, leukogram and selected biochemical indicators in dairy cows affected with mastitis. Journal of Animal Health and Production. 2020;8(4):183-188. doi: 10.17582/journal.jahp/2020/8.4.183.188
16. Andjelić B, Djoković R, Cincović M, Bogosavljević-Bošković S, Petrović M, Mladenović J, Čukić A. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation. Metabolites. 2022;12(8):733. doi: 10.3390/metabo12080733
17. Benedet A, Manuelian CL, Zidi A, Penasa M, De Marchi M. Invited review: β -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. Animal. 2019;13(8):1676-1689. doi: 10.1017/S175173111900034X
18. Ignatieva NL, Nemtseva EY. Protein content in milk of holstein black-and-white cows. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;604:012025. doi: 10.1088/1755-1315/604/1/012025
19. Mordak R, Kupczyński R, Kuczaj M., Nizański W. Analysis of correlations between selected blood markers of liver function and milk composition in cows during late lactation period. Annals of Animal Science. 2020;20(3):871-886. doi: 10.2478/aoas-2020-0020
20. Yang W, Zhang B, Xu C, Zhang H, Xia C. Effects of ketosis in dairy cows on blood biochemical parameters, milk yield and composition, and digestive capacity. Journal of Veterinary Research. 2019;63(4):555-560. doi: 10.2478/jvetres-2019-0059

Информация об авторах:

Мария Владимировна Левченко, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская обл., городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (496) 765-11-63.

Галина Геннадьевна Карликова, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская обл., городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (496) 765-11-63.

Галина Константиновна Петрякова, программист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская обл., городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (496) 765-11-63.

Ирина Алексеевна Лашнева, кандидат биологических наук, ведущий специалист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Россия, Московская обл., городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (496) 765-11-63.

Information about the authors:

Maria V Levchenko, Cand. Sci. (Biology), Researcher at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: +7 (496) 765-11-63.

Galina G Karlikova, Dr Sci. (Agriculture), Senior Researcher at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: +7 (496) 765-11-63.

Galina K Petryakova, Programmer at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: +7 (496) 765-11-63.

Irina A Lashneva, Cand. Sci. (Biology), Leading Specialist at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, tel.: +7 (496) 765-11-63.

Статья поступила в редакцию 20.10.2025; одобрена после рецензирования 06.11.2025; принята к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 20.10.2025; approved after reviewing 06.11.2025; accepted for publication 15.12.2025.