

## Влияние полиморфизма генов *Pit-1* и *DGAT-1* на воспроизводительную способность и продуктивность коров калмыцкой породы

Ф.Г. Каюмов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Р.Ф. Третьякова<sup>✉</sup>, кандидат биологических наук, научный сотрудник

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29

<sup>✉</sup>kserev\_1976@mail.ru

**Резюме.** Научный опыт был проведен в Республике Калмыкия. Его целью было установление взаимосвязи между генетическим полиморфизмом генов *Pit-1* и *DGAT1* и характеристиками репродуктивной функции, а также уровнем молочной продуктивности коров калмыцкой породы. Для осуществления данного исследования у коров (n=80) 3-х летнего возраста были взяты образцы крови с целью последующего генотипирования. На основе полученных генетических данных были сформированы шесть экспериментальных групп животных для оценки их продуктивности и воспроизводительных качеств. В результате анализа генетического материала распределение генотипов приняло следующие значения: генотип AA был обнаружен у 21,3 % особей, AB – у 32,5 %, а BB – у 46,2 % исследуемой популяции. Частота встречаемости аллеля A гена *Pit-1* составила 0,38, в то время как аллель B встречался с частотой 0,62. Относительно гена *DGAT1* у коров калмыцкой породы генотип KK выявлен в 40 % случаев, KA – в 37,5 %, а AA – в 22,5 %. Частоты аллелей *DGAT1<sup>K</sup>* и *DGAT1<sup>A</sup>* соответствовали значениям 0,59 и 0,41. Гетерозиготные особи с генотипами *Pit-1<sup>AB</sup>* и *DGAT-1<sup>KA</sup>* наряду с гомозиготными *Pit-1<sup>BB</sup>* и *DGAT-1<sup>AA</sup>* показали наилучшие репродуктивные характеристики, проявляющиеся в высокой эффективности воспроизводства. В этих группах наблюдали 100% показатель высоких отелов, что отражает полное отсутствие проблем с оплодотворением. Показатель выживаемости молодняка также был максимальным: все телята в этих группах дожили до момента отъема. Коровы с генотипами *Pit-1<sup>AA</sup>* и *DGAT-1<sup>KK</sup>* несколько отставали по своим показателям от животных с другими генотипами, хотя и незначительно. Анализ молочной продуктивности установил, что животные с генотипами *Pit-1<sup>BB</sup>* и *DGAT-1<sup>AA</sup>* достоверно превосходили молодняк с генотипами *Pit-1<sup>AB</sup>* и *Pit-1<sup>AA</sup>*, *DGAT-1<sup>KA</sup>* и *DGAT-1<sup>KK</sup>* по массе тела при отъеме, а также по величине среднесуточного прироста. Это позволяет сделать вывод о наличии положительной связи между генетическими маркерами и показателями продуктивности.

**Ключевые слова:** коровы, калмыцкая порода, полиморфизм, ген, генотип, аллель, воспроизводство, продуктивность.

**Для цитирования:** Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Влияние полиморфизма генов *Pit-1* и *DGAT-1* на воспроизводительную способность и продуктивность коров калмыцкой породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 2 (74). С. 145-150. doi:10.18286/1816-4501-2026-2-145-150

## The effect of *pit-1* and *dgat-1* gene polymorphism on reproductive capacity and milk production in kalmyk cows

F.G. Kayumov, R.F. Tretyakova<sup>✉</sup>

Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, 9 Yanvary St., 29

<sup>✉</sup>kserev\_1976@mail.ru

**Abstract.** The experiment was conducted in the Republic of Kalmykia. Its goal was to establish the relationship between genetic polymorphism of the *Pit-1* and *DGAT1* genes and reproductive performance characteristics, as well as milk production levels of Kalmyk cows. To carry out this study, blood samples were taken from 3-year-old cows (n=80) for subsequent genotyping. Based on the obtained genetic data, six experimental groups of animals were formed to evaluate their productivity and reproductive qualities. As a result of the genetic material analysis, the distribution of genotypes took the following values: the AA genotype was detected in 21.3% of individuals, AB - in 32.5%, and BB - in 46.2% of the studied population. The frequency of the A allele of the *PIT-1* gene was 0.38, while the B allele occurred with a frequency of 0.62. Regarding the *DGAT1* gene in Kalmyk cows, the KK genotype was detected in 40% of cases, KA - in 37.5%, and AA - in 22.5%. The frequencies of the *DGAT1<sup>K</sup>* and *DGAT1<sup>A</sup>* alleles corresponded to the values of 0.59 and 0.41. Heterozygous individuals with the *Pit-1<sup>AB</sup>* and *DGAT-1<sup>KA</sup>* genotypes, along with homozygous *Pit-1<sup>BB</sup>* and *DGAT-1<sup>AA</sup>*, demonstrated the best reproductive performance, manifested in high reproductive efficiency. These groups demonstrated a 100% high calving rate, reflecting a complete absence of fertilization problems. The survivability of the young animals was also highest: all calves in these groups survived till weaning. Cows with the *Pit-1<sup>AA</sup>* and *DGAT-1<sup>KK</sup>* genotypes performed slightly worse than animals with other genotypes, although insignificantly. Milk productivity analysis revealed that animals with the *Pit-1<sup>BB</sup>* and *DGAT-1<sup>AA</sup>* genotypes significantly outperformed young animals with the *Pit-1<sup>AB</sup>* and *Pit-1<sup>AA</sup>*, *DGAT-1<sup>KA</sup>*, and *DGAT-1<sup>KK</sup>* genotypes in

terms of weaning weight and average daily gain. This suggests a positive relationship between genetic markers and productivity parameters.

**Keywords:** cows, Kalmyk breed, polymorphism, gene, genotype, allele, reproduction, productivity.

**For citation:** Kayumov F.G., Tretyakova R.F. The effect of *pit-1* and *dgat-1* gene polymorphism on reproductive capacity and milk production in kalmyk cows

// Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.2 (74): 145-150 doi:10.18286/1816-4501-2026-2-145-150

#### Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2026 год ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2026-0001)

##### Введение

Калмыцкая порода скота, распространенная на юге России, известна своей высокой адаптацией к засушливым условиям. Однако в последние десятилетия наблюдается снижение продуктивности этих животных, что требует изучения молекулярных механизмов, влияющих на их биологические характеристики. Это актуализировало поиск генетических маркеров, способных повысить молочную продуктивность, сохранив при этом уникальные мясные качества и репродуктивные характеристики животных [1, 2, 3]. Одним из таких механизмов является действие фактора транскрипции *Pit-1* и гена *DGAT1* (диацилглицерол О-ацилтрансфераза 1).

Фактор транскрипции *Pit-1* регулирует экспрессию генов пролактина, соматотропина, рецептора соматолиберина, бета-субъединицы тиреотропного гормона и бета-субъединицы рецептора тиреоидного гормона. Ген *Pit-1* крупного рогатого скота секвенирован в 1988 году Bonder M. et al. Локализация этого гена установлена в центромерной области первой хромосомы, между генетическими маркерами TGLA57 и RM95. *Pit-1* относится к семейству транскрипционных факторов POU-домена, которые вовлечены в процессы клеточной дифференцировки и пролиферации [4].

*DGAT1* – это фермент микросомального происхождения, имеющий в своем составе 489 аминокислот. Ген *DGAT1*, локализован в центромерном участке 14 хромосомы и включает в себя 17 экзонов. В экзоне под номером восемь замена нуклеотидов GC на AA в позициях 10433 и 10434 обуславливает замену аминокислоты аланина (аллель А) на лизин (аллель К) в позиции 232 белка ацил-КоА: диацилглицерин ацилтрансфераза (полиморфизм K232A) [5, 6, 7].

Эффективное исследование полиморфизма генов *Pit-1* и *DGAT1* занимает важное место в животноводстве, поскольку эти гены связаны с хозяйственно значимыми характеристиками сельскохозяйственных животных, особенно крупного рогатого скота.

Связь между генами *Pit-1* и *DGAT1* и репродуктивной функцией мясных коров демонстрирует довольно неоднозначные результаты. Ряд исследований выявляет положительную взаимосвязь между конкретными генотипами генов *Pit-1* и *DGAT1* и улучшенными репродуктивными характеристиками, такими как: более раннее достижение половой зрелости, высокая оплодотворяемость [8, 9]. Однако другие научные работы не находят убедительных доказательств однозначного воздействия этих генов на репродуктивные способности [10, 11].

Таким образом, воздействие генов *Pit-1* и *DGAT1* на репродуктивные свойства коров калмыцкой породы остается областью, требующей дальнейшего изучения.

Цель работы заключается в изучении влияния полиморфизма генов *Pit-1* и *DGAT1* на воспроизводительные качества и продуктивность коров калмыцкой породы.

##### Материалы и методы

Работа была проведена на базе ООО «Агрофирма Уралан», расположенной в Республике Калмыкия.

Объектом исследования стали коровы калмыцкой породы в возрасте трех лет. Коровы в стойловый период содержались без привязи в типовых навесах с выгульными площадками. Основу рациона животных в пастбищный период составлял зелёный корм, поедаемый на пастбище. В зимний период основными кормами служили: сено, силос, концентрированные комбикорма.

У коров (n=80) был проведен забор крови для генотипирования.

Генотипирование животных позволило выявить полиморфизм генов *Pit-1* и *DGAT1* методом ПЦР-анализа. Для проведения данного анализа использовали специализированные праймеры, разработанные компанией «Литех»:

*Pit-1* – F: 5' aaa-cca-tca-tct-ccc-ttc-tt-3'

R: 5'aat-gta-caa-tgt-ctt-ctg-ag-3'

*DGAT1* – F: 5'-gtt-ctt-cct-tgg-tgg-ctc-ag-3';

R: 5'-ctg-tag-ggg-agc-aga-acc-ag-3' [15].

Условия ПЦР *Pit-1*: «горячий старт» – 5 мин. при 94°C; 35 циклов денатурация – 45 сек при 95 °C, отжиг – 60 сек при 62 °C, синтез – 60 сек при 72 °C; достройка – 10 мин при 72 °C.

Условия изучения ПЦР *DGAT1*: 94 °C, 5 мин.; 30 циклов – 94 °C, 30 с.; 59 °C, 40 с.; 72 °C, 40 с.; достройка или финальная элонгация – 72 °C, 7 мин.

После амплификации полученный продукт был подвергнут рестрикции с использованием эндонуклеазы *HinfI* и *Aco I*. Этот этап позволил определить наличие полиморфизмов в амплифицированном локусе генов *Pit-1* и *DGAT1*. В результате ДНК-анализа крупного рогатого скота были определены размеры и количество специфических рестриционных фрагментов для различных генотипов: для *Pit1/AA* – 451 п.н., *Pit1/AB* – 451, 244 и 207 п.н., *Pit1/BB* – 244 и 207 п.н.;

для гена *DGAT1/KK* – 566 п.н., *DGAT1/KA* – 566,349,217 п.н., *DGAT1/AA* – 349,217 п.н.

На основе предоставленных данных было сформировано шесть групп коров: I – с генотипом AA (n=17), II – AB (n=26) и III – BB (n=37), IV – KK (n=32), во V – KA (n=30), в VI – AA (n=18) для оценки продуктивности, воспроизводительных качеств.

Молочность коров оценивали по живой массе их потомства, которую определяли в возрасте 205 дней.

Статистическую обработку результатов проводили стандартным методом с использованием программного приложения Excel из пакета Microsoft Office.

**Результаты**

Для основного маточного стада родительской группы наблюдаемые частоты аллелей и распределение генотипов были следующими: частота аллеля A гена Pit-1 составила 0,38, в то время как частота аллеля B – 0,62. Распределение генотипов было следующим: AA – 21,3 %, AB – 32,5 % и BB – 46,2 %. У коров калмыцкой породы по гену DGAT1 частота встречаемости генотипа KK была 40 %, KA – 37,5 %, AA – 22,5 %.

Частота встречаемости аллелей DGAT1<sup>K</sup> и DGAT1<sup>A</sup> достигала 0,59 и 0,41 соответственно (табл. 1).

Данные показывают, что в исследуемом стаде присутствует достаточное генетическое разнообразие по анализируемым локусам. Это может свидетельствовать о генетической устойчивости популяции и потенциальной адаптации к изменяющимся условиям среды.

**Таблица 1. Полиморфизм генов PIT-1 и DGAT1 коров, n = 80**

Ген	Генотип	Количество носителей	Частота генотипа	Частота генотипа, %	Частота аллелей
Pit-1	AA	17	0,213	21,3	A=0,38 B=0,62
	AB	26	0,325	32,5	
	BB	37	0,462	46,2	
DGAT1	KK	32	0,400	40,0	K=0,59 A=0,41
	KA	30	0,375	37,5	
	AA	18	0,225	22,5	

**Таблица 2. Воспроизводительные качества коров калмыцкой породы разных генотипов по генам Pit-1 и DGAT-1, n = 80**

Показатели	Ген/генотип					
	Pit-1			DGAT-1		
	AA	AB	BB	KK	KA	AA
Количество коров разных генотипов в случной компании	17	26	37	32	30	18
Отелилось, гол. %	94,1	100	100	96,9	100	100
Выращено телят до отъема (7 мес.), гол.	16	26	37	31	30	18
Сохранность телят до отъема, %	94,1	100	100	96,9	100	100

Наиболее высокие показатели воспроизводства продемонстрировали коровы генотипов AB и BB по гену Pit-1 (табл. 2). Все 26 коров генотипа AB и 37 аналогов генотипа BB успешно отелились, что составило 100 % оплодотворяемость. Соответственно, 100 % телят в этих группах были выращены до возраста отъема при аналогичной сохранности молодняка. Группа генотипа AA показала незначительно низкие результаты: 94,1 % коров отелились и 94,1 % телят были успешно выращены до отъема. Это свидетельствует о хорошем, хотя и несколько сниженном по сравнению с другими вариантами, воспроизводительном потенциале гомозигот по рецессивному аллелю A.

По гену DGAT-1 наиболее успешными оказались животные с генотипами AA и KA. Все 18 коров генотипа AA и 30 голов генотипа KA отелились, обеспечив 100 % воспроизводительную эффективность. Сохранность молодняка в этих группах также составила 100 %. Гомозиготы по аллелю K (32 гол.) показали результаты: 96,9 % оплодотворяемости и 96,9 % сохранности телят до отъема.

Выявлены минимальные различия между генотипами по основным воспроизводительным показателям. Разница между максимальными (100%) и

минимальными (94,1...96,9 %) значениями составляет менее 6 %, что указывает на относительно равномерное распределение репродуктивного потенциала среди различных генетических вариантов.

Наиболее перспективными с точки зрения воспроизводительных качеств являются гетерозиготные особи Pit-1<sup>AB</sup> и DGAT-1<sup>KA</sup> и гомозиготные Pit-1<sup>BB</sup> и DGAT-1<sup>AA</sup>, которые показали максимальную эффективность размножения.

Полученные результаты демонстрируют высокую репродуктивную ценность всего исследуемого поголовья, что делает возможным использование животных различных генотипов в воспроизводительных программах без существенных потерь по воспроизводительным качествам.

Коровы калмыцкой породы различных генотипов по генам Pit-1 и DGAT-1 обладают высокими воспроизводительными качествами. Отсутствие существенных различий между генотипами по воспроизводительным качествам позволяет предположить, что рассматриваемые генетические маркеры не оказывают значительного влияния на репродуктивную функцию коров калмыцкой породы в условиях данного исследования.

Таблица 3. Молочная продуктивность коров калмыцкой породы разных генотипов, n = 80

Генотип	Живая масса матерей, кг	Средняя живая масса потомства, кг		
		при рождении	при отъеме (205 дней)	среднесуточный прирост, г
<i>Pit-1</i>				
AA	429,9±2,22*	21,2±0,16**	188,6±4,11*	816,5±3,12*
AB	437,2±1,87	22,4±0,12*	192,4±2,16*	829,3±2,48*
BB	446,3±1,69	23,6±0,18	201,9±3,19	869,8±2,16
<i>DGAT-1</i>				
KK	430,1±2,34*	22,5±0,11*	187,4±5,12*	804,3±2,25*
KA	439,2±3,15	22,1±0,13*	190,5±3,24*	821,5±2,34*
AA	447,3±3,11	23,8±0,22	200,8±4,11	863,4±1,31

Примечание: здесь и далее разница достоверна при \*P<0,05; \*\*P<0,01

Молочная продуктивность у коров мясных пород представляет собой сложный количественный признак, формирование которого обусловлено взаимодействием множества биологических, зоотехнических и экологических факторов. В отличие от молочных пород у мясных пород данный показатель развивается в условиях селекции, направленной преимущественно на формирование мясных качеств, что определяет специфические особенности его проявления и регуляции. Молочность коров мясных пород оценивали посредством анализа живой массы их потомства в возрасте 205 дней.

Выявлена положительная корреляционная зависимость между уровнем молочности и живой массой у коров калмыцкой породы. Однако данная зависимость сохраняется лишь до определённого порога – 429...450 кг. Превышение указанного диапазона живой массы сопровождается снижением молочной продуктивности, что делает дальнейшее увеличение массы экономически неэффективным [12].

Исследования гена *Pit-1* выявили значительные различия в массе тела матерей в зависимости от их генотипа (табл.3). Животные с генотипом *Pit-1<sup>BB</sup>* превосходили аналогов с генотипами *Pit-1<sup>AB</sup>* и *Pit-1<sup>AA</sup>* на 9,1 кг (2,06 %) и 16,4 кг (3,74%; P<0,05). Исследования показали, что у потомков матерей с генотипом *Pit-1<sup>BB</sup>* живая масса при рождении была выше, чем у сверстников *AB–Pit-1* и *AA–Pit-1*–генотипов, разница составила 1,2 кг (5,22 %; P<0,05) и 2,4 кг (10,7%; P<0,01).

В период отъема (205 дней) преимущество сохранялось: живая масса носителя В-аллеля гена *Pit-1* достигала 201,9 кг, превышая аналогичный показатель особей с генотипами *Pit-1<sup>AB</sup>* на 9,5 кг (4,9 %; P<0,05) и *Pit-1<sup>AA</sup>* на 13,3 кг (7,0 %; P<0,05). Среднесуточный прирост также был выше у потомков матерей с генотипом *BB–Pit-1* – 869,8 г, в то время как у аналогов *AB–Pit-1* и *AA–Pit-1* – генотипов этот показатель был равен 829,3 г и 816,5 г соответственно. Разница составила 40,5 г (4,9 %; P<0,05) и 53,3 г (6,5 %; P<0,05) соответственно.

Аналогичная закономерность наблюдалась по гену *DGAT-1*. Наибольшая живая масса матерей и их потомства в обе фазы — при рождении и отъеме – отмечена у особей с генотипом *AA–DGAT-1*. Матери с генотипом *DGAT-1<sup>AA</sup>* превосходили аналогов *KA* и *KK* гена *DGAT-1* по данному параметру на 8,1 кг (1,83 %) и 17,2 кг (3,92 %; P<0,05). Масса потомства при рождении у носителя А-аллеля гена *DGAT-1* коров составила 23,8 кг, превосходя показатели животных с генотипами *KK–DGAT-1* на 1,7 кг (7,7 %; P<0,05) и *KA–DGAT-1* на 1,3 кг (5,5 %; P<0,05). Подобная тенденция

сохранялась в послеотъемный период, что свидетельствует о стабильном генетическом эффекте аллеля А гена *DGAT-1* на темпы роста потомства на разных этапах онтогенеза. В период отъема живая масса потомков матерей с генотипом *AA–DGAT-1* составила 200,8 кг, превышая показатели особей *DGAT-1<sup>KA</sup>* и *DGAT-1<sup>KK</sup>*–генотипов на 10,3 кг (5,4 %; P<0,05) и 13,4 кг (7,1 %; P<0,05) соответственно.

Среднесуточный прирост у животных с генотипом *AA–DGAT-1* был максимальным – 863,4 г, тогда как у аналогов *KA–DGAT-1* и *KK–DGAT-1* этот показатель составил 821,5 г и 804,3 г, что соответствует разнице в 41,9 г (5,1 %; P<0,05) и 59,1 г (7,3 %; P<0,05).

Таким образом, генотипы ассоциированы с более высокими показателями живой массы потомства как при рождении, так и в период отъема, а также со значительно большим среднесуточным приростом, что свидетельствует о более высокой молочной продуктивности матерей данных генотипов.

#### Обсуждение

Экономическая эффективность животноводства во многом зависит от продуктивности животных, на которую влияет их генетический потенциал. Использование молекулярно-генетических методов, в частности ДНК-маркеров, позволяет оценить этот потенциал на ранних этапах селекции. [13, 14, 15]

Анализ частот аллелей и распределения генотипов по генам *Pit-1* и *DGAT1* у коров калмыцкой породы показал определённую генетическую структуру популяции. По гену *Pit-1*, частота аллеля А составляет 0,38, а аллеля В – 0,62. Что касается распределения генотипов, то наиболее часто встречается генотип *BB* (46,2 %), что согласуется с высокой частотой аллеля В. Генотип *AA* зафиксирован у 21,3 % особей, а гетерозиготный генотип *AB* – 32,5 %.

Эти данные хорошо согласуются с научными трудами ученых. Так, Позовникова М.В. и др. отмечают аналогичную частоту аллеля В (0,62) у герефордской породы, что подтверждает стабильное распространение данного аллеля в мясных породах. Более выраженная тенденция к доминированию аллеля В наблюдается у абердин-ангусского скота (0,81), что свидетельствует о породоспецифических особенностях распределения аллелей [16,17].

По гену *DGAT1* у коров калмыцкой породы также наблюдается определённая генетическая структура. Генотип *KK* встречается у 40 % особей, *KA* – у 37,5 %, и *AA* – у 22,5 %. Частоты аллелей К и А составили 0,59 и 0,41 соответственно.

Сравнивая полученные результаты с данными других исследований, можно отметить как сходство, так и

различия. Например, у герефордской и лимузинской пород, по данным L. Xin и соавторов, почти полностью доминирует генотип DGAT1<sup>KK</sup>, с частотами 1,0 и 0,94 соответственно, тогда как генотип AA практически отсутствует. Это контрастирует с показателями по калмыцкой породе, где генотип KK не является преобладающим [6, 7, 18].

Интересно, что у симментальского и казахского белоголового скота генотип KK вообще не выявлен, что подчёркивает значительную вариативность генетической структуры по этому локусу в разных породах. Результаты Т.А. Седых также подтверждают, что у некоторых пород (например, лимузинской и герефордской) частота аллеля K значительно выше (0,69 и 0,81), чем у калмыцкой породы (0,59) [8,19].

Ранее проведенные работы учеными не выявили статистически значимой связи между генотипами генов Pit-1, DGAT1 и воспроизводительными качествами [20, 21]. Наши данные подтверждают эту тенденцию, поскольку отсутствуют существенные различия между генотипами по воспроизводительным качествам. Этот факт дает возможность предположить, что рассматриваемые генетические маркеры не оказывают значительного влияния на репродуктивную функцию коров калмыцкой породы в условиях данного исследования.

Напротив, коровы с генотипами BB по гену Pit-1 и AA по гену DGAT1 показали лучшие продуктивные характеристики: более высокую массу потомства при рождении и отъёме, а также высокий среднесуточный прирост. Это свидетельствует о положительной ассоциации данных генетических маркеров с продуктивностью.

#### Заключение

Полученные данные подтверждают наличие генетического разнообразия в популяции калмыцкой породы и указывают на перспективность использования маркеров Pit-1 и DGAT1 в селекции на продуктивность. Однако для практического применения этих маркеров необходимы дополнительные исследования, учитывающие влияние других генов и условий окружающей среды.

#### Литература

1. Маркер-ассоциированная и геномная селекция мясного скота / М. И. Селионова, Л. В. Евстафьева, Е. Н. Коновалова и др. // Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 2. С. 37-48. doi: 10.26897/2949-4710-2023-2-37-48
2. Совершенствование продуктивных качеств коров и телок казахской белоголовой породы в условиях Самарской области / И. Н. Хакимов, Г. С. Шарафутдинов, Р. М. Мударисов и др. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 62-68.
3. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
4. Идентификация полиморфизма гена PIT-1 в татарстанской популяции крупного рогатого скота голштинской породы / Э.Р. Гайнутдинова, Н. Ю. Сафина, Ш. К. Шакиров и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 237 (I). С. 40-43. doi: 10.31588/2413-4201-1883-237-1-40-43

5. Полиморфизм генов FASN и DGAT1 у мясного скота и их связь с параметрами фенотипа / Р. З. Абдулхаликов, М. М. Шахмурзов, Т. Т. Тарчоков и др. // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 61-66. doi: 10.28983/asj.y2024i8pp61-66

6. Тарасова Е.И., Полякова В.С., Сизова Е.А. Связь полиморфизма гена DGAT1 с элементным составом биосубстратов и продуктивностью коров чёрно-пёстрой породы Ленинградской, Вологодской и Оренбургской областей // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 8-24. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-8

7. Третьякова Р. Ф., Каюмов Ф. Г. Влияние полиморфизма гена DGAT1 на продуктивность мясного скота калмыцкой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 3. С. 16-19. doi: 10.33943/MMS.2024.55.52.004

8. Developing meat productivity in bull calves of different DGAT1 genotypes // Т. А. Sedykh, L. A. Kalashnikova, I. Yu. Dolmatova, et al. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Vol. 15(3). P. 155-174. doi: 10.12731/2658-6649-2023-15-3-155-174

9. Столповский Ю. А., Пискунов А. К., Свищева Г. Р. Генотипная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития // Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1006-1017. doi: 10.31857/S0016675820090143

10. Кузнецов В.М. Оценка генетической дифференциации популяций молекулярным дисперсионным анализом (аналитический обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 2. С. 167-187. doi:10.30766/2072-9081.2020.21.2.167-187

11. Попов Н. А. Расширение изменчивости в популяции с использованием матерей быков из семейств // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 11-15. doi: 10.33943/MMS.2022.87.84.003

12. Makaev Sh. A., Dzhulamanov K. M., Gerasimov R. P. Formation of adipose tissue in Kazakh white-headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 848. P. 012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075

13. Романова Е.А., Тулинова О.В. Оценка эффективности моделирования отбора коров айрширской породы по полифакторному селекционному индексу // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 3. С. 16-20. doi: 10.33943/MMS.2022.89.59.003

14. Effect of IGF-1, C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle / N.P. Gerasimov, K.M. Dzhulamanov, S.V. Lebedev, et al. // Veterinary World. 2023. Vol.16(8). P. 1584-1592. doi: 10.14202/vetworld.2023.1584-1592

15. The effects of polymorphisms in growth hormone and growth hormone receptor genes on production and reproduction traits in Aberdeen-Angus cattle (*Bos taurus* L., 1758). / O. M. Fedota, N. G. Lysenko, S. Y. Ruban, et al. // Cytology and Genetics. 2017. Vol. 51(5). P. 352-360. doi:10.3103/S0095452717050024

16. Freetly H.C., Cushman R.A., Bennett G.L. Production performance of cows raised with different postweaning

growth patterns. *Transl Anim Sci.* 2021. Vol.5(3). P. txab031. doi:10.1093/tas/txab031

17. Полиморфизм гена гипофизарного фактора транскрипции (Pit-1) среди мясных пород крупного рогатого скота / М. В. Позовникова, Г. Н. Сердюк, И. А. Погорельский и др. // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии.* 2016. № 2 (30). С. 14-16.

18. Джаныбеков А.С., Абдурасулов А.Х., Воспроизводительные качества бычков и телок абердин-ангусской породы // *Сельскохозяйственный журнал.* 2022. № 2 (15). С. 37-45. doi: 10.25930/2687-1254/005.2.15.2022

19. Воспроизводительная способность телок разных генотипов / И. Н. Айтжанова, Е. Б. Джуламанов, К.М. Джуламанов и др. // *Вестник Бурятской государственной академии им. В.Р. Филиппова.* 2020. № 4(57). С. 6-12. doi: 10.34655/bgsha.2019.57.4.001

20. Линейная принадлежность и продуктивное долголетие коров / В.А. Чучунов, В.А. Злепкин, Е.Б. Радзиевский и др. // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства.* 2022. № 25-1. С. 85-91.

21. Писаренко А.В. Продуктивное долголетие и воспроизводительная способность коров в зависимости от уровня адаптации // *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2023. Т. 60-3. С. 44-52.

#### References

1. Marker-associated and genomic selection of beef cattle / М. I. Selionova, L. V. Evstafieva, E. N. Konovalova, et al. // *Timiryazev Biological Journal.* 2023. No. 2. P. 37-48.

2. Improving the productive qualities of Kazakh white-headed cows and heifers in the Samara Region / I. N. Khakimov, G. S. Sharafutdinov, R. M. Mudarisov, et al. // *Vestnik of the Samara State Agricultural Academy.* 2021. No. 4. P. 62-68.

3. Tarasova E. I., Notova S. V. Genes-markers of productive characteristics of dairy cattle (review) // *Animal Husbandry and Feed Production.* 2020. Vol. 103. No. 3. P. 58-80.

4. Identification of the PIT-1 gene polymorphism in the Tatarstan population of Holstein cattle / E.R. Gainutdinova, N. Yu. Safina, Sh. K. Shakirov, et al. // *Scientific Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman.* 2020. Vol. 237 (I). P. 40-43.

5. Polymorphism of the FASN and DGAT1 genes in beef cattle and their relationship with phenotype parameters / R. Z. Abdulkhalikov, M. M. Shakhmurzov, T. T. Tarchokov, et al. // *Agrarian Scientific Journal.* 2024. No. 8. P. 61-66.

6. Tarasova E.I., Polyakova V.S., Sizova E.A. Relationship between DGAT1 gene polymorphism and the elemental composition of biosubstrates and productivity of Black-and-White cows in the Leningrad, Vologda and Orenburg regions // *Animal Husbandry and Feed Production.* 2024. Vol. 107. No. 3. P. 8-24

7. Tretyakova R.F., Kayumov F.G. Effect of DGAT1 gene polymorphism on productivity of Kalmyk beef cattle // *Dairy and beef cattle breeding.* 2024. No. 3. P. 16-19.

8. Sedykh T.A., Kalashnikova L.A., Dolmatova IYu, Gizatullin R.S., Kosilov V.I. Developing meat productivity in bull calves of different DGAT1 genotypes. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.* 2023. Vol. 15(3). P. 155-174. doi: 10.12731/2658-6649-2023-15-3-155-174

9. Stolpovsky Yu.A., Piskunov A.K., Svishcheva G.R. Genomic selection. I. Recent trends and possible development paths // *Genetics.* 2020. Vol. 56. No. 9. P. 1006-1017. doi: 10.31857/S0016675820090143

10. Kuznetsov V.M. Assessing the genetic differentiation of populations using molecular analysis of variance (analytical review) // *Agrarian science of the Euro-North-East.* 2021. Vol. 22. No. 2. P. 167-187.

11. Popov N.A. Expansion of variability in a population using mothers of bulls from families // *Dairy and beef cattle breeding.* 2022. No. 1. P. 11-15. doi: 10.33943/MMS.2022.87.84.003

12. Makaev Sh. A., Dzhulamanov K. M., Gerasimov R. P. Formation of adipose tissue in Kazakh white-headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. Vol. 848. R. 012075. doi: 10.1088/1755-1315/848/1/012075

13. Romanova E.A., Tulinova O.V. Evaluation of the efficiency of modeling the selection of Ayrshire cows using a multifactorial selection index // *Dairy and Beef Cattle Breeding.* 2022. No. 3. P. 16-20.

14. Effect of IGF-1, C472T, GH C2141G, and GHR T914A polymorphisms on growth performance and feed efficiency in young Kazakh white-headed cattle / N.P. Gerasimov, K.M. Dzhulamanov, S.V. Lebedev, et al. // *Veterinary World.* 2023. Vol. 16(8). P. 1584-1592.

15. The effects of polymorphisms in growth hormone and growth hormone receptor genes on production and reproduction traits in Aberdeen-Angus cattle (*Bos taurus* L., 1758). / O. M. Fedota, N. G. Lysenko, S. Y. Ruban, et al. // *Cytology and Genetics.* 2017. Vol. 51(5). R. 352-360. doi: <https://doi.org/10.3103/S0095452717050024>

16. Freetly H.C., Cushman R.A., Bennett G.L. Production performance of cows raised with different postweaning growth patterns. *Transl Anim Sci.* 2021. Vol.5(3). R. txab031. doi:10.1093/tas/txab031

17. Polymorphism of the pituitary transcription factor gene (Pit-1) among beef cattle breeds / M. V. Pozovnikova, G. N. Serdyuk, I. A. Pogorelsky, et al. // *Current issues in veterinary biology.* 2016. No. 2 (30). P. 14-16.

18. Dzhaniybekov A. S., Abdurasulov A. Kh., Reproductive qualities of Aberdeen Angus bulls and heifers // *Agricultural journal.* 2022. No. 2 (15). P. 37-45.

19. Reproductive ability of heifers of different genotypes / I. N. Aitzhanova, E. B. Dzhulamanov, K. M. Dzhulamanov et al. // *Vestnik of Buryat State Academy named after V.R. Filippov.* 2020. No. 4 (57). P. 6-12.

20. Linear affiliation and productive longevity of cows / V.A. Chuchunov, V.A. Zlepkin, E. B. Radzиеvskiy et al. // *Current Issues of intensive livestock development.* 2022. No. 25-1. P. 85-91.

21. Pisarenko A.V. Productive longevity and reproductive capacity of cows depending on the adaptation level // *Vestnik of the Gorsk State Agrarian University.* 2023. Vol. 60-3. P. 44-52.