

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 106-118.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 4. P. 106-118.

Научная статья
УДК 636.068:636.082
doi:10.33284/2658-3135-108-4-106

Влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей голштинской породы

Светлана Геннадьевна Куликова¹, Кирилл Николаевич Нарожных²,
Владимир Владимирович Гарт³, Евгений Варисович Камалдинов⁴, Алексей Федорович Петров⁵,
Ольга Викторовна Ефремова⁶

^{1,2,3,4,5}Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

⁶ЗАО племзавод «Ирмень», Верх-Ирмень, Новосибирская обл., Россия

¹kulikovasg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1425-8622>

²nkn.88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1519-697X>

³gvlvl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7356-1090>

⁴ekamaldinov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0341-5055>

⁵lexluterking@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7402-4107>

⁶irmeny@mail.ru

Аннотация. Глубина туловища является одним из важных признаков линейной оценки экстерьера молочного скота, ассоциированным с продуктивным долголетием и адаптивностью животных. Оценка генетических факторов, детерминирующих данный признак, имеет фундаментальное значение для разработки эффективных селекционных программ. Целью настоящего исследования являлось оценить влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей-первотелок голштинской породы. Исследование проведено на 982 коровах-первотелках, происходящих от 16 быков-производителей, в условиях ЗАО племзавод «Ирмень» Новосибирской области. Глубина туловища оценивалась по 9-балльной линейной шкале. Ввиду несоответствия данных предпосылкам параметрических тестов (отклонение от нормального распределения и гетерогенность дисперсий, $\alpha < 0,001$), для анализа был использован непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Для апостериорных попарных сравнений применялись тест Коновера-Имана и пермутационный тест с поправкой Холма. Сила влияния фактора «отец» оценивалась с помощью показателя эта-квадрат (η^2). Установлено высокодостоверное ($\chi^2=344,92$; $df=15$; $\alpha < 0,001$) влияние генотипа отца на глубину туловища дочерей. Данный фактор объясняет 35,44 % ($\eta^2=0,3544$) общей фенотипической вариации признака. Выявлены статистически значимые различия между дочерьми большинства быков, что свидетельствует о значительном генетическом разнообразии в популяции. Установлено, что дочери быков с оптимальной глубиной туловища (7...8 баллов) превосходили по молочной продуктивности на 262 кг сверстниц с чрезмерно глубоким туловищем ($\alpha < 0,001$). Полученные результаты могут быть использованы в селекционно-племенной работе для целенаправленного подбора быков для оптимизации экстерьерного профиля и повышения продуктивного долголетия в стадах голштинской породы.

Ключевые слова: бык-производитель, первотелка, голштинская порода, глубина туловища, линейная оценка экстерьера, генетическое влияние, сила эффекта, непараметрический анализ, селекция

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2025 гг. ФГБОУ ВО НГАУ (№ FESF-2023-0016).

Для цитирования: Влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей голштинской породы / С.Г. Куликова, К.Н. Нарожных, В.В. Гарт, Е.В. Камалдинов, А.Ф. Петров, О.В. Ефремова // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 106-118. [Kulikova SG, Narozhnykh KN, Gart VV, Kamaldinov EV, Petrov AF, Efremova OV. The effect of sire's genotype on body depth in Holstein daughters. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):106-118. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-106>

Original article

The effect of sire's genotype on body depth in Holstein daughters

Svetlana G Kulikova¹, Kirill N Narozhnykh², Vladimir V Gart³, Evgeny V Kamaldinov⁴,
Alexey F Petrov⁵, Olga V Efremova⁶

^{1,2,3,4,5}Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

⁶Irmens Breeding Farm, CJSC, Verkh-Irmens, Novosibirsk region, Russia

¹kulikovasg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1425-8622>

²nkn.88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1519-697X>

³gvlvl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7356-1090>

⁴ekamaldinov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0341-5055>

⁵lexluterking@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7402-4107>

⁶irmeny@mail.ru

Abstract. Body depth is an important trait of linear evaluation of exterior in dairy cattle associated with productive longevity and adaptability. Assessing the genetic factors that determine this trait is fundamental for developing effective breeding programs. The aim of this study was to evaluate the effect of sire genotype on body depth in Holstein first-calf heifers. The study was conducted on 982 first-calf heifers, descended from 16 sires, in the conditions of the Irmens Breeding Farm CJSC, Novosibirsk region. The body depth was assessed on a 9-point linear scale. Due to the data's non-compliance with the assumptions of parametric tests (non-normal distribution and heterogeneity of variances, $\alpha < 0.001$), the non-parametric Kruskal-Wallis test was used for analysis. The Conover-Iman test and a permutation test with Holm's correction were used for post-hoc pairwise comparisons. The effect of the "sire" factor was estimated using eta-squared (η^2). A highly significant ($\chi^2 = 344.92$; $df = 15$; $\alpha < 0.001$) effect of the sire's genotype on the daughters' body depth was established. This factor explained 35.44% ($\eta^2 = 0.3544$) of the total phenotypic variance of the trait. Statistically significant differences were found among the daughter groups of most sires, indicating considerable genetic diversity in the population. It was found that daughters of sires with optimal body depth (7...8 points) had 262 kg higher milk yield compared to peers with excessively deep bodies ($\alpha < 0.001$). The obtained results can be used in breeding programs for targeted sire selection to optimize the exterior profile and enhance productive longevity in Holstein herds.

Keywords: sire, first-calf heifer, Holstein breed, body depth, linear type appraisal, genetic influence, effect size, non-parametric analysis, selection

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2025 FSBEI HE NSAU (No. FESF-2023-0016).

For citation: Kulikova SG, Narozhnykh KN, Gart VV, Kamaldinov EV, Petrov AF, Efremova OV. Influence of sire's genotype on body depth in Holstein daughters. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):106-118. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-106>

Введение.

Молочное скотоводство является одной из главных отраслей агропромышленного комплекса, направленной на обеспечение населения высококачественными продуктами питания. В условиях интенсификации производства и возрастающих требований к эффективности непрерывное совершенствование генетического потенциала крупного рогатого скота становится приоритетной задачей (Горшков В.В., Щетинина Е.В., 2024; Чеченихина О.С. и др., 2024). Голштинская порода, благодаря своей выдающейся молочной продуктивности, занимает лидирующие позиции в мировом молочном скотоводстве (Xue X et al., 2022; Körösi ZJ et al., 2024; Petrov AF et al., 2024). Однако, помимо высоких удоев, для обеспечения продуктивного долголетия и здоровья животных важное значение приобретают их функциональные и экстерьерные характеристики (Alcantara LM et al., 2022; Богданова О.В. и др., 2023; Миронов Е.Г. и др., 2024).

Линейная оценка экстерьера играет значительную роль в селекционных программах, позволяя комплексно характеризовать экстерьерные особенности животного, которые часто коррелируют с его продуктивными и воспроизводительными качествами, а также с продолжительностью хозяйственного использования (Татаркина Н.И. и др., 2023; Narozhnykh K et al., 2023; Yardibi F et al., 2023). Глубина туловища является одним из важных линейных признаков, характеризующим объем грудной и брюшной полостей животного (Zheng Z et al., 2024). Этот признак напрямую связан с вместимостью пищеварительной системы, объемом легких и сердца, что, в свою очередь, определяет способность животного к эффективному потреблению и переработке больших объемов корма, а также его долголетие и выносливость (Horalskyi LP et al., 2022; VandeHaar MJ et al., 2016). Животные с хорошо выраженной глубиной туловища, как правило, обладают большей продуктивностью и лучшей адаптивностью к условиям интенсивной эксплуатации (Galina CS and Geffroy M, 2023).

В то же время, выявлено, что чрезмерное уклонение признака «Глубина туловища» в сторону максимальных значений свидетельствует о характерном для мясного типа скота развитии экстерьера животного. Оптимальным значением развития линейного признака «Глубина туловища» для голштинского скота считается 7...8 баллов (Гарт В.В., 2024).

Генотип быка-производителя является определяющим фактором в передаче как продуктивных, так и экстерьерных признаков потомству (Контэ А.Ф. и др., 2019; Сафонова А.А. и др., 2024; Куликова С.Г. и др., 2025). Благодаря широкому использованию искусственного осеменения, влияние отдельных высокоценных быков на популяцию может быть колоссальным, что подчеркивает необходимость детального изучения влияния их генотипа на различные фенотипические характеристики дочерей. Понимание наследуемости и влияния конкретных быков на такие признаки, как глубина туловища, позволяет принимать обоснованные селекционные решения, направленные на формирование желаемого типа животного, оптимально соответствующего производственным целям.

Цель исследования.

Оценить влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей-первотелок голштинской породы.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Генотип быков, определяющий глубину туловища коров первого отела черно-пестрой голштинской породы, разводимых в ЗАО племзавод «Ирмень» Новосибирской области.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных.

Схема эксперимента. Для обеспечения статистической достоверности оценок из общей базы данных была сформирована целевая выборка. В нее были включены только те быки-производители, от которых в хозяйстве было получено и оценено не менее 30 дочерей-первотелок. В результате применения данного критерия итоговая выборка для анализа составила 982 коровы, являющиеся дочерьми 16 быков-производителей.

Глубина туловища (Body Depth, ГТ) оценивалась сертифицированными классификаторами по 9-балльной линейной шкале в соответствии с «Методикой оценки телосложения крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности» (2017).

Статистический анализ. Статистическая обработка данных и их визуализация проводились в среде программирования R (версия 4.3.1) с использованием пакетов tidyverse, rstatix, sag, и gcompanion (Уикем Х. и др., 2024). Уровень статистической значимости (α) был принят равным 0,05.

Аналитический протокол включал следующие этапы:

Нормальность распределения данных оценивалась с помощью критерия Шапиро-Уилка как для остатков общей линейной модели, так и для каждой дочерней группы. Однородность диспер-

сий между группами дочерей разных быков проверялась с помощью теста Левене (Odoi B et al., 2019).

На основании выявленного значительного отклонения данных от нормального распределения и наличия гетерогенности дисперсий, для оценки общего влияния фактора «Отец» был применен непараметрический аналог ANOVA — критерий Краскела-Уоллиса (Iacobucci D et al., 2023).

При обнаружении статистически значимого общего эффекта ($\alpha<0,05$) для выявления конкретных различий между дочерними группами быков проводились попарные сравнения. Были использованы два робастных метода: тест Коновера-Имана (Mursadin A, 2020), который является более мощным по сравнению с тестом Данна, так как использует информацию об общей вариации из основного теста; попарный пермутационный тест (Holt CA and Sullivan SP, 2023), полностью непараметрический метод, не зависящий от предположений о распределении и особенно эффективный для дискретных данных со связанными рангами.

Для контроля ошибки первого рода α -значения для всех апостериорных тестов корректировались с использованием метода Холма, который является более мощным, чем классическая поправка Бонферрони.

С целью количественной оценки доли вариации признака «Глубина туловища», объясняемой генотипом быка, был рассчитан показатель эта-квадрат для теста Краскела-Уоллиса (η^2).

Распределение признака по группам визуализировалось с помощью ящичных диаграмм (box plots), упорядоченных по медианному значению.

Результаты исследования.

Прежде чем приступить к оценке влияния отцов, была проведена детальная проверка статистических предпосылок. Анализ нормальности распределения остатков линейной модели, оценивающей влияние отца на глубину туловища, показал, что остатки не распределены нормально ($\alpha<0,001$), что является существенным отклонением от предпосылок параметрических тестов, таких как ANOVA. Дополнительная проверка внутри каждой группы отцов с помощью критерия Шапиро-Уилка подтвердила негомогенность распределения: из 16 групп отцов ни одна не продемонстрировала нормального распределения (все $\alpha(p)$ -значения были равны 0 или крайне близки к нему, за исключением тех, где тест не применим из-за малого числа уникальных значений, $n<3$). Оценка гомогенности дисперсий между группами отцов с использованием теста Левене также выявила статистически значимые различия в дисперсиях ($\alpha<0,001$), что указывает на неоднородность дисперсий признака "Глубина туловища" по группам.

Учитывая данные факты, для оценки влияния генотипа быка-производителя на глубину туловища был выбран непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Результаты теста Краскела-Уоллиса выявили высоко статистически значимое влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища дочерей ($\chi^2=344,92$, $df=15$, $\alpha<0,001$). Это свидетельствует о том, что между дочерними группами разных быков существуют существенные различия по исследуемому признаку.

Для количественной оценки силы этого влияния был рассчитан показатель эта-квадрат Н (η^2), который составил 0,3544. Согласно общепринятым стандартам интерпретации силы эффекта, это значение классифицируется как "большой" эффект. Таким образом, генотип быка-производителя объясняет примерно 35,44 % общей вариации глубины туловища у дочерей в исследуемой субпопуляции, что подтверждает существенную роль генотипа отца в формировании этого экстерьерного признака.

Как видно из таблицы 1, средние значения глубины туловища среди дочерей разных быков варьировались от 7,78 (Артикт 72090533 и Пульсар 11696702) до 8,93 (Стэди 7746123). Медианные значения также демонстрируют разнообразие. Были идентифицированы группы быков, чьи дочери имели показатели, близкие к максимальным (Артфул 3007897676, Бад Лайт 9956684, Динамит 106387912 и Стэди 7746123), и быки, чьи дочери характеризовались оптимальными значениями (7-8 баллов), например, АльтаШкода 69169948, АльтаРаззл 70215869 и Артикт 72090533.

Таблица 1. Основные статистические параметры (в баллах) и результаты теста Шапиро-Уилка для признака "Глубина туловища" у дочерей (n) по группам отцов
 Table 1. Main statistical parameters (in points) and results of the Shapiro-Wilk test for the "Body Depth" trait in daughters (n) by groups of sires

Кличка и номер быка/ Sire's nick-name and number	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	σ	Ме	Min	Max	Q1	Q3	IQR	SW	α_{sw}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Оптимальный балл: 7...8 (Гарт В.В. и др., 2024)/ Optimal score: 7...8 (Gart VV et al., 2024)											
АльтаРаззл 70215869/ AltaRazzle 70215869	87	7,94±0,04	0,41	8,00	7	9	8,00	8,00	0,00	0,562	<0,001
АльтаШкода 9169948/ AltaShkoda 9169948	82	7,87±0,05	0,41	8,00	7	9	8,00	8,00	0,00	0,539	<0,001
АльтаЭверглэйд 3006559787/ AltaEver-glade 3006559787	63	8,21±0,07 ³	0,51	8,00	7	9	8,00	8,83	0,83	0,682	<0,001
Артикэт 72090533/ Artikat 72090533	116	7,78±0,05	0,54	8,00	6	9	8,00	8,00	0,00	0,684	<0,001
Артфул 3007897676/ Artful 3007897676	47	8,87±0,05 ³	0,34	9,00	8	9	9,00	9,00	0,00	0,393	<0,001
Бад Лайт 9956684/ Bud Light 9956684	43	8,81±0,07 ³	0,45	9,00	7	9	9,00	9,00	0,00	0,454	<0,001
Дедактив 11595003/ Deadactive 11595003	96	8,09±0,07 ³	0,68	8,00	6	9	8,00	9,00	1,00	0,809	<0,001
Динамит 106387912/ Dynamite 106387912	36	8,69±0,09 ³	0,53	9,00	7	9	8,00	9,00	1,00	0,598	<0,001
Кикболл 106627797/ Kickball 106627797	100	8,04±0,05	0,51	8,00	7	9	8,00	8,00	0,00	0,688	<0,001
Пульсар 11696702/ Pulsar 11696702	60	7,78±0,08	0,64	8,00	6	9	7,00	8,00	1,00	0,793	<0,001

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сапфир 1992/ <i>Sapphire 1992</i>	34	8,21±0,08 ¹	0,48	8,00	7	9	8,00	8,08	0,08	0,631	<0,001
Селекшн 106670937/ <i>Selection</i> 106670937	62	8,42±0,08 ³	0,64	8,00	6	9	8,00	9,00	1,00	0,720	<0,001
Сид 62175895/ <i>Sid 62175895</i>	48	8,58±0,11 ³	0,77	9,00	6	9	8,00	9,00	1,00	0,600	<0,001
Стэди 7746123/ <i>Steady 7746123</i>	45	8,93±0,04 ³	0,25	9,00	8	9	9,00	9,00	0,00	0,263	<0,001
Эмфасис 11603011/ <i>Emphasis</i> 11603011	32	7,97±0,10	0,54	8,00	7	9	8,00	8,00	0,00	0,711	<0,001
Энкор 70885451/ <i>Enkor 70885451</i>	31	7,87±0,13	0,72	8,00	6	9	8,00	8,00	0,00	0,748	<0,001
Всего/ <i>Total</i>	982	8,17±0,02	0,65	8,00	6	9	8,00	9,00	1,00	0,787	<0,001

Примечание: $Q1$ и $Q3$ – первый и третий квартили; IQR – межквартильный размах; SW – критерий Шапиро-Уилка; α_{SW} – уровень значимости критерия SW . Достоверность приведена по отношению к показателю «Оптимальный балл»: ¹ – $\alpha<0,05$; ² – $\alpha<0,01$; ³ – $\alpha<0,001$.

Note: $Q1$ and $Q3$ – the first and third quartiles; IQR – the interquartile range; SW – the Shapiro-Wilk test; α_{SW} – the significance level of the SW test. Reliability is given in relation to the “Optimal score” indicator: ¹ – $\alpha<0,05$; ² – $\alpha<0,01$; ³ – $\alpha<0,001$.

С помощью биноминального теста проведен анализ достоверности различий значений показателей линейной оценки экстерьера с оптимальным баллом развития признака «Глубина груди», который показал их полное соответствие ($\alpha>0,05$) у дочерей 7 быков (АльтаРаззл 70215869, АльтаШкода 9169948, Артикэт 72090533, Пульсар 11696702, Эмфасис 11603011, Энкор 70885451 и Кикболл 106627797). У 9 других производителей, хотя различия с оптимальным баллом были незначительные от 0,09 балла (Дедактив 11595003) до 0,93 балла (Стэди 7746123), они были достоверны ($\alpha<0,05-0,001$).

Изучена молочная продуктивность дочерей быков, потомки которых характеризовались разной глубиной туловища. Средний удой за 305 дней первой лактации у дочерей исследуемых быков, у потомков которых балльные показатели по глубине груди соответствовали оптимальному значению развития этого признака, варьировался от 9841 кг (Пульсар 11696702) до 10712 кг (Энкор 70885451). Дочери только 2 быков имели молочность меньше среднего удоя (10035 кг) у первотелок стада, полученных от использования семени всех 16 производителей. В то время как у дочерей быков, которые достоверно отличались по глубине туловища от оптимальных показателей в сторону максимальных значений развития признака, удой изменялся от 9270 кг (Селекшн 106670937) до 10398 кг (Артфул 3007897676), а дочери 6 быков имели средний удой меньше, чем по всем первотелкам исследованной совокупности. Следