

Оригинальная статья / Original article  
УДК 591.151:636.22/.28.082.13(470.67)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

## Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах

Алимсолтан А. Оздемиров<sup>1</sup>, Людмила Н. Чинова<sup>2</sup>, Абдусалам А. Хожиков<sup>1</sup>,  
Евгения С. Суржикова<sup>2</sup>, Антонина К. Михайленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

### Контактное лицо

Алимсолтан А. Оздемиров, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр РД»; 367014 Россия, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, 30.

Тел. +79094806199

Email [alim72@mail.ru](mailto:alim72@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

### Формат цитирования

Оздемиров А.А., Чинова Л.Н., Хожиков А.А., Суржикова Е.С., Михайленко А.К. Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, N 4. С. 146-151. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

Получена 24 мая 2021 г.

Прошла рецензирование 19 августа 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

### Резюме

**Цель.** Рациональное использование кормовых угодий Северного Кавказа, значительная часть которых располагается в условиях гор, является одной из важных задач в решении проблемы повышения эффективности ведения животноводческой отрасли. Сложность решения, которой заключается в недостаточной изученности механизмов адаптации сельскохозяйственных животных, в частности крупного рогатого скота, к эколого-климатическим особенностям этого региона. Так как гемопозитическая функция крови лежит в основе жизнедеятельности организма, а генетический полиморфизм является мерой его адаптивности, то изучение гематологического профиля и степени генетической изменчивости крупного рогатого скота кавказской бурой породы стало целью настоящих исследований.

**Материал и методы.** Гематологическими, генетико-статистическими методами анализа изучен гематологический профиль, генетическая структура генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* молочного скота кавказской бурой породы, разводимой в разных эколого-климатических зонах Дагестана.

**Заключение.** Впервые изучена гемопозитическая функция крови в контексте генетической изменчивости популяций молочного скота кавказской бурой породы, разводимых в условиях предгорья (100-200 м над уровнем моря) и гор (650-1250 м над уровнем моря). Полученная информация дает представление и ответ о роли гематологического профиля, степени генетической изменчивости при формировании приспособительно-компенсаторных механизмов к конкретным условиям среды. Использование гематологических, молекулярно-генетических методов позволяет более глубоко изучить адаптивные характеристики молочного скота кавказской бурой породы для дальнейшего его совершенствования.

### Ключевые слова

Адаптация, условия содержания, популяция, гематологический профиль, генетическая изменчивость, молочный скот.

# Haematological profile and genetic variation of brown Caucasian dairy cattle in different ecological and geographical zones

Alimsoltan A. Ozdemirov<sup>1</sup>, Lyudmila N. Chizhova<sup>2</sup>, Abdusalam A. Khozhokov<sup>1</sup>, Evgeniya S. Surzhikova<sup>2</sup> and Antonina K. Mikhaylenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Agrarian Scientific Centre of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>North Caucasus Federal Scientific Agrarian Centre, Mikhaylovsk, Russia

## Principal contact

Alimsoltan A. Ozdemirov, Leading Researcher, Laboratory of Genomic Research, Breeding and Breeding, Federal Agrarian Research Centre of the Republic of Dagestan; 30 A. Shakhbanova St, Makhachkala, Russia 367014.

Tel. +79094806199

Email [alim72@mail.ru](mailto:alim72@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

## How to cite this article

Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Mikhaylenko A.K. Haematological profile and genetic variation of brown Caucasian dairy cattle in different ecological and geographical Zones. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 146-151. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

Received 24 May 2021

Revised 19 August 2021

Accepted 6 September 2021

## Abstract

**Aim.** The rational use of North Caucasus forage lands, a large part of which is located in the mountains, is one of the important tasks in addressing the issue of improving the efficiency of cattle breeding. This appears quite challenging, as the mechanisms of adaptation of farm animals, in particular cattle, to the environmental and climatic peculiarities of a certain region have not been sufficiently explored. Since hematopoietic function of blood is the basis of organism's vital functions and genetic polymorphism is the measure of its adaptability, the present study is aimed at examining haematological profile and the degree of genetic variation in the Brown Caucasian cattle.

**Materials and Methods.** Haematological, genetic and statistical methods of analysis were used to examine the haematological profile and genetic structure of genes *GH*, *PIT-1*, *PRL* in Brown Caucasian dairy cattle, bred in different ecological and climatic zones of Dagestan.

