

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Научная статья

УДК 636.234.1.034.082.12

<https://doi.org/10.28983/asj.y2026i1pp65-72>

**Влияние генов молочных белков
на показатели продуктивности коров голштинской породы**

Екатерина Николаевна Мартынова, Елена Муллануровна Кислякова, Юлия Викторовна Исупова
Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия
e-mail: isupova_79@mail.ru

Аннотация. Исследования проводились в СПК (колхоз) «Удмуртия» Вавожского района Удмуртской Республики. Объектом исследования послужила выборка коров голштинской породы, имеющих результаты геномной оценки (2073 гол.). Результаты генотипирования были взяты из базы данных KSITEST (ООО «Ксивелью», г. Москва). Ген *CSN3* представлен аллелями А, В, С, D, Е с наибольшей частотой встречаемости аллеля А – 67,7 %. Наиболее часто встречается гомозиготный генотип $CSN3^{AA}$ – 46,0 %, гомозиготный генотип $CSN3^{BB}$ – у 5,8 % животных, а генотип $CSN3^{EE}$ – всего у 0,5 %. Среди гетерозиготных генотипов наиболее распространенным является $CSN3^{AB}$ – 32,5 %. Ген *CSN2* представлен аллелями A_1 , A_2 , В, С, F, I, при наибольшей частоте у аллелей $CSN2^{A1}$ – 34,7 % и $CSN2^{A2}$ – 53,2 %. Гетерозиготный генотип $CSN2^{A1A2}$ является наиболее распространенным в данной популяции коров, составляя 39,9 %. Ген *LGB* в популяции представлен в основном аллелями А (56,9 %), В (43,0 %) и в единичном случае D (0,1 %). В стаде наибольшее количество гетерозиготных особей LGB^{AB} – 50,0 %. Установлено, что фактическая продуктивность коров, имеющих ген *CSN2*, была на 210,9 кг ($P \leq 0,05$) меньше, чем средние показатели по стаду, и на 295,3 кг ($P \leq 0,05$) меньше, чем у коров, не имеющих данный ген. Наиболее высокий удой (11 753,0 кг) был у коров с генотипом $CSN2^{BB}$, среди гетерозиготных генотипов – у коров с $CSN2^{A2C}$ (11 106,4 кг).

Ключевые слова: коровы, голштинская порода, гены молочных белков, генотип, аллели, молочная продуктивность

Для цитирования: Мартынова Е. Н., Кислякова Е. М., Исупова Ю. В. Влияние генов молочных белков на показатели продуктивности коров голштинской породы // Аграрный научный журнал. 2026. № 1. С. 65–72. <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i1pp65-72>.

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

The effect of milk protein genes on the productivity of Holstein cows

Ekaterina N. Martynova, Elena M. Kislyakova, Julia V. Isupova
Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia
e-mail: ekate.martynova.55@mail.ru

Abstract. The research was conducted in the Udmurtia SEC (collective farm) of the Vavozhsky district of the Udmurt Republic. The object of the study was a sample of Holstein cows with the results of a genomic assessment (2073 heads). The genotyping results were taken from the KSITEST database (Ksivelyu LLC, Moscow). The *CSN3* gene is represented by alleles A, B, C, D, and E with the highest frequency of the A allele – 67.7 %. The most common homozygous genotype is $CSN3^{AA}$ – 46.0 %, homozygous genotype $CSN3^{BB}$ – in 5.8 % of animals, and genotype $CSN3^{EE}$ – in only 0.5 %. $CSN3^{AB}$ is the most common among heterozygous genotypes (32.5 %). The *CSN2* gene is represented by alleles A_1 , A_2 , B, C, F, and I, with the highest frequency in alleles $CSN2^{A1}$ – 34.7 % and $CSN2^{A2}$ – 53.2 %. The heterozygous genotype $CSN2^{A1A2}$ is the most common in this population of cows, accounting for 39.9 %. The *LGB* gene in the population is represented mainly by alleles A (56.9 %), B (43.0 %), and in a single case, D (0.1 %). In the herd, the highest number of heterozygous individuals is LGB^{AB} – 50.0 %. It was found that the actual productivity of cows with the *CSN2* gene was 210.9 kg ($P \leq 0,05$) less than the average productivity of the herd, and 295.3 kg ($P \leq 0,05$) less than that of cows without the gene. The highest milk yield (11,753.0 kg) was recorded in cows with the $CSN2^{BB}$ genotype, while cows with the $CSN2^{A2C}$ genotype had the highest yield among heterozygous genotypes (11,106.4 kg).

Keywords: cows, Holstein breed, milk protein genes, genotype, alleles, milk productivity



For citation: Martynova E. N., Kislyakova E. M., Isupova J. V. The effect of milk protein genes on the productivity of Holstein cows. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2026;(1):65–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2026i1pp65-72>.

Введение. Молочное скотоводство является важнейшей отраслью животноводства. Повышение продуктивности коров, улучшение качества и технологических свойств молока – одни из главных задач, стоящих перед селекционерами [8, 11, 16]. В настоящее время чаще применяется геномная селекция, которая в сочетании с традиционными методами позволяет вести более точную и более раннюю оценку генетического потенциала животных, что, в свою очередь, ускоряет селекционный процесс [9, 5, 14].

В селекции сельскохозяйственных животных генетические маркеры применяются для оценки генетического потенциала племенных животных, прогнозирования их будущей продуктивности, а также определения основных селекционно-генетических параметров стада [4–7]. Среди множества генов, влияющих на количественные и качественные показатели молочной продуктивности, научный и практический интерес представляют те, которые кодируют молочные белки [1]. Исследования многих авторов доказали, что полиморфизм гена каппа-казеина влияет на величину удоя, массовую долю жира и белка в молоке, а также на технологические свойства молока-сырья [3, 12].

Рядом ученых [10, 13, 15] установлена связь гена бета-казеина с хозяйственно-полезными признаками животных. Например, М.А. Парамонова выявила положительную связь гомозиготных генотипов гена β -казеина с качественным составом молока: «...Особо-носители генотипа $CSN2^{A1A1}$ превосходили своих сверстниц по массовой доле жира и белка. Их преимущество по содержанию жира в молоке над особями с генотипами A_1A_2 и A_2A_2 составляло 0,02 и 0,12 % ($P < 0,05$); по содержанию белка – 0,03 и 0,04 % соответственно» [10].

По другим данным не все генетические маркеры в разных популяциях в одинаковой степени влияют на проявление как качественных, так и количественных показателей продуктивности. Это во многом обусловлено различными генетическими и паратипическими факторами (условиями содержания, кормления, селекционным процессом) [1].

Целью данных исследований послужило изучение частоты встречаемости генов молочных белков каппа-казеина ($CSN3$), бета-казеина ($CSN2$) и лактоглобулина (LGB), а также их влияния на продуктивные показатели коров голштинской породы в условиях Удмуртской Республики.

Материалы и методы. Исследования проводили с 2024 по август 2025 г. Объект изучения – выборка коров голштинской породы ($n = 2073$), имеющих данные геномной оценки в СПК (колхоз) «Удмуртия» (Вавожский район Удмуртской Республики). Условия кормления и содержания для всех животных были идентичные. Параметры молочной продуктивности (удой, массовую долю жира и белка, количество молочного жира и белка) оценивали за 305 дней наивысшей лактации на основе сведений из системы ИАС «СЕЛЭК-Молочный скот». Результаты генотипирования были взяты из базы данных KSITEST (ООО «Ксивелью», г. Москва). Расчет частоты встречаемости генотипов проводили в соответствии с общепринятыми методами. Статистическую обработку полученного материала выполняли биометрическими методами с применением стандартных статистических процедур в программе Microsoft Excel.

Результаты исследований. К числу ключевых ДНК-маркеров, ассоциированных с продуктивными качествами молочного скота, относятся гены, кодирующие молочные белки, каппа-казеин ($CSN3$), бета-казеин ($CSN2$) и бета-лактоглобулин (LGB).

Анализ полиморфизма гена $CSN3$ показал статистически значимое распределение аллельных вариантов (рисунок 1) и генотипов (рисунок 2) в исследуемой выборке.

Анализ аллельного полиморфизма гена $CSN3$ в изучаемом стаде выявил наличие пяти аллелей – А, В, С, D, Е. Частотное распределение оказалось неравномерным: частота встречаемости аллеля А составила 67,7 %, аллель В встречался в генотипе у 24 % животных, а аллель Е – у 7,8 %. При этом аллели С и D идентифицировали в единичных случаях.

Структура генотипического состава выборки показала, что примерно половина изучаемых коров (927 гол., или 46,0 %) с гомозиготным генотипом $CSN3^{AA}$. Гомозиготный генотип $CSN3^{BB}$ был зарегистрирован у 5,8 % коров, а генотип $CSN3^{EE}$ оказался крайне редким (10 гол., или 0,5 %).



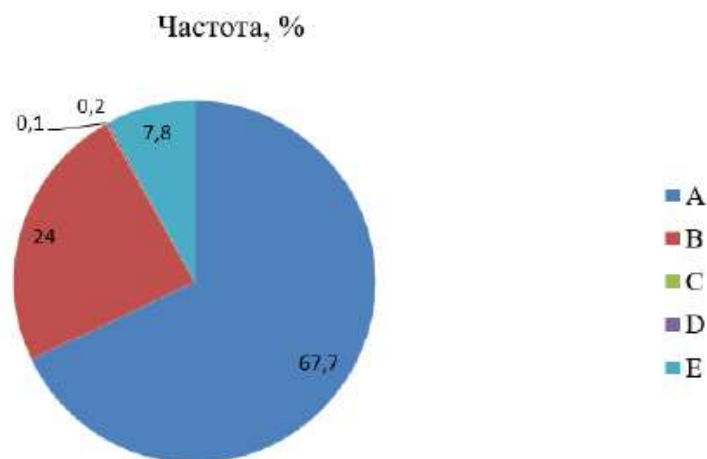


Рисунок 1 – Частота встречаемости аллелей гена CSN3

Figure 1 – Frequency of CSN3 gene alleles

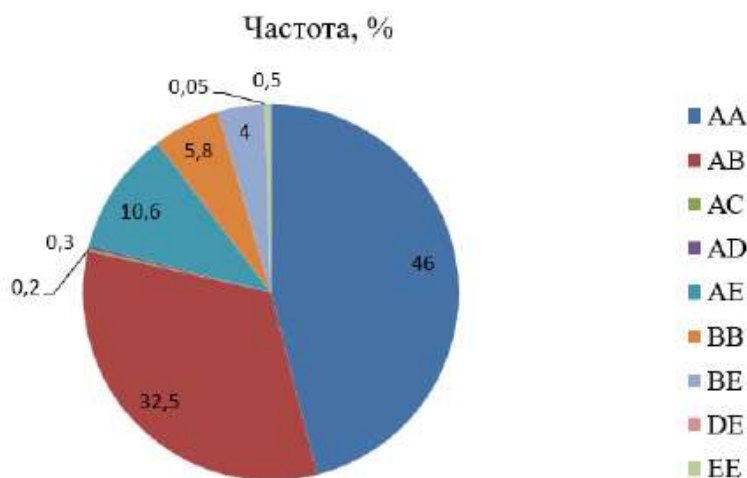


Рисунок 2 – Частота встречаемости генотипов гена CSN3

Figure 2 – Frequency of CSN3 gene genotypes

Анализ выявил, что 961 животное (47,7 % от всей выборки) – это носители гетерозиготных генотипов по гену *CSN3*. Наиболее часто среди них встречался генотип *CSN3^{AB}* (32,5 %), реже – *CSN3^{AE}* (10,6 %) и *CSN3^{BE}* (4,0 %).

Результаты анализа связи полиморфизма гена *CSN3* с молочной продуктивностью коров представлены в таблице 1. Максимальные удои за наивысшую лактацию характерны для коров с генотипом *CSN3^{AC}*, достигая 11 148,7 кг. Животные с генотипами *CSN3^{AA}*, *CSN3^{AB}*, *CSN3^{AD}*, *CSN3^{AE}* и *CSN3^{EE}* продемонстрировали продуктивность, сопоставимую со средними показателями по стаду (10 179,4–10 424,6 кг молока). При этом у особей, имеющих генотипы *CSN3^{DE}*, *CSN3^{BB}*, *CSN3^{BE}*, *CSN3^{AB}*, удои были ниже среднего по стаду на 110,6–287,5 кг и составил 10 068,8–10 137,1 кг. Следует учесть, что для генотипов *CSN3^{AC}*, *CSN3^{AD}*, *CSN3^{DE}* и *CSN3^{EE}* размер выборки был невелик. При этом статистически значимых различий по средней величине удоя за 305 дней наивысшей лактации между группами с разными генотипами не выявили.

Таблица 1 – Молочная продуктивность коров разных генотипов гена *CSN3*

Table 1 – Milk production of cows with different *CSN3* gene genotypes

Генотип	<i>n</i>	Удой, кг	МДЖ, %	Количество молочного жира, кг	МДБ, %	Количество молочного белка, кг
AA	927	10 286,7±58,4	4,25±0,02	436,8±2,9	3,22±0,003	330,7±1,9
AB	655	10 137,1±68,0	4,22±0,02	427,4±3,3	3,21±0,004	325,8±2,2
AC	4	11 148,7±926,0	4,10±0,05	456,0±33,5	3,18±0,05	355,6±31,5



Генотип	<i>n</i>	Удой, кг	МДЖ, %	Количество молочного жира, кг	МДБ, %	Количество молочного белка, кг
AD	7	10 424,6±673,0	4,75±0,22	493,8±35,2	3,26±0,05	339,8±21,2
AE	214	10 179,4±113,9	4,23±0,03	429,7±5,5	3,23±0,01	328,5±3,7
BB	117	10 093,4±167,2	4,31±0,06	433,1±8,0	3,23±0,01	325,6±5,5
BE	80	10 068,8±183,8	4,32±0,07	433,6±10,1	3,21±0,01	323,3±6,0
DE	1	9477	5,5	521,4	3,08	291,7
EE	10	10281,1±460,3	4,24±0,17	435,4±24,0	3,21±0,03	331,2±16,2
В среднем	2015	10208,6±38,9	4,25±0,01	432,9±1,9	3,22±0,002	328,3±1,3
Всего по выборке	2073	10209,9±38,3	4,25±0,01	433,2±1,9	3,22±0,002	328,3±1,24

Максимальные показатели массовой доли жира и выхода молочного жира зафиксировали у коров с генотипами $CSN3^{DE}$ (5,5 % и 521,4 кг) и $CSN3^{AD}$ (4,75 % и 498,3 кг). По параметрам белкомолочности (массовая доля белка в молоке и выход молочного белка) статистически значимых различий у коров с разным генотипом не было выявлено. Все значения находились в пределах средних по выборке, однако животные с генотипом $CSN3^{AD}$ показали тенденцию к его незначительному преимуществу.

Аллелофонд гена бета-казеина ($CSN2$) в исследуемом стаде характеризовался наличием следующих аллелей: A_1 , A_2 , B, C, F, I (рисунок 3).

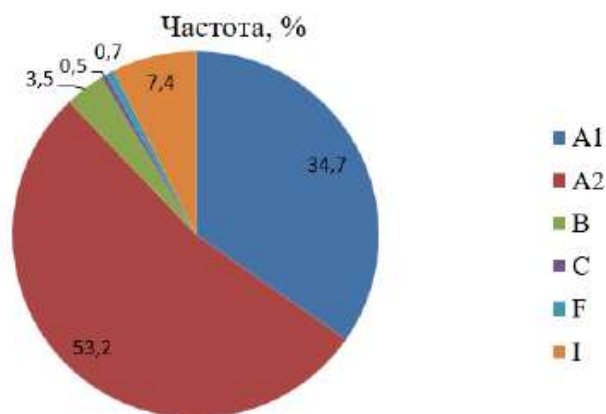


Рисунок 3 – Частота встречаемости аллелей гена $CSN2$

Figure 3 – Frequency of $CSN2$ gene alleles

Анализ частот аллелей гена $CSN2$ показал преобладание в стаде двух вариантов: $CSN2^{A2}$ (53,2 %) и $CSN2^{A1}$ (34,7 %). Аллель I был обнаружен у 7,4 % коров, а B – у 3,5 %. При этом в стаде редко встречались аллели $CSN2^C$ и $CSN2^F$ с частотами 0,5 и 0,7 % соответственно.

Распределение генотипов, представленное на рисунке 4, продемонстрировало наибольшую долю в выборке гетерозиготной формы $CSN2^{A1A2}$ (39,9 %). Среди других гетерозиготных генотипов частота встречаемости выглядела следующим образом: $CSN2^{A1I}$ – 4,1 %, $CSN2^{A2I}$ – 8,3 %, $CSN2^{A2B}$ – 3,2 %, у остальных генотипов – в единичных случаях. Гомозиготные генотипы $CSN2^{A1A1}$, $CSN2^{A2A2}$ и $CSN2^{BB}$ встречались реже. При этом с наибольшей частотой встречался генотип $CSN2^{A2A2}$ (27,0 %), генотип $CSN2^{A1A1}$ – в два раза реже (12,0 %), а $CSN2^{BB}$ – в единичном варианте (0,3 %).

Показатели молочной продуктивности коров в зависимости от генотипов гена $CSN2$ представлены в таблице 2.

Статистический анализ выявил, что носители гена $CSN2$ имели несколько меньшие показатели продуктивности по сравнению со средними данными изучаемой выборки. Выявлено, что их удой за 305 дней наивысшей лактации составил 9999,0 кг, что на 210,9 кг ($P \leq 0,05$) ниже среднего показателя по стаду и на 295,3 кг ($P \leq 0,05$) меньше, чем у животных без данного гена. Параметры жирномолочности также были меньше: массовая доля жира в молоке на 0,03 %, а выход



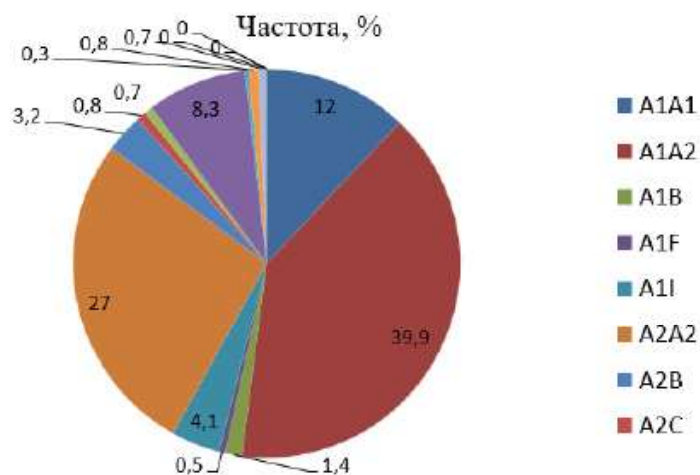


Рисунок 4 – Частота встречаемости генотипов гена *CSN2*

Figure 4 – Frequency of *CSN2* gene genotypes

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров разных генотипов гена *CSN2*

Table 2 – Milk production of cows with different *CSN2* gene genotypes

Генотип	<i>n</i>	Удой, кг	МДЖ, %	Количество молочного жира, кг	МДБ, %	Количество молочного белка, кг
A ₁ A ₁	71	10 107,1±222,9	4,19±0,05	421,8±9,5	3,21±0,01	325,1±7,5
A ₁ A ₂	236	10 001,8±118,9	4,21±0,03	418,8±5,2	3,21±0,01	321,3±3,8
A ₁ B	8	10 066,2±637,9	4,11±0,3	413,7±36,3	3,19±0,03	321,5±20,4
A ₁ F	3	9668,7±387,7	4,43±0,3	430,0±46,4	3,31±0,03	320,3±10,6
A ₁ I	24	9553,7±262,2	4,40±0,10	420,0±15,0	3,21±0,02	306,2±8,4
A ₂ A ₂	160	9881,3±158,0	4,27±0,04	422,4±7,9	3,23±0,01	319,5±5,1
A ₂ B	19	10 082,6±396,7	4,19±0,11	422,7±18,8	3,18±0,01	320,8±12,1
A ₂ C	5	11 106,4±794,7	4,70±0,42	517,7±55,9	3,19±0,06	354,2±28,5
A ₂ F	4	8796,7±551,5	3,91±0,08	343,9±24,2	3,19±0,01	280,6±17,7
A ₂ I	49	10 257,7±211,2	4,22±0,06	432,8±10,7	3,22±0,01	329,5±6,5
BB	2	11 753,0±772,0	3,83±0,42	447,4±20,5	3,14±0,1	369,3±36,0
BI	5	10 406,2±904,4	4,03±0,29	410,3±17,6	3,30±0,03	344,5±32,6
II	4	10 438,2±403,7	4,71±0,22	489,8±20,6	3,22±0,03	336,4±11,8
В среднем	592	9999,0±74,8	4,23±0,02	422,2±3,5	3,22±0,004	321,7±2,4

молочного жира – на 11,0–15,3 кг относительно средних значений выборки и группы коров без гена *CSN2*. При этом достоверных различий по массовой доле белка в молоке между группами не установлено.

Молочная продуктивность коров, имеющих ген *CSN2* разных генотипов, значительно варьировала. Так, удой коров по наивысшей лактации составлял от 8796,7 кг (генотип A₂F) до 11 753,0 кг (генотип BB). Среди гомозиготных генотипов наиболее высокий удой 11 753,0 кг был у коров с генотипом *CSN2^{BB}*, гомозиготы *CSN2^{A1A1}* уступали им на 1645,9 кг ($P < 0,05$) и *CSN2^{A2A2}* – на 1871,7 кг ($P < 0,05$), *CSN2^{II}* – на 1314,8 кг ($P > 0,05$). Среди гетерозиготных генотипов наибольший удой был у коров генотипа *CSN2^{A2C}* – 11 106,4 кг, что на 2309,7 кг больше, чем у коров генотипа *CSN2^{A2F}* ($P < 0,05$), разница с другими генотипами составляла 700,2–1552,7 кг ($P > 0,05$).

Содержание жира в молоке коров различных генотипов варьировало от 3,83 до 4,70 %. Максимальные значения как массовой доли жира (4,70 %), так и выхода молочного жира





(517,7 кг) зафиксировали у животных с генотипом $CSN2^{A2C}$. Напротив, меньшие результаты, не превышающие 4,0 %, – у носителей генотипов $CSN2^{BB}$ (3,83 %) и $CSN2^{A2F}$ (3,91 %). При этом установленная разница между животными с разными генотипами по данным показателям статистически не достоверна.

Ген LGB в популяции представлен в основном двумя аллелями – А и В (56,9 и 43,0 %) соответственно, аллель D – 0,1%.

Группа гетерозиготных особей LGB^{AB} составила 50,0 % и LGB^{AD} – 0,2 % от числа животных, имеющих ген LGB . Меньше было животных, имеющих гомозиготный генотип LGB^{BB} – 18,0 % (рисунок 5).



Рисунок 5 – Частота встречаемости генотипов гена LGB

Figure 6 – Frequency of LGB gene genotypes

Связь полиморфизма гена LGB с признаками молочной продуктивности коров отражена в таблице 3. Анализ данных показал, что наименьшие значения по удою за 305 дней наивысшей лактации (9939,7 кг) имели коровы с гетерозиготным генотипом LGB^{AB} , уступая животным с гомозиготным генотипом на 157,5 кг по LGB^{AA} ($P \geq 0,05$) и на 93,1 кг по LGB^{BB} ($P \geq 0,05$). При этом удой коров с геном LGB в среднем на 275,8 кг ($P \leq 0,05$) был ниже, чем у коров, не имеющих данного гена.

Таблица 3 – Молочная продуктивность коров разных генотипов гена LGB

Table 3 – Milk production of cows with different LGB gene genotypes

Генотип	n	Удой, кг	МДЖ, %	Количество молочного жира, кг	МДБ, %	Количество молочного белка, кг
AA	185	10 097,2±126,9	4,17±0,04	420,2±6,1	3,23±0,007	325,8±4,1
AB	291	9939,7±105,7	4,24±0,03	420,0±4,8	3,22±0,005	319,4±3,4
AD	1	12 870	4,14	532,2	3,54	456,2
BB	105	10 032,8±199,9	4,31±0,05	430,8±9,4	3,21±0,008	322,1±6,5
В среднем	582	10 011,6±75,7	4,23±0,02	422,2±3,5	3,22±0,004	322,2±2,4

Анализ качественного состава молока выявил превосходство животных с генотипом LGB^{BB} . Содержание жира в молоке у них находилось на уровне 4,31 %, что имело статистически значимое преимущество на 0,14 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с гомозиготами LGB^{AA} и на 0,07 % ($P \geq 0,05$) относительно гетерозигот LGB^{AB} . Достоверных различий между группами коров разных генотипов по количеству молочного жира и белка не наблюдали.

Заключение. В результате проведенных исследований можно отметить, что значимого влияния генотипа по гену $CSN3$ на величину удоя за 305 дней наивысшей лактации не выявлено.



При этом максимальные показатели удоя по наивысшей лактации зафиксированы у животных с генотипом $CSN3^{4C}$ (11148,7 кг). Наибольшая жирномолочность (массовая доля жира, % и количество молочного жира, кг) отмечена у носителей генотипа $CSN3^{DE}$ (5,5 % и 521,4 кг) и $CSN3^{AD}$ (4,75 % и 498,3 кг). При этом стоит отметить, что удой коров разных генотипов по гену $CSN2$ варьировал от 8796,7 до 11 753,0 кг. Наиболее высокий удой – 11 753,0 кг был у коров с генотипом $CSN2^{BB}$, гомозиготы $CSN2^{A1A1}$ уступали им на 1645,9 кг ($P \leq 0,05$) и $CSN2^{A2A2}$ – на 1871,7 кг ($P \leq 0,05$), $CSN2^{II}$ – на 1314,8 кг ($P \geq 0,05$). Среди гетерозиготных генотипов наибольший удой был у коров генотипа $CSN2^{A2C}$ – 11 106,4 кг, что на 2309,7 кг больше, чем у коров генотипа $CSN2^{A2F}$ ($P \leq 0,05$), и на 700,2–1552,7 кг ($P \geq 0,05$) по сравнению с другими генотипами. Массовая доля жира у коров разных генотипов была в диапазоне 3,83–4,70 %. Коровы с гетерозиготным генотипом LGB^{AB} имели самый наименьший удой – 9939,7 кг молока, который был на 157,5 кг ($P \geq 0,05$) меньше, чем у гомозигот LGB^{AA} , и на 93,1 кг ($P \geq 0,05$) гомозигот LGB^{BB} .

Таким образом, на основании проведенных исследований в СПК (колхоз) «Удмуртия» Вавожского района Удмуртской Республики рекомендуем к маточному поголовью крупного рогатого скота вести подбор быков-производителей, имеющих в своем геноме желательные аллельные варианты С гена $CSN3$ и В или С гена $CSN2$ для повышения обильномолочности, а для повышения массовой доли жира и количества молочного жира – аллельные варианты D или E гена $CSN3$.

Статья подготовлена в рамках выполнения темы государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Генотипический мониторинг популяции крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в Удмуртской Республике» (18-2025/03) (регистрационный номер – 1024032800152-2-4.2.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева А. И., Сарычев В. А., Кондрашкова И. С. Способы повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота на основе маркерной селекции: науч.-практ. рекомендации. Барнаул, 2021. 54 с. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=52688840>. EDN LEPDEJ.
2. Афанасьева А. И., Сарычев В. А., Плешаков В. А. Аллельный полиморфизм гена каппа-казеина ($CSN3$) у быков производителей черно-пестрой породы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9(203). С. 44–49. Available at: <http://dx.doi.org/10.53083/1996-4277-2021-203-09-44-49>.
3. Гатилова Е. В., Ефимова Л. В., Иванова О. В. Встречаемость генотипов каппа-казеина и их влияние на молочную продуктивность коров разных пород // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 4(40). С. 42–47. Available at: <http://dx.doi.org/10.31279/2222-9345-2020-9-40-42-47>.
4. Иммуногенетический мониторинг популяции молочного скота в Удмуртской республике / Е. Н. Мартынова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. С. 172–180. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65427600>. EDN WQWXNZ.
5. Использование результатов геномной оценки в селекции крупного рогатого скота / Е. М. Кислякова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 5. С. 35–39. Available at: <http://dx.doi.org/10.33943/MMS.2023.45.81.007>.
6. Кислякова Е. М., Исупова Ю. В., Кузнецова М. К. Реализация геномного прогноза молочной продуктивности в разных технологических условиях // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2(78). С. 96–103. Available at: http://dx.doi.org/10.48012/1817-5457_2024_2_96-103.
7. Кислякова Е. М., Исупова Ю. В., Якимова В. Ю. Частота встречаемости генотипов у коров в базовых хозяйствах Удмуртской Республики по результатам геномного анализа // Современные тенденции технологического развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., УдГАУ. Ижевск, 2025. Т. 2. С. 205–211. EDN PRSZJE.
8. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Ачкасова Е. В. Оценка реализации генетического потенциала быков-производителей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4(52). С. 86–90. Available at: <http://dx.doi.org/10.31563/1684-7628-2019-52-4-86-90>.
9. Мартынова Е. Н., Якимова В. Ю. Молочная продуктивность и долголетие высокопродуктивных коров в зависимости от кровности по голштинской породе // Пермский аграрный вестник. 2019. № 2(26). С. 128–136. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40481953>. EDN DTCFUS.
10. Парамонова М. А. Влияние полиморфизма гена молочного белка $CSN2$ на продуктивные качества скота чёрно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5(103). С. 300–305. Available at: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-103-5-300-305>.
11. Реализация геномного прогноза племенной ценности быков-производителей в разных технологических условиях Удмуртской Республики / Е. М. Кислякова [и др.] // Теория и практика адаптивной селекции растений: материалы нац. науч.-практ. конф., УдГАУ. Ижевск, 2023. С. 88–93. EDN KPPKWL.



12. Сафина Н. Ю., Гайнутдинова Э. Р., Шакиров Ш. К. Молочная продуктивность голштинского скота с разными генотипами гена каппа-казеин (CSN3) // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 93–97. Available at: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp93-97>.

13. Сарычев В. А. Влияние полиморфизма гена каппа-казеина на продуктивные показатели коров голштинской породы // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 2. С. 62–64. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75137649>. EDN RMOEAP.

14. Связь иммуногенетических показателей крови с молочной продуктивностью коров / Е. Н. Мартынова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 75–81. Available at: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp75-81>.

15. Эффективность раздоя коров разных породных групп симментальского скота в зависимости от полиморфизма гена бета-казеина / С. А. Ламонов [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 4(79). С. 58–62. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75252541>. EDN KMSAOJ.

16. Якимова В. Ю., Мартынова Е. Н. Хозяйственно-биологические особенности высокопродуктивных коров разного уровня продуктивности в условиях племенных заводов Удмуртской Республики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(84). С. 286–290. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43934031>. EDN XKIIGJ.

REFERENCES

1. Afanasyeva A. I., Sarychev V. A., Kondrashkova I. S. Methods of Increasing the Dairy Productivity of Cattle Based on Marker Selection: Scientific and Practical Recommendations. Barnaul; 2021. 54 p. (In Russ.).

2. Afanasyeva A. I., Sarychev V. A., Pleshakov V. A. Allelic polymorphism of the kappa-casein gene (CSNZ) in black-and-white bulls. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2021;9(203):44–49. (In Russ.).

3. Gatilova E. V., Efimova L. V., Ivanova O. V. Occurrence of kappa-casein genotypes and their influence on the milk productivity of cows of different breeds. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2020;4(40):42–47. (In Russ.).

4. Immunogenetic monitoring of the dairy cattle population in the Udmurt Republic / E. N. Martynova et al. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024;(1):172–180. (In Russ.).

5. The use of genomic evaluation results in cattle breeding / E. M. Kislyakova et al. *Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2023;(5):35–39. (In Russ.).

6. Kislyakova E. M., Isupova Yu. V., Kuznetsova M. K. Implementation of the genomic prediction of milk productivity in different technological conditions. *The bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024;2(78):96–103. (In Russ.).

7. Kislyakova E. M., Isupova Yu. V., Yakimova V. Yu. The frequency of occurrence of genotypes in cows in the basic farms of the Udmurt Republic according to the results of genomic analysis. Modern trends in technological development of the agro-industrial complex : materials of the International scientific and practical conference, UdGAU. Izhevsk; 2025:2:205–211. (In Russ.).

8. Lyubimov A. I., Martynova E. N., Achkasova E. V. Assessment of the Genetic Potential Realization of Bull-Producers. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019;4(52):86–90. (In Russ.).

9. Martynova E. N., Yakimova V. Yu. Dairy Productivity and Longevity of High-Productive Cows Depending on Their Bloodline in the Holstein Breed. *Perm Agrarian Journal*. 2019;2(26):128–136. (In Russ.).

10. Paramonova M. A. Influence of the CSN2 Milk Protein Gene Polymorphism on the Productive Qualities of Black-and-White Cattle. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 2023;5(103):300–305. (In Russ.).

11. Implementation of the genomic prediction of the breeding value of bulls in different technological conditions of the Udmurt Republic / E. M. Kislyakova et al. Theory and Practice of Adaptive Plant Breeding : materials of the National Scientific and Practical Conference, UdGAU. Izhevsk; 2023. P. 88–93. (In Russ.).

12. Safina N. Yu., Gainutdinova E. R., Shakirov Sh. K. Dairy Productivity of Holstein Cattle with Different Genotypes of the Kappa-Casein Gene (CSN3). *Agrarian Scientific Journal*. 2021;(10):93–97. (In Russ.).

13. Sarychev V. A. Influence of kappa-casein gene polymorphism on productive indicators of Holstein cows. *Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University*. 2024;(2):62–64. (In Russ.).

14. The relationship between immunogenetic blood parameters and dairy productivity in cows / E. N. Martynova et al. *Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):75–81. (In Russ.).

15. The efficiency of milking cows of different Simmental cattle breeds, depending on the polymorphism of the beta-casein gene / S. A. Lamonov et al. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2024;4(79):58–62. (In Russ.).

16. Yakimova V. Yu., Martynova E. N. Economic and Biological Features of High-Productive Cows of Different Productivity Levels in the Breeding Farms of the Udmurt Republic. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 2020;4(84):286–290. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 25.10.2025; принята к публикации 29.10.2025. The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 25.10.2025; accepted for publication 29.10.2025.