



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-12-8>

УДК 636.018:577.21

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## Полиморфизм генов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* и их влияние на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы

Авадани Д.А.<sup>1,2</sup>, (✉) Гончаренко Г.М.<sup>1</sup>, Хорошилова Т.С.<sup>1</sup>, Гришина Н.Б.<sup>1</sup>, Халина О.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия,

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет  
Новосибирск, Россия

(✉)e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Изучен полиморфизм генов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1* и связи их генотипов с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы. Молекулярно-генетические исследования проведены на коровах данной породы ( $n = 100$ ). Выявлена частота генотипов и аллелей у коров черно-пестрой породы, обусловленная предшествующей селекционно-племенной работой. Сравнительная оценка полиморфизма изучаемых генов с другими российскими молочными породами показала хорошее совпадение результатов. Установлено, что коровы с генотипом *CSN3*<sup>AA</sup> имели более высокий (на 707,3 кг) удой в сравнении с гетерозиготным генотипом *CSN3*<sup>AB</sup>, содержание массовой доли жира было выше у коров с генотипом *CSN3*<sup>BB</sup> на 0,76% в сравнении с генотипом *CSN3*<sup>AB</sup> и на 0,69% – с *CSN3*<sup>AA</sup>. Соответственно более высокое (на 66,1 кг) содержание молочного жира имели коровы с генотипом *CSN3*<sup>BB</sup>, чем животные с генотипом *CSN3*<sup>AB</sup>. Коровы с генотипом *BLG*<sup>BB</sup> имели удой на 944,4 кг больше, содержание молочного жира выше на 46,2 кг по сравнению с животными генотипа *BLG*<sup>AA</sup>. Более высокая молочная продуктивность отмечена у гетерозиготных животных *TNF- $\alpha$ -824*<sup>GA</sup>, превосходящая гомозиготные генотипы по удою на 688,7–753,8 кг, содержанию молочного белка на 20,7–27,2 кг, содержанию молочного жира на 20,6 кг. Коровы с генотипом *SCD1*<sup>CC</sup> превосходили по удою на 511,3 и 792,1 кг животных с альтернативными генотипами. По содержанию молочного жира белка приоритетное положение занимали коровы с генотипом *SCD1*<sup>CC</sup>. У коров с разными генотипами *Pit-1*<sup>AA</sup> небольшое преимущество отмечено по содержанию белка. Выявленные ассоциативные связи генотипов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1* с удоем и качеством молока возможно использовать в селекции путем отбора и подбора родительских пар с желательными генотипами.

**Ключевые слова:** черно-пестрая порода, молочная продуктивность, генотип, частота, полиморфизм, ассоциативная связь, лактация

## Polymorphism of the *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* genes and their influence on milk productivity of cows of the Black-and-White breed

Avadani D.A.<sup>1,2</sup>, (✉)Goncharenko G.M.<sup>1</sup>, Khoroshilova T.S.<sup>1</sup>, Grishina N.B.<sup>1</sup>, Khalina O.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University  
Novosibirsk, Russia

(✉)e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

The polymorphism of the genes *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1* and the relationship of their genotypes with milk productivity of Black-and-White cows were studied. Molecular genetic studies were conducted on the Black-and-White cows ( $n = 100$ ). The genotype and allele frequency in the

Black-and-White cows which is a consequence of the previous selection and breeding work was identified. A comparative assessment of the polymorphism of the studied genes with other Russian dairy breeds showed good agreement of the results. It was found that cows with the *CSN3*<sup>AA</sup> genotype had a higher milk yield (by 707,3 kg) compared to the heterozygous genotype *CSN3*<sup>AB</sup>; the fat mass fraction content was higher in cows with the *CSN3*<sup>BB</sup> genotype by 0,76% compared to the *CSN3*<sup>AB</sup> genotype and by 0,69% with *CSN3*<sup>AA</sup>. Accordingly, cows with the *CSN3*<sup>BB</sup> genotype had a higher milk fat content (by 66,1 kg) than animals with the *CSN3*<sup>AB</sup> genotype. Cows with the *BLG*<sup>BB</sup> genotype had a milk yield of 944.4 kg more and a milk fat content of 46.2 kg higher compared to animals with the *BLG*<sup>AA</sup> genotype. Higher milk productivity was noted in heterozygous animals *TNF- $\alpha$ -824*<sup>GA</sup>, exceeding homozygous genotypes in milk yield by 688.7-753.8 kg, milk protein content by 20,7-27,2 kg, milk fat content by 20,6 kg. Cows with the *SCD1*<sup>CC</sup> genotype exceeded animals with alternative genotypes in milk yield by 511,3 and 792,1 kg. In terms of milk fat and protein content, cows with the *SCD1*<sup>CC</sup> genotype have a priority position. Cows with different *Pit-1*<sup>AA</sup> genotypes had a slight advantage in protein content. The identified associative links of the *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1* genotypes with milk yield and milk quality can be used in selection by selecting and matching parental pairs with desirable genotypes.

**Keywords:** Black-and-White breed, milk productivity, genotype, frequency, polymorphism, associative linkage, lactation

**Для цитирования:** Авадани Д.А., Гончаренко Г.М., Хорошилова Т.С., Гришина Н.Б., Халина О.Л. Полиморфизм генов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* и их влияние на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55 № 12. С. 75–85. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-12-8>

**For citation:** Avadani D.A., Goncharenko G.M., Khoroshilova T.S., Grishina N.B., Khalina O.L. Polymorphism of the *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* genes and their influence on milk productivity of cows of the Black-and-White breed. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science, 2025, vol. 55, no. 12, pp. 75–85. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-12-8>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена в рамках выполнения темы FNUU-2024-0009.

#### Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the topic FNUU-2024-0009.

## ВВЕДЕНИЕ

Поиск новых и использование апробированных генетических маркеров, оказывающих влияние на развитие фенотипических признаков, дополняет традиционные методы селекции за счет более точной оценки генетического потенциала продуктивности животных. В молочном скотоводстве большой интерес представляют гены, ассоциированные с удоем, качественным составом молока, а также резистентностью животных, таких как *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1*.