**Conclusion.** This was the first time that hematopoietic function was studied in the context of genetic variation in Brown Caucasian dairy cattle bred in the foothills (100-200 m above sea level) and mountains (650-1,250 m above sea level). The information obtained gives an idea of and an answer to the question about the role of haematological profile and the degree of genetic variation in the development of adaptive and compensatory mechanisms to specific environmental conditions. The use of haematological, molecular and genetic methods allows the further exploration of the adaptation traits of Brown Caucasian dairy cattle for their further improvement.

## Key Words

Adaptation, breeding conditions, population, haematological profile, genetic variation, dairy cattle.

**ВВЕДЕНИЕ**

Для животноводства Северного Кавказа, значительную территорию которого занимают горы, изучение механизмов адаптации сельскохозяйственных животных имеет особо важное практическое значение.

В условиях гор ультрафиолетовые лучи действуют более интенсивно, что сопровождается высокой ионизацией воздуха, низким содержанием кислорода, резкими колебаниями суточных и годовых температур, пониженным барометрическим давлением. Животные, находясь в таких суровых эколого-климатических условиях, одновременно несут и большую физическую нагрузку, обусловленную передвижением по горным склонам, добыванием корма из-под снега, преодолевая при этом длительные переходы из одной климатической зоны в другую [1].

Рациональное использование богатых кормовых угодий (альпийские луга) предполагает разведение хорошо приспособленных к горным условиям пород, популяций животных, которые бы легко переносили низкое парциальное давление, суровые климатические факторы, сложные условия кормления, содержания.

В горных условиях процесс адаптации животных, по литературным данным ряда авторов сопровождается изменениями функциональной деятельности различных функций и систем, в том числе и гемопоетической, которые направлены на поддержание физиологической нормы, обеспечивающей нормальную жизнедеятельность организма в создавшихся эколого-климатических условиях [2; 3]. Такой системой служит кровь. Весьма разнообразны функции крови. Являясь внутренней средой между организмом и внешней средой, выполняет роль буфера. Под влиянием целого ряда факторов, в том числе и природно-климатических, и происходящих в организме, кровь является одним из чувствительных показателей изменений при общей тенденции к сохранению постоянства морфологического состава [4].

Одним из основных факторов, играющих важную роль в жизнедеятельности организма в условиях гор, является обеспечение и насыщением кислородом, что сопровождается в циркулирующей крови увеличением объема, повышение в ней концентрации гемоглобина. Это, в первую очередь, способствует возрастанию его удельного веса в организме и для снабжения дополнительным количеством кислорода органов и тканей, в свою очередь, ослабляя тем самым недостаток кислорода, то есть отрицательное действие парциального давления [3; 5].

В последнее время большое внимание уделяется методам молекулярной генетики,

позволяющим изучать, выявлять, оценивать адаптационно-компенсаторные механизмы, обеспечивающие разведения животных в разных эколого-географических зонах. То есть, выявлять тот спектр адаптационных преобразований, который обеспечивает жизнедеятельность организма в создавшихся условиях обитания [6].

Значительная роль в процессе адаптации отводится генетическому полиморфизму, который является мерой генетической изменчивости, обеспечивая организму ту пластичность, которая необходима для выживания в создавшихся условиях [7; 8].

Молекулярно-генетические методы дают возможность выявить особо ценные генотипы, хорошо адаптированные к существующим условиям содержания для широко использования их в практической селекции [9; 10].

Вышеизложенное послужило целью изучения гематологического профиля, генетической изменчивости кавказского бурого скота, разводимого в разных эколого-климатических зонах Дагестана.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Научно-исследовательская работа проводилась на кавказской бурой породе (коровы,  $n=70$ ) молочного направления продуктивности, разводимого в разных эколого-климатических зонах Дагестана: предгорье – высота от 100 до 250 м над уровнем моря, горы – 650-1250 м над уровнем моря. Биоматериалом для определения гематологического профиля и выделения ДНК являлась цельная кровь. При использовании коммерческого набора реагентов «DIAtom<sup>tm</sup> DNA Prep 100» (ISOGENELAB, Москва) проводилась выделение ДНК, выход которой составил 3-5 мкг/100 мкл с OD 260/280 от 1,6 до 2,0. Для проведения методов ПЦР использовались специализированные коммерческие наборы «GenePak PCR Core», (ISOGENELAB, Москва) [11].

Генотипирование исследуемых популяций кавказской бурой породы для изучения полиморфизма генов соматотропина (GH), гипофизарного фактора транскрипции (PIT-1), пролактина (PRL) проведено методом полимеразно-цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) на программируемом четырехканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) [12; 13]. Постановка полимеразно-цепной реакции (ПЦР) осуществлялась с использованием синтезируемых специфических праймеров (табл. 1) [14].

**Таблица 1.** Индивидуальные характеристики условий ПЦР-ПДРФ

**Table 1.** Specifications for PCR-RFLP conditions

| Нуклеотидные последовательности<br>Nucleotide Sequences                                | T° C, отжига<br>T° C, annealing | Амплификат,<br>(п.н.)<br>Amplification, (p.n.) | Эндонуклеаза<br>Endonuclease | Замена нуклеотида<br>Nucleotide replacement | Генотип<br>Genotypes |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| <i>GH</i>                                                                              |                                 |                                                |                              |                                             |                      |
| <i>F: 5'-gct-gct-cct-gag-cct-tcg -3'</i><br><i>R: 5'-gcggcggcacttcacgaccc-3'</i>       | 65                              | 223                                            | <i>AluI</i>                  | C→A                                         | VV/ VL/ LL           |
| <i>PIT-1</i>                                                                           |                                 |                                                |                              |                                             |                      |
| <i>F: 5'- caatgagaaagttggtgc -3'</i><br><i>R: 5'-tctgcattcgagatgctc -3'</i>            | 55                              | 660                                            | <i>HinfI</i>                 | A→G                                         | AA/ AB/ BB           |
| <i>PRL</i>                                                                             |                                 |                                                |                              |                                             |                      |
| <i>F: 5'-cgagtccttatgagcttgattctt-3'</i><br><i>R: 5'-gccttcacagaagtcgtttgttttc -3'</i> | 63                              | 156                                            | <i>RsaI</i>                  | A→G                                         | AA/AB/BB             |

Методом горизонтального гель-электрофореза при УФ-свете определялось число и длина фрагментов рестрикции с использованием эндонуклеаз в агарозном геле разной концентрации от 1,8 до 2,5% после окрашивания этидием бромистым. Использовался стандартный коммерческий набор *M50 «GenePakDNAMarkers»* (ISOGENELAB, Москва) в качестве маркера молекулярных масс [11].

Морфологический состав крови определялся использованием общепринятых гематологических методов анализа и специальных расчетов.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ морфологического состава крови исследуемого поголовья крупного рогатого скота

свидетельствуют о том, что периферическая кровь популяции, содержащейся в условиях гор, была более насыщена эритроцитами, лейкоцитами, гемоглобином, по сравнению с животными, находящимися в предгорье. Так, в периферической крови животных, разводимых и содержащихся в условиях гор, было на 7,7% больше содержание количества эритроцитов, на 11,8% с более высоким объемом одного эритроцита, содержания в нем гемоглобина с превосходством на 12,5%, что и обусловило большую его концентрацию в крови на 12,3%, по сравнению с аналогами популяции из разводимой в предгорье (табл. 2).

**Таблица 2.** Морфологическая картина и качественный состав крови кавказского бурого скота в разных условиях содержания

**Table 2.** Morphological pattern and blood quality composition of Brown Caucasian cattle under different breeding conditions

| Условия содержания<br>Holding conditions | Форменные элементы крови<br>Formed elements of blood   |                                                                                                                   |                                                   |                              | Гемоглобин<br>Haemoglobin                                                    |                                           |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                          | Эритроциты<br>Erythrocytes                             |                                                                                                                   |                                                   | Уровень,<br>г/л<br>Level g/l | Количество<br>в одном<br>эритроците, Пг<br>Quantity in one<br>red blood cell | Концентрация,<br>%<br>Concentration,<br>% |
|                                          | Количество,<br>$10^{12/l}$<br>Quantity,<br>$10^{12/l}$ | Объем<br>одного<br>эритроцита,<br>мкм <sup>2</sup><br>volume of a<br>single red<br>blood cell<br>mkm <sup>2</sup> | Лейкоциты,<br>$10^9/l$<br>Leukocytes,<br>$10^9/l$ |                              |                                                                              |                                           |
| <b>Предгорье</b><br>Foothills            | 8,7±0,19                                               | 32,8±0,40                                                                                                         | 6,12±0,24                                         | 104,80±1,77                  | 11,9±0,31                                                                    | 30,6±0,31                                 |
| <b>Горы</b><br>Mountain                  | 9,1±0,21                                               | 37,2±0,31                                                                                                         | 6,57±0,41                                         | 118,16±1,94                  | 13,6±0,29                                                                    | 34,9±0,43                                 |

Выявленная закономерность, вероятно, обусловлена тем, что у животных в горных условиях в процессе адаптации происходят изменения функциональной деятельности различных систем, в том числе и кровообращения, которые направлены на поддержание постоянства порционного давления, уровня кислорода в крови, что обеспечивает им возможность существования в этих условиях.

При сопоставлении гематологического профиля исследуемых популяций с генетической структурой генов, контролирующих молочную продуктивность, более ярко выявленная закономерность проявилась.

Генотипированием установлено, что полиморфизм генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* исследуемых популяций, представлен двумя аллелями: ген *GH* – *GH<sup>V</sup>* и *GH<sup>L</sup>*; ген *PIT-1* – *PIT-1<sup>A</sup>* и *PIT-1<sup>B</sup>*; ген *PRL* – *PRL<sup>A</sup>* и *PRL<sup>B</sup>*; тремя генотипами: *GH<sup>VV</sup>*, *GH<sup>LL</sup>*, *GH<sup>LV</sup>*; *PIT-1<sup>AA</sup>*, *PIT-1<sup>BB</sup>*, *PIT-1<sup>AB</sup>*; *PRL<sup>AA</sup>*, *PRL<sup>BB</sup>*, *PRL<sup>AB</sup>*, соответственно, с разной частотой встречаемости.

Сравнительный анализ гематологического профиля и констант, характеризующих генетическую структуру изученных генов в исследуемых популяциях, свидетельствует о неоднозначности величины сравниваемых показателей, зависящей как от среды обитания животных, так и от гена (табл. 3).

Сравнительным анализом установлено, что средняя степень гомозиготности (*Ca*, %) изучаемых

генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* в популяции коров, содержащихся в условиях предгорья, была значительно выше (на 7,8%), по сравнению с популяцией, находящейся в горах, составив, в среднем, 71,9% – в предгорье, 66,9% – в горах ( $P < 0,01$ ). При этом показатель уровня полиморфности, то есть число эффективно действующих аллелей (*Na*), в популяции, находящейся в горах был выше (на 10,8%), чем в популяции в предгорье ( $P < 0,01$ ). Выявленная закономерность нашла отражение в степени генетической изменчивости (*V*, %), уровень которой оказался достаточно высоким в популяции, содержащейся в условиях гор и составил – 31,2%, против 23,0% – в условиях предгорья, с разницей в 35,6% ( $P < 0,001$ ).

О недостатке гетерозигот в обеих популяциях свидетельствует тест гетерозиготности (ТГ).

Исследуемые популяции по локусам изучаемых генов находились в генетическом равновесии, так как фактическое распределение генотипов соответствует теоретически ожидаемому ( $\chi^2 = 0,62-21,6$ ).

Таким образом, экологические нагрузки отражаются как на состоянии системы крови – её гемопоэтической функции, так и на генетической структуре генов, контролирующих молочную продуктивность.

**Таблица 3.** Генетическая структура кавказского бурого скота в разных условиях содержания**Table 3.** Genetic structure of Brown Caucasian cattle under different breeding conditions

| Условия содержания<br>Conditions of holding | Ген<br>Gene        | Показатель / Indicator |      |      |       |       |                        |
|---------------------------------------------|--------------------|------------------------|------|------|-------|-------|------------------------|
|                                             |                    | Ca, %                  | Na   | V, % | Hobs  | Hex   | ТГ                     |
| Предгорье<br>Foothills                      | GH                 | 68,0                   | 1,47 | 27,0 | 0     | 0,470 | -0,47 Ф<Т              |
|                                             | PIT-1              | 70,5                   | 1,42 | 24,5 | 0,538 | 0,870 | +0,12 Ф>Т              |
|                                             | PRL                | 77,4                   | 1,29 | 17,6 | 0,176 | 0,290 | -0,11 Ф<Т              |
|                                             | Среднее<br>Average | 71,9                   | 1,39 | 23,0 | 0,238 | 0,543 | +0,12 Ф>Т<br>-0,29 Ф<Т |
| Горы<br>Mountain                            | GH                 | 55,8                   | 1,79 | 42,2 | 0,163 | 0,722 | -0,56 Ф<Т              |
|                                             | PIT-1              | 82,0                   | 1,22 | 16,0 | 0,190 | 0,620 | -0,03 Ф<Т              |
|                                             | PRL                | 62,5                   | 1,60 | 35,5 | 0,724 | 0,599 | +0,13 Ф>Т              |
|                                             | Среднее<br>Average | 66,7                   | 1,54 | 31,2 | 0,359 | 0,647 | +0,13 Ф>Т<br>-0,29 Ф<Т |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенные исследования, их анализ позволяют заключить, что информация о гематологическом профиле, о степени генетической изменчивости популяций особо важны для составления представления и получения ответа в изменяющихся условиях среды обитания особенностей формирования приспособительно-компенсаторных механизмов.

Исследования, проводимые на основании гематологического анализа, молекулярной генетики, позволяют более глубоко изучить адаптивные характеристики молочного скота кавказской бурой породы с целью дальнейшего его совершенствования.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- Алимов Н.И., Павлов А.Ю., Попович В.И. и др. Клетки крови как индикатор токсического действия отравляющих веществ. М., 2003. 205 с.
- Барнаш Е.Н. Гематологический профиль каракаевских овец в онтогенезе в условиях высокогорья // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства 2010. Т. 3. N 1. С. 1-2.
- Силкина С.Ф., Барнаш Е.Н. Морфо-биохимические показатели крови овец каракаевской породы в разных условиях содержания // Овцы, козы, шерстяное дело. 2012. N 2. 83 с.
- Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: Oxygen carriers and regulators of local blood flow // The Journal of experimental biology. 2009. Iss. 212. N21. P. 3387-3393. DOI: 10.1242/jeb.023697
- Козинец Г.И., Высоцкий В.В., Захаров В.В. и др. Кровь и экология. М., 2007. 430 с.
- Янчуков И.Н., Ермилов А.Н., Харитонов С.Н., Глущенко М. Роль геномной оценки в разведении молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2013. N8. С. 6-8.
- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Михайленко А.К., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н. Оценка адаптационной перестройки овец в разных условиях на основе биомаркеров // Вестник АПК Ставрополья. 2019. N 2 (34). С. 19-25.
- Оздемиров А.А., Анаев М.С., Рамазанова Д.М. Влияние нарушений метаболического гомеостаза у

глубоко стельных коров на состояние естественной резистентности новорожденных телят и проявление у них болезней органов пищеварения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. N 11-3. С. 496-503.

- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Михайленко А.К. Перспективные генетические маркеры крупного рогатого скота // Вестник АПК Ставрополья. 2018. N 3 (31). С. 44-51. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
- Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочного скота по маркерным генам CSN3, GH, PIT-1, PRL // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. N 6. С. 40-47.
- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н., Чудновец А.И. Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота // АгроЗooТехника. 2019. T. 2. N 1. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3 URL: [http://azt-journal.ru/article/28091?\\_lang=en](http://azt-journal.ru/article/28091?_lang=en) (дата обращения: 29.03.2021)
- Ильина А.В., Муштукова Ю.В., Хуртина О.А. Генетическая оценка состояния популяционного генофонда крупного рогатого скота ярославской породы в ОАО «Михайловское» Ярославского района // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. N 4 (28). С. 39-43.
- Safronova O., Babich E., Ovchinnikova L., Ovchinnikov A. Polymorphism of Kappa-Casein, Somatotropin, Beta-Lactoglobulin, Prolactin, and Thyreoglobulin Genes of Black and White Cattle of North Kazakhstan // J. Pharm. Sci. & Res. 2017. N 9 (5). P. 568-573.
- Методические рекомендации по проведению ДНК-тестирования племенных животных субъектов племенного животноводства по генам, определяющим продуктивные качества / сост. В.К. Пестис, О.А. Епишко и др. Гродно, ГГАУ. 2016. 30 с.

**REFERENCES**

- Alimov N.I., Pavlov A.Yu., Popovich V.I. et al. *Kletki krovi kak indikator toksicheskogo deistviya otravlyayushchikh veshchestv* [Blood cells as an indicator of the toxic effect of toxic substances]. Moscow, 2003, 205 p. (In Russian)

2. Barnash E.N. Hematological profile of Karachay sheep in ontogenesis in the conditions of the highlands. In: *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production]. 2010, vol. 3, no. 1, pp. 1-2. (In Russian)
3. Silkina S.F., Barnash E.N. Morphobiochemical blood parameters of sheep of Karachay breed in different conditions of keeping. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats, wool business]. 2012, no. 2, 83 p. (In Russian)
4. Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: Oxygen carriers and regulators of local blood flow. *The Journal of experimental biology*, 2009, iss. 212, no. 21, pp. 3387-3393. DOI: 10.1242/jeb.023697
5. Kozinets G.I., Vysotsky V.V., Zakharov V.V., et al. *Krov' i ekologiya* [Blood and ecology]. Moscow, 2007, 430 p. (In Russian)
6. Yanchukov I.N., Ermilov A.N., Kharitonov S.N., Glushchenko M. The role of genomic evaluation in the breeding of dairy cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and meat cattle breeding]. 2013, no. 8, pp. 6-8. (In Russian)
7. Selionova M.I., Chizhova L.N., Mikhailenko A.K., Surzhikova E.S., Sharko G.N. Assessment of adaptive restructuring of sheep in different conditions based on biomarkers. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol]. 2019, no. 2(34), pp. 19-25. (In Russian)
8. Ozdemirov A.A., Anaev M.S., Ramazanov D.M. The effect of metabolic homeostasis disorders in deeply pregnant cows on the state of natural resistance of newborn calves and the manifestation of digestive diseases in them. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016, no. 11-3, pp. 496-503. (In Russian)
9. Selionova M.I., Chizhova L.N., Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Mikhailenko A.K. Promising genetic markers of cattle. *Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol*, 2018, no. 3 (31), pp. 44-51. (In Russian) DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
10. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Assessment of the genetic potential of young dairy cattle by marker genes CSN3, GH, PIT-1, PRL. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2020, no. 6, pp. 40-47. (In Russian)
11. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Sharko G.N., Mikhailenko T.N., Chudnovets A.I. Pedigree features of the allelic profile of genes controlling dairy productivity of cattle. *Agricultural and Livestock Technology*, 2019, vol. 2, iss. 1. (In Russian) DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3 Available at: [http://azt-journal.ru/article/28091?\\_lang=en](http://azt-journal.ru/article/28091?_lang=en) (accessed 29.03.2021)
12. Ilyina A.V., Mushtukova Yu.V., Khurtina O.A. Genetic assessment of the state of the population gene pool of cattle of the Yaroslavl breed in JSC "Mikhailovskoye" of the Yaroslavl district. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* [Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region]. 2014, no. 4 (28), pp. 39-43. (In Russian)
13. Safronova O., Babich E., Ovchinnikova L., Ovchinnikov A. Polymorphism of Kappa-Casein, Somatotropin, Beta-Lactoglobulin, Prolactin, and Thyreoglobulin Genes of Black and White Cattle of North Kazakhstan. *J. Pharm. Sci. & Res.* 2017, no. 9 (5), pp. 568-573.
14. Pestis V.K., Epishko O.A., et al. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu DNK-testirovaniya plemennykh zhivotnykh sub"ektov plemennogo zhivotnovodstva po genam, opredelyayushchim produktivnye kachestva* [Methodological recommendations for conducting DNA testing of breeding animals of livestock breeding subjects by genes that determine productive qualities]. Grodno, GSAU Publ., 2016, 30 p. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алимсолтан А. Оздемиров, Людмила Н. Чижова, Абдусалам А. Хожиков, Евгения С. Суржилова и Антонина К. Михайленко провели ДНК-исследования, гематологические и проанализировали данные. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alimsoltan A. Ozdemirov, Lyudmila N. Chizhova, Abdusalam A. Khozhikov, Evgeniya S. Surzhikova and Antonina K. Mikhaylenko conducted DNA and haematological research and analysed the data. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

#### ORCID

Алимсолтан А. Оздемиров / Alimsoltan A. Ozdemirov <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>  
 Людмила Н. Чижова / Lyudmila N. Chizhova <https://orcid.org/0000-0002-4029-0482>  
 Абдусалам А. Хожиков / Abdusalam A. Khozhikov <https://orcid.org/0000-0002-7303-0222>  
 Евгения С. Суржилова / Evgeniya S. Surzhikova <https://orcid.org/0000-0002-3955-0902>  
 Антонина К. Михайленко / Antonina K. Mikhaylenko <https://orcid.org/0000-0002-4424-2461>