К числу наиболее изученных можно отнести ген *CSN3*, генотип которого *CSN3*<sup>BB</sup>, как показали многочисленные исследования, связан с повышенным содержанием белка и сыропригодностью [1–3]. Белок молочной сыворотки *BLG* представляет ценность в се-

лекции молочного скота в связи с его влиянием на удой коров, содержание жира и белка в молоке коров [4]. Определенный интерес вызывает ген *TNF- $\alpha$*  (824 A/G), особенно при оценке репродуктивной способности коров и их молочной продуктивности [5–6]. Ген *Pit-1* принимает участие в транскрипции нескольких генов *GHRH*, *TSH*, *PRL*, выполняющих важные функции в организме в процессах роста, развития, синтеза молока и воспроизводительной способности. В молочных породах частота генотипов этого гена не имеет существенных различий [7].

В настоящее время в связи с особым спросом на качество продукции, особенно их жирнокислотного состава, ген *SCD1* приобретает более высокую значимость, так как показано,

что он связан с липогенезом, окислением липидов и термогенезом<sup>1</sup> [8].

Прогнозная оценка продуктивности коров с использованием генетических маркеров (SNP) будет более успешной при установлении связей генотипов с основными селекционно значимыми признаками, подтвержденными на нескольких породах или повторностях на одном стаде.

Цель исследования – изучить ассоциативные связи генотипов *CSN3*, *BLG*, *TNF-α* (824 A/G), *Pit-1*, *SCD1* генов с удоем и качественным составом молока коров черно-пестрой породы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Молекулярно-генетические исследования коров черно-пестрой породы ( $n = 100$ ) проведены в лаборатории биотехнологии Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра Российской академии наук (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН). Геномную ДНК выделяли из крови с использованием набора экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио» (Москва). Качество и концентрацию выделенной ДНК оценивали в 1%-м агарозном геле методом горизонтального электрофореза с использованием гель-документирующей системы E-Box-CX5.TS-20.M в проходящем ультрафиолетовом свете по флуоресценции бромистого этидия.

Полиморфизм гена *CSN3*, *BLG* определяли по методике ПЦР-ПДРФ, описанной в методическом пособии<sup>2</sup>. Выявление полиморфизма гена *TNF-α-824 A/G* проводили согласно методике<sup>3</sup>. Генотипы гена *SCD1* идентифицирова-

ли согласно протоколу<sup>4</sup>. Генотипы генов *Pit-1* идентифицировали согласно методике [9].

Амплификацию проводили в амплификаторе C1000 «BioRad». Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *Hind* III, *Eco*ICRI, *Hae* III, *Rsa*I (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 3%-м агарозном геле в УФ-свете.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью компьютерных программ Microsoft Excel и общепринятых методик биометрической обработки в зоотехнии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Генотипическая структура черно-пестрой породы по генам *CSN3*, *BLG*, *TNF-α-824*, *Pit-1*, *SCD1* представлена на рис. 1.

Коровы черно-пестрой породы характеризуются практически одинаковой частотой генотипов *CSN3<sup>AA</sup>* и *CSN3<sup>AB</sup>* (44 и 46%). На долю гомозиготного генотипа *CSN3<sup>BB</sup>* приходится лишь 10%. Такая частота генотипов вполне соответствует российской черно-пестрой породе крупного рогатого скота. Так, в исследованных [10] в линиях черно-пестрой породы Вис Бэк Айдиал, Рефлекшен Соверинг и Монтвик Чифтейн генотип *CSN3<sup>BB</sup>* выявлен от 4,0 до 9,4%. Частота генотипа *CSN3<sup>AA</sup>* – 37–45%, гетерозиготный генотип определен у 51–57% животных.

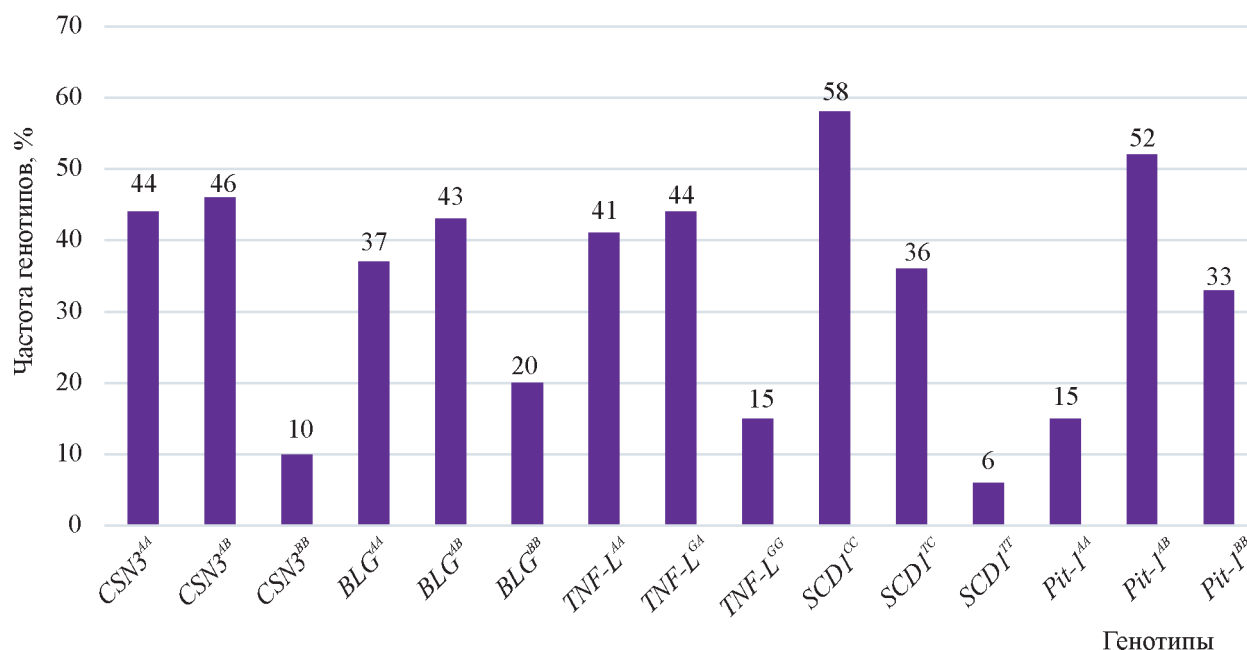
В гене *BLG* отмечено более равномерное соотношение генотипов. Генотип *BLG<sup>BB</sup>* выявлен у 20,0%, на два других приходится 37,0 и 43,0% соответственно. Аналогичное соотношение генотипов этого гена (0,331; 0,489, и 0,181) выявлено в стаде черно-пестрой породы авторами [11].

<sup>1</sup>Юльметьева Ю.Р., Сафина Н.Ю., Шарафутдинов Г.С., Шакиров Ш.К. Полиморфизм гена стеарил-коа кодесатуразы (*SCD1*) для локусов количественных признаков молочной продуктивности // Аграрный научный журнал. 2018. № 11. С. 43–45. DOI: 10.28983/asj.v0i11.416.

<sup>2</sup>Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Павлова И.Ю., Ганченкова Т.Б., Дудин М.И., Приданова И.Е. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. Лесные Поляны, 2015. 33 с.

<sup>3</sup>Люханов М.П., Короткевич О.С., Себежко О.И., Юдин Н.С. Однонуклеотидный полиморфизм в популяции крупного рогатого скота красной степной породы // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 326.

<sup>4</sup>Позовникова М.В., Сердюк Г.Н., Тулинова О.В., Терлецкий В.П., Деметьева Н.В., Митрофанова О.В. Связь полиморфизма гена Стеарил-КоА-Десатураза (*SCD1*) с хозяйственно ценными признаками в российской популяции коров айрширской породы // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1139–1147. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1139rus.



**Рис. 1.** Частота генотипов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* генов у коров черно-пестрой породы  
**Fig. 1.** Genotype frequency of the *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *Pit-1*, *SCD1* genes in cows of the Black-and-White breed

Ген *TNF-L* в исследуемом стаде коров представлен тремя генотипами – *TNF-L*<sup>AA</sup>, *TNF-L*<sup>GA</sup>, *TNF-L*<sup>GG</sup> – с частотой 41,0; 44,0 и 15,0% соответственно. Для коров черно-пестрой породы отличительной особенностью является низкая частота генотипа *SCD1*<sup>TT</sup> – 6,0%. Такая же частота этого генотипа (5,7%) выявлена у коров голштинской породы Татарстана. При этом на долю гетерозиготного генотипа приходится 70,4% [12]. В то же время в мясных породах скота, например герефордской, соотношение генотипов этого гена иное: *SCD1*<sup>CC</sup> – 22,0%, *SCD1*<sup>TC</sup> – 44,0, *SCD1*<sup>TT</sup> – 34,0%. В казахской белоголовой породе это соотношение представлено как 45,6 : 36,8 : 17,6 [13].

В гене *Pit-1* у коров черно-пестрой породы выявлено три генотипа – *Pit-1*<sup>AA</sup>, *Pit-1*<sup>AB</sup>, *Pit-1*<sup>BB</sup> – с частотой 15,0; 52,0 и 33,0% соответственно. Сравнительная оценка с литературными данными показала некоторые его отличия от других пород молочного скота. Так, в голштинской породе, по данным [9], частота генотипов составляет: AA – 11,7%, AB – 40,5, BB – 47,7%. В молочных породах Казахстана этот ген имеет следующую ча-

стоту: красная степная – 0,092; 0,433 и 0,475, симментальская – 0,222; 0,476 и 0,302 [7].

Частота аллелей генов *CSN3*, *BLG*, *TNF- $\alpha$ -824*, *SCD1*, *Pit-1* коров черно-пестрой породы представлена на рис. 2.

К наиболее распространенным аллелям в черно-пестрой породе можно отнести *CSN3*<sup>A</sup>, *BLG*<sup>B</sup>, *TNF-L*<sup>G</sup>, *SCD1*<sup>C</sup>, *Pit-1*<sup>B</sup> с частотой выше 0,5. Среди альтернативных аллелей наиболее редко встречается аллель *Pit-1*<sup>A</sup> – 0,24.

На основании анализа частот генотипов и аллелей можно предположить, что в селекционный процесс отбора вовлечены те из них, которые связаны с продуктивностью или качественными показателями молока и соответственно имеют более высокую частоту встречаемости.

Исследования наиболее значимого и хорошо апробированного в молочном скотоводстве гена *CSN3* показали, что по второй лактации коровы черно-пестрой породы с генотипом *CSN3*<sup>AA</sup> имели более высокий (на 707,3 кг) удой в сравнении с гетерозиготным генотипом *CSN3*<sup>AB</sup> ( $p \leq 0,05$ ) (см. табл. 1). Также коровы с генотипом *CSN3*<sup>AA</sup> имели более высокое содержание молочного жира



**Рис. 2.** Частота аллелей *CSN3*, *BLG*, *TNF-α-824*, *SCD1*, *Pit-1* генов коров черно-пестрой породы  
**Fig. 2.** Allele frequency of the *CSN3*, *BLG*, *TNF-α-824*, *SCD1*, *Pit-1* genes in cows of the Black-and-White breed

**Табл. 1.** Молочная продуктивность коров с генотипами гена *CSN3*  
**Table 1.** Milk productivity of cows with the *CSN3* gene genotypes

| Генотип                   | <i>n</i> | Удой, кг       | Жир, %      | Белок, %    | Жир, кг      | Белок, кг    |
|---------------------------|----------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Первая лактация           |          |                |             |             |              |              |
| <i>CSN3</i> <sup>AA</sup> | 44       | 6741,5 ± 165,3 | 4,08 ± 0,05 | 3,20 ± 0,02 | 275,1 ± 7,9  | 217,4 ± 6,0  |
| <i>CSN3</i> <sup>AB</sup> | 43       | 6640,6 ± 161,3 | 4,06 ± 0,05 | 3,20 ± 0,02 | 268,9 ± 6,7  | 214,6 ± 6,0  |
| <i>CSN3</i> <sup>BB</sup> | 4        | 6137,5 ± 415,3 | 4,02 ± 0,15 | 3,18 ± 0,05 | 248,8 ± 24,8 | 195,4 ± 15,5 |
| Вторая лактация           |          |                |             |             |              |              |
| <i>CSN3</i> <sup>AA</sup> | 28       | 8159,4 ± 210,7 | 4,09 ± 0,07 | 3,20 ± 0,02 | 333,5 ± 9,8  | 261,6 ± 7,7  |
| <i>CSN3</i> <sup>AB</sup> | 25       | 7452,1 ± 288,5 | 4,02 ± 0,06 | 3,20 ± 0,02 | 298,8 ± 12,2 | 244,4 ± 9,6  |
| Третья лактация и старше  |          |                |             |             |              |              |
| <i>CSN3</i> <sup>AA</sup> | 30       | 7708,9 ± 279,0 | 4,23 ± 0,07 | 3,16 ± 0,02 | 325,1 ± 11,8 | 244,8 ± 10,0 |
| <i>CSN3</i> <sup>AB</sup> | 24       | 7285,3 ± 223,7 | 4,04 ± 0,09 | 3,16 ± 0,02 | 305,3 ± 14,6 | 236,4 ± 9,7  |

(на 34,7 кг), в сравнении с генотипом *CSN3*<sup>AB</sup> (*p* ≤ 0,05). По первой и третьей лактациям достоверных различий по учтенным показателям не обнаружено, хотя удой коров по третьей лактации с генотипом *CSN3*<sup>AA</sup> достигает 7708,9 кг, тогда как с гетерозиготным генотипом – 7285,3 кг.

Полученные нами данные о приоритетности генотипа *CSN3*<sup>AA</sup> по удою совпадают с результатами исследований коров симментальской породы, где животные с этим генотипом также имели более высокий (на 398,6 кг) удой в сравнении с генотипом *CSN3*<sup>BB</sup> [3].

Несколько иные результаты получены на коровах черно-пестрой породы [14]. Более высокой белкомолочностью (на 0,09–0,17%) отличались животные с генотипом *CSN3*<sup>BB</sup> в сравнении с альтернативными генотипами. К аналогичным выводам пришли исследователи при изучении связи генотипов гена *CSN3* с молочной продуктивностью коров голштинской породы [15].

При анализе ассоциативных связей генотипов гена *BLG* с молочной продуктивностью установлено, что коровы с генотипом *BLG*<sup>BB</sup> по второй лактации отличались более

высокими удоём (на 944,4 кг) и содержанием молочного жира (на 46,2 кг) по сравнению с животными генотипа  $BLG^{AA}$  ( $p \leq 0,05$ ) (см. табл. 2). По другим учтенным признакам по первой и третьей лактациям у коров с разными генотипами достоверных различий не выявлено. При этом следует отметить противоречивость литературных данных. Более высокий удой (на 694 кг) отмечен у коров с генотипом  $BLG^{AA}$  по сравнению с гетерозиготами, однако массовая доля жира и белка в молоке выше на 55,7 и 26,8 кг у животных с генотипом  $BLG^{BB}$  соответственно<sup>5</sup>. Однако в исследованиях [16] по оценке женских предков быков-производителей приоритетным по

удую и выходу молочного жира установлен комплексный генотип, составными частями которого были генотипы  $BLG^{AB}$  и  $BLG^{AA}$ . У коров красной белорусской породы лучшим комплексным генотипом был  $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}$ , в состав которого входил генотип  $BLG^{AB}$  [17].

При анализе молочной продуктивности коров с разными генотипами *TNF-α-824* показано, что по первой лактации удой у коров с генотипом  $TNF-α-824^{GA}$  достигает 7073,7 кг, что выше на 688,7–753,8 кг, чем у животных с альтернативными гомозиготными генотипами  $TNF-α-824^{AA}$  и  $TNF-α-824^{GG}$  ( $p \leq 0,01$ ) (см. табл. 3). Кроме того, у этих

**Табл. 2.** Продуктивность коров с учетом генотипов по гену *BLG*

**Table 2.** Productivity of cows taking into account genotypes for the *BLG* gene

| Генотип                         | n  | Удой, кг       | Жир, %      | Белок, %    | Жир, кг      | Белок, кг    |
|---------------------------------|----|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>Первая лактация</i>          |    |                |             |             |              |              |
| $BLG^{AA}$                      | 34 | 6710,7 ± 161,0 | 4,05 ± 0,07 | 3,19 ± 0,02 | 271,4 ± 7,5  | 217,1 ± 5,7  |
| $BLG^{AB}$                      | 40 | 6716,5 ± 174,3 | 4,06 ± 0,04 | 3,21 ± 0,02 | 272,7 ± 7,5  | 217,2 ± 6,6  |
| $BLG^{BB}$                      | 17 | 6464,5 ± 302,1 | 4,10 ± 0,07 | 3,19 ± 0,03 | 266,2 ± 14,6 | 206,7 ± 10,3 |
| <i>Вторая лактация</i>          |    |                |             |             |              |              |
| $BLG^{AA}$                      | 22 | 7408,0 ± 374,3 | 4,01 ± 0,06 | 3,18 ± 0,02 | 296,0 ± 14,6 | 242,5 ± 13,2 |
| $BLG^{AB}$                      | 19 | 7902,0 ± 161,7 | 4,15 ± 0,09 | 3,23 ± 0,02 | 328,2 ± 10,6 | 255,4 ± 6,5  |
| $BLG^{BB}$                      | 14 | 8352,4 ± 219,5 | 4,10 ± 0,11 | 3,19 ± 0,02 | 342,2 ± 11,7 | 266,5 ± 7,2  |
| <i>Третья лактация и старше</i> |    |                |             |             |              |              |
| $BLG^{AA}$                      | 23 | 7231,6 ± 214,9 | 4,03 ± 0,07 | 3,15 ± 0,02 | 295,5 ± 9,3  | 231,6 ± 6,9  |
| $BLG^{AB}$                      | 20 | 7453,2 ± 249,4 | 4,21 ± 0,09 | 3,17 ± 0,02 | 312,4 ± 10,0 | 236,2 ± 8,4  |
| $BLG^{BB}$                      | 12 | 8079,2 ± 594,5 | 4,30 ± 0,14 | 3,18 ± 0,04 | 346,9 ± 26,3 | 258,5 ± 21,2 |

**Табл. 3.** Продуктивность коров за 305 дней лактации с учетом генотипов по гену *TNF-α-824*

**Table 3.** Productivity of cows for 305 days of lactation taking into account genotypes for the *TNF-α-824* gene

| Генотип                         | n  | Удой, кг        | Жир, %      | Белок, %    | Жир, кг      | Белок, кг    |
|---------------------------------|----|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>Первая лактация</i>          |    |                 |             |             |              |              |
| $TNF-α-824^{AA}$                | 34 | 6385,0 ± 160,16 | 4,12 ± 0,06 | 3,20 ± 0,02 | 263,0 ± 7,2  | 207,7 ± 6,1  |
| $TNF-α-824^{GA}$                | 39 | 7073,7 ± 146,60 | 4,01 ± 0,06 | 3,21 ± 0,02 | 283,6 ± 7,2  | 228,4 ± 5,5  |
| $TNF-α-824^{GG}$                | 18 | 6319,9 ± 314,13 | 4,08 ± 0,06 | 3,18 ± 0,02 | 258,8 ± 14,4 | 201,2 ± 10,7 |
| <i>Вторая лактация</i>          |    |                 |             |             |              |              |
| $TNF-α-824^{AA}$                | 22 | 7483,1 ± 233,48 | 4,12 ± 0,06 | 3,21 ± 0,02 | 309,0 ± 11,1 | 242,9 ± 8,1  |
| $TNF-α-824^{GA}$                | 25 | 8000,9 ± 304,9  | 4,08 ± 0,08 | 3,19 ± 0,02 | 325,1 ± 13,0 | 260,0 ± 10,2 |
| $TNF-α-824^{GG}$                | 8  | 8174,4 ± 298,36 | 3,98 ± 0,11 | 3,20 ± 0,04 | 327,0 ± 18,9 | 261,7 ± 10,9 |
| <i>Третья лактация и старше</i> |    |                 |             |             |              |              |
| $TNF-α-824^{AA}$                | 22 | 7505,1 ± 369,6  | 4,30 ± 0,10 | 3,18 ± 0,02 | 327,5 ± 16,6 | 243,4 ± 12,8 |
| $TNF-α-824^{GA}$                | 29 | 7464,5 ± 206,59 | 4,04 ± 0,06 | 3,16 ± 0,02 | 301,3 ± 8,8  | 236,3 ± 7,2  |
| $TNF-α-824^{GG}$                | 4  | 7689,2 ± 348,53 | 4,22 ± 0,11 | 3,10 ± 0,03 | 324,3 ± 13,1 | 238,7 ± 13,5 |

<sup>5</sup>Рачкова Е.Н. Наследуемость молочной продуктивности в зависимости от полиморфизма гена бета-лактоглобулина // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2016. Т. 226. № 2. С. 209–213.

коров отмечено и повышенное (на 20,6 кг) содержание молочного жира в сравнении с коровами с генотипом *TNF- $\alpha$ -824<sup>AA</sup>* ( $p \leq 0,05$ ). Также у гетерозиготных коров по этому гену выявлено более высокое (на 20,7–27,2 кг) содержание молочного белка, чем у животных с альтернативными гомозиготными генотипами ( $p \leq 0,05$ ). По второй и третьей лактациям существенных различий не обнаружено. Иные данные по приоритетности генотипов гена получены в исследованиях [5], где показано, что более высокий удой наблюдался у коров с генотипом *TNF- $\alpha$ -824<sup>AA</sup>*, однако у этих животных отмечен самый высокий процент яловости.

У коров с разными генотипами *SCD1* в качестве приоритетного генотипа по удою по первой лактации можно выделить генотип *SCD1<sup>CC</sup>*, с которым животные имеют удой 6927,4 кг, что выше на 511,3 и 792,1 кг, чем у коров с генотипами *SCD1<sup>CT</sup>* и *SCD1<sup>TT</sup>* соответственно ( $p \leq 0,05$ ) (см. табл. 4). У этих же коров выявлены значимые различия по содержанию молочного жира и белка. Так, по содержанию молочного жира превосходство достигает 26,7 кг над генотипом *SCD1<sup>CT</sup>* и 35,6 кг над генотипом *SCD1<sup>TT</sup>* ( $p \leq 0,05$ ). По содержанию белка различие составляет 21,7 и 30,5 кг соответственно ( $p \leq 0,05$ ). Сведения (см. сноску 4) подтверждают

наши данные о желательности генотипов *SCD1<sup>CC</sup>* и *SCD1<sup>CT</sup>* у коров айрширской породы, у которых установлена более высокая ПЦ по удою, выходу молочного жира и молочного белка. В голштинской породе Республики Татарстан также установлен более высокий (на 711,34 кг) удой у животных с генотипом *SCD1<sup>CC</sup>* по сравнению с гетерозиготным генотипом *SCD1<sup>CT</sup>*. Однако по содержанию жира в молоке и выходу молочного жира желательным генотипом был гомозиготный генотип *SCD1<sup>TT</sup>* [12].

У коров с разными генотипами *Pit-1* каких-либо преимуществ по показателям молочной продуктивности не выявлено, за исключением массовой доли белка по второй лактации, где его более высокое содержание отмечено у коров с генотипом *Pit-1<sup>AA</sup>* – 3,27%, что выше на 0,09%, чем у коров с генотипом *Pit-1<sup>BB</sup>* ( $p \leq 0,05$ ) (см. табл. 5).

Не установлено связи гена *Pit-1* с удоем и в исследованиях [9], однако лучшие показатели по массовой доле жира, выходу молочного жира и белка выявлены у коров с генотипами *Pit-1<sup>AB</sup>* и *Pit-1<sup>BB</sup>*. У коров голштинской породы с разными генотипами гена *Pit-1* существенных различий между учтенными показателями не установлено<sup>6</sup>.

Выявленные приоритетные генотипы с более высоким удоем и качественным составом

**Табл. 4.** Продуктивность коров за 305 дней лактации с учетом генотипов по гену *SCD1*

**Table 4.** Productivity of cows for 305 days of lactation taking into account genotypes for the *SCD1* gene

| Генотип                         | <i>n</i> | Удой, кг        | Жир, %      | Белок, %    | Жир, кг      | Белок, кг    |
|---------------------------------|----------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>Первая лактация</i>          |          |                 |             |             |              |              |
| <i>SCD1<sup>CC</sup></i>        | 48       | 6927,4 ± 158,8  | 4,11 ± 0,04 | 3,22 ± 0,02 | 284,2 ± 6,9  | 225,4 ± 6,0  |
| <i>SCD1<sup>CT</sup></i>        | 37       | 6416,1 ± 162,2  | 4,01 ± 0,06 | 3,18 ± 0,02 | 257,5 ± 7,6  | 204,7 ± 5,4  |
| <i>SCD1<sup>TT</sup></i>        | 6        | 6135,3 ± 314,2  | 4,06 ± 0,18 | 3,16 ± 0,03 | 248,6 ± 14,2 | 194,9 ± 13,1 |
| <i>Вторая лактация</i>          |          |                 |             |             |              |              |
| <i>SCD1<sup>CC</sup></i>        | 32       | 8061,8 ± 201,9  | 4,09 ± 0,06 | 3,21 ± 0,02 | 330,0 ± 9,5  | 262,6 ± 6,6  |
| <i>SCD1<sup>CT</sup></i>        | 20       | 7567,1 ± 313,7  | 4,07 ± 0,09 | 3,19 ± 0,02 | 307,5 ± 13,9 | 244,3 ± 10,6 |
| <i>SCD1<sup>TT</sup></i>        | 3        | 6909,0 ± 1065,5 | 4,04 ± 0,14 | 3,14 ± 0,04 | 276,4 ± 35,2 | 217,7 ± 36,1 |
| <i>Третья лактация и старше</i> |          |                 |             |             |              |              |
| <i>SCD1<sup>CC</sup></i>        | 35       | 7340,8 ± 176,5  | 4,19 ± 0,06 | 3,16 ± 0,02 | 306,7 ± 7,7  | 232,6 ± 6,1  |
| <i>SCD1<sup>CT</sup></i>        | 19       | 7723,9 ± 415,8  | 4,11 ± 0,12 | 3,16 ± 0,03 | 323,9 ± 19,4 | 250,0 ± 14,5 |

<sup>6</sup>Позовникова М.В., Сердюк Г.Н. Связь полиморфизма гена *Pit-1* с продуктивными признаками голштинизированного черно-пестрого скота // Генетика и разведение животных. 2017. № 4. С. 37–41.

**Табл. 5.** Продуктивность коров за 305 дней лактации с учетом генотипов по гену *Pit-1*

**Table 5.** Productivity of cows for 305 days of lactation taking into account genotypes for the *Pit1* gene

| Генотип                         | n  | Удой, кг        | Жир, %      | Белок, %    | Жир, кг      | Белок, кг    |
|---------------------------------|----|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| <i>Первая лактация</i>          |    |                 |             |             |              |              |
| <i>Pit-I<sup>AA</sup></i>       | 11 | 6912,2 ± 3320,0 | 4,07 ± 0,11 | 3,22 ± 0,04 | 281,7 ± 14,9 | 223,2 ± 13,2 |
| <i>Pit-I<sup>AB</sup></i>       | 43 | 6768,4 ± 173,8  | 4,05 ± 0,05 | 3,21 ± 0,02 | 274,7 ± 8,1  | 219,6 ± 6,3  |
| <i>Pit-I<sup>BB</sup></i>       | 37 | 6476,9 ± 159,6  | 4,08 ± 0,06 | 3,18 ± 0,02 | 263,6 ± 6,9  | 207,3 ± 5,5  |
| <i>Вторая лактация</i>          |    |                 |             |             |              |              |
| <i>Pit-I<sup>AA</sup></i>       | 7  | 7944,6 ± 579,0  | 4,08 ± 0,07 | 3,27 ± 0,03 | 325,0 ± 26,2 | 275,3 ± 13,5 |
| <i>Pit-I<sup>AB</sup></i>       | 29 | 7729,5 ± 226,3  | 4,05 ± 0,07 | 3,20 ± 0,02 | 314,0 ± 11,4 | 247,8 ± 7,9  |
| <i>Pit-I<sup>BB</sup></i>       | 19 | 7909,5 ± 315,8  | 4,12 ± 0,08 | 3,18 ± 0,02 | 324,2 ± 11,6 | 255,5 ± 10,6 |
| <i>Третья лактация и старше</i> |    |                 |             |             |              |              |
| <i>Pit-I<sup>AA</sup></i>       | 11 | 7505,5 ± 278,5  | 4,30 ± 0,11 | 3,17 ± 0,03 | 321,6 ± 12,6 | 237,6 ± 8,6  |
| <i>Pit-I<sup>AB</sup></i>       | 26 | 7426,7 ± 229,8  | 4,12 ± 0,07 | 3,16 ± 0,02 | 304,8 ± 9,3  | 235,2 ± 7,9  |
| <i>Pit-I<sup>BB</sup></i>       | 18 | 7593,6 ± 428,7  | 4,13 ± 0,12 | 3,16 ± 0,03 | 320,5 ± 20,3 | 246,4 ± 15,3 |

молока будут предметом дальнейших исследований при расширенной выборке и определении комплексного генотипа для данного стада или в сравнительной оценке с другими породами и стадами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные исследования показали, что коровы черно-пестрой породы имеют хороший полиморфизм генов *CSN3*, *BLG*, *TNF-α-824*, *SCD1*, *Pit-1*, что является следствием селекционного процесса, отбора и подбора, направленного на повышение молочной продуктивности, содержания жира и белка в молоке коров. Показано, что по частоте генотипов и аллелей черно-пестрая порода характеризуется довольно сходным профилем с другими молочными породами.

Учитывая функциональную роль SNP в проявлении фенотипа, интерес представляет их связь с продуктивными качествами. Выявленные связи некоторых генотипов с удоем, содержанием жира и белка возможно использовать в дальнейшей селекции при повышении ее эффективности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авадани Д.А., Шукюрова А.М., Кванская Т.А., Хорошилова Т.С., Гончаренко Г.М. Популяционно-генетическая характеристика симментальской породы разного экогенеза по

генам *CSN3*, *BLG*, *PRL* и *TNF-α* // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12 (201). С. 190–198. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-190-198.

2. Глотова Г.Н., Позолотина В.А. Действие аллельных вариантов гена *CSN3* молока на его состав и физико-химические показатели при переработке творога // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. Т. 13. № 2. С. 14–20. DOI: 10.36508/RSATU.2021.50.2.002.
3. Панин В.А. Оценка генотипа по генам *CSN3* и *LGB*, влияющим на синтез молочного белка и жира в молоке симментальских коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (81). С. 197–201.
4. Гильманов Х.Х., Тюлькин С.В., Ржанова И.В., Вафин Р.Р. Характеристика быков-производителей с комплексными генотипами генов *BLG* и *INOS* по молочной продуктивности женских предков // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 241. № 1. С. 71–75. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-241-1-71-76.
5. Сафина Н.Ю., Фаттахова З.Ф., Гайнутдинова Э.Р., Шакиров Ш.К. Экономические потери молока и выручка вследствие яловости коров с разными генотипами гена *TNF-A* // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 252. № 4. С. 216–221. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_4\_252\_216.

6. Калашиникова Л.А., Багаль И.Е., Калашиников В.Е. Полиморфизм гена фактора некроза опухоли (TNF) у крупного рогатого скота холмогорской породы // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2023. № 4. С. 63–67. DOI: 10.52754/16948696\_2023\_4\_9.
7. Джаксыбаева Г.Г., Кочнев Н.Н., Кайниденов Н.Н. Полиморфные варианты гена PIT-1 крупного рогатого скота симментальской и красной степной пород Республики Казахстан // Вестник НГАУ. 2023. № 3 (68). С. 167–175. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175.
8. Liu R., Fang X., Lu X., Liu Y., Li Y., Bai X., Ding X., Yang R. Polymorphisms of the SCD1 Gene and Its Association Analysis with Carcass, Meat Quality, Adipogenic Traits, Fatty Acid Composition, and Milk Production Traits in Cattle // Animals. 2024. Vol. 14 (12). P. 1759. DOI: 10.3390/ani14121759.
9. Гайнутдинова Э.Р., Сафина Н.Ю., Зиннатова Ф.Ф., Шакиров Ш.К. Связь полиморфизма гена PIT-1 (POU1F1) с признаками молочной продуктивности и воспроизводительной способности голштинского крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 69–73. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11115.
10. Ершов Р.О., Карамеева А.С., Карамеев С.В. Продуктивные качества коров самарского типа черно-пестрой породы разных линий в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 276–281.
11. Афанасьева А.И., Сарычев В.А. Характеристика генетического профиля крупного рогатого скота черно-пестрой породы на основе ДНК-диагностики по генам каппа-казеина (CSN3), бета-лактоглобулина (BLG) альфа-лактальбумина (LALBA) и лептина (LEP) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 5 (211). С. 48–52. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-211-5-48-52.
12. Зиннатов Ф.Ф., Якупов Т.Р., Зиннатова Ф.Ф., Ахметов Т.М., Овсянников А.П., Чевтаева Н.Д. Взаимосвязь генов LEP, TG5 и SCD1 с жирномолочностью коров // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 250. № 2. С. 85–92. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_250\_85.
13. Герасимов Н.П., Елемесов Б.К., Сангаков А.К., Бельков Г.И., Дунин И.М. Генотипическая и фенотипическая характеристика бычков герефордской и казахской белоголовой пород // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 250. № 2. С. 74–86. DOI: 10.33284/2658-3135-108-2-74.
14. Шайдуллин Р.Р., Шарафутдинов Г.С., Москвичёва А.Б. Белковомолочность в течение лактации у первотелок с разными генотипами CSN3 и DGAT1 // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 55–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10513.
15. Лоретц О.Г., Чеченихина О.С., Ражина Е.В., Смирнова Е.С. Каппа-казеин как один из факторов, влияющих на продуктивные качества коров // Молочнохозяйственный вестник. 2023. № 3 (51). С. 123–136. DOI: 10.52231/2225-4269\_2023\_3\_123.
16. Загидуллин Л.Р., Гилемханов И.Ю., Заринов Р.У., Ахметов Т.М., Ламара М., Тюлькиин С.В. Оценка быков-производителей с разными генотипами генов соматотропинового каскада по молочной продуктивности и качеству молока ближайших женских предков // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 86–91. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-86-92.
17. Михалюк А.Н., Танана Л.А. Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов DGAT1, GH, PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы // Молекулярная и прикладная генетика. 2022. Т. 33. С. 109–118. DOI: 10.47612/1999-9127-2022-33-109-118.

## REFERENCES

1. Avadani D.A., Shukyurova A.M., Kvan-skaya T.A., Khoroshilov A T.S., Goncharenko G.M. Population-genetic characteristics of the Simmental breed of different ecogenesis by the CSN3, BLG, PRL AND TNF- $\alpha$  genes. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasSAU*, 2023, no. 12 (201), pp. 190–198. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-190-198.
2. Glotova G.N., Pozolotina V.A. The effect of allelic variants of the CSN3 gene of milk on its composition and physico-chemical parameters

- in the production of cottage cheese. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva* = *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 14–20. (In Russian). DOI: 10.36508/RSATU.2021.50.2.002.
3. Panin V.A. The genotype assessment by the *CSN3* and *LGB GENES*, affecting the synthesis of milk protein and fat in the milk of Simmental cows. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 1 (81), pp. 197–201. (In Russian).
  4. Gilmanov Kh.Kh., Tyulkin S.V., Rzhanova I.V., Vafin R.R. Characteristics of bull-producers with complex genotypes genes of *BLG* and *INOS* by milk productivity of female ancestors. *Uchenye zapiski Kazanskoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2020, vol. 241, no. 1, pp. 71–75. (In Russian). DOI: 10.31588/2413-4201-1883-241-1-71-76.
  5. Safina N.Yu., Fattakhova Z.F., Gaynutdinova E.R., Shakirov Sh.K. Economic milk losses and revenues due to barrenness cows with different genotypes of *TNF- $\alpha$*  gene. *Uchenye zapiski Kazanskoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = *Scientific notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2022, vol. 252, no. 4, pp. 216–221. (In Russian). DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_4\_252\_216.
  6. Kalashnikova L.A., Bagal I.E., Kalashnikov V.E. Polymorphism of the tumor necrosis factor (*TNF*) gene in cattle of the Kholmogory breed. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. Sel'skoe khozyaistvo: agronomiya, veterinariya i zootekhnika* = *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*, 2023, no. 4, pp. 63–67. (In Russian). DOI: 10.52754/16948696\_2023\_4\_9.
  7. Jaxybayeva G.G., Kochnev N.N., Kaynidenov N.N. Polymorphic variants of the *PIT-1* gene in simmental and red steppe cattle of the Republic of Kazakhstan. *Vestnik NGAU* = *Bulletin of NSAU*, 2023, no. 3 (68), pp. 167–175. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175.
  8. Liu R., Fang X., Lu X., Liu Y., Li Y., Bai X., Ding X., Yang R. Polymorphisms of the *SCD1* Gene and Its Association Analysis with Carcass, Meat Quality, Adipogenic Traits, Fatty Acid Composition, and Milk Production Traits in Cattle. *Animals*, 2024, vol. 14 (12), p. 1759. DOI: 10.3390/ani14121759.
  9. Gainutdinova E.R., Safina N.Yu., Zinnatova F.F., Shakirov Sh.K. Relationship between *PIT-1* (*POU1F1*) gene polymorphism with milk productivity and reproductive capacity of Holstein cattle. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = *Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 11, pp. 69–73. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11115.
  10. Ershov R.O., Karamaeva A.S., Karamaev S.V. Reproductive qualities of Samara-type cows of Black-and-White breed of different lines depending on polymorphism of the kappa-casein gene. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2023, no. 2 (100), pp. 276–281. (In Russian).
  11. Afanasieva A.I., Sarychev V.A. Characteristics of black pied cattle genetic profile based on DNA diagnostics by kappa-casein (*CSN3*), beta-lactoglobulin (*BLG*), alpha-lactalbumin (*LALBA*) and leptin (*LEP*) genes. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2022, no. 5 (211), pp. 48–52. (In Russian). DOI: 10.53083/1996-4277-2022-211-5-48-52.
  12. Zinnatov F.F., Yakupov T.R., Zinnatova F.F., Akhmetov T.M., Ovsyannikov A.P., Chevtayeva N.D. Relationship of *LEP*, *TG5*, and *SCD1* genes with milk fat in cows. *Uchenye zapiski Kazanskoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = *Scientific notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2022, vol. 250, no. 2, pp. 85–92. (In Russian). DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_250\_85.
  13. Gerasimov N.P., Elemesov B.K., Sangakov A.K., Bel'kov G.I., Dunin I.M. Genetic and phenotypic characteristics of Hereford and Kazakh white-headed bulls. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* = *Animal Husbandry and Fodder Production*, 2025, vol. 250, no. 2, pp. 74–86. (In Russian). DOI: 10.33284/2658-3135-108-2-74.
  14. Shaydullin R.R., Sharafutdinov G.S., Moskvicheva A.B. Protein content in the milk of first calf heifers of different *CSN3* AND *DGAT1* genotypes during lactation. *Dostizheniya nauki*

- i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 5, pp. 55–58. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10513.
15. Loretts O.G., Chechenikhina O.S., Razhina E.V., Smirnova E.S. Kappa-casein as one of the factors affecting productive qualities of cows. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Dairy Farming Journal*, 2023, no. 3 (51), pp. 123–136. (In Russian). DOI: 10.52231/2225-4269\_2023\_3\_123.
16. Zagidullin L.R., Gilemkhanov I.Yu., Zari-pov R.U., Akhmetov T.M., Lamara M., Tyul'kin S.V. Evaluation of breeding bulls with different genotypes of somatotropin cascade genes for milk productivity and milk quality of the closest female ancestors. *Uchenye zapiski Kazanskoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman = Scientific notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2020, vol. 244, no. 4, pp. 86–91. (In Russian). DOI: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-86-92.
17. Mikhaliuk A.N., Tanana L.A. Association between the complex of polymorphic variants of DGAT1, GH, PRL and BLG genes and milk yield indicators of the cows of the Belarusian Red breed group. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika = Molecular and Applied Genetics*, 2022, vol. 33, pp. 109–118. (In Russian). DOI: 10.47612/1999-9127-2022-33-109-118.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Авадани Диана Александровна**, младший научный сотрудник; SPIN-код 1051-7053

✉ **Гончаренко Галина Моисеевна**, главный научный сотрудник, доктор биологических наук; SPIN-код 7129-7759; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. Центральная, 2Б; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

**Хорошилова Татьяна Сергеевна**, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 6629-8399

**Гришина Наталья Борисовна**, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; SPIN-код 4803-4208

**Халина Ольга Леонидовна**, научный сотрудник; SPIN-код 2829-6687

## AUTHOR INFORMATION

**Diana A. Avadani**, Junior Researcher; SPIN-code 1051-7053

✉ **Galina M. Goncharenko**, Head Researcher, Doctor of Science in Biology; SPIN-code 7129-7759; **address:** 2B, Tsentralnaya St., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

**Tatiana S. Khoroshilova**, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 6629-8399

**Natalia B. Grishina**, Senior Researcher, Candidate of Science in Biology; SPIN-code 4803-4208

**Olga L. Khalina**, Researcher; SPIN-code 2829-6687

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.10.2025  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 11.11.2025  
Дата публикации / Published 19.12.2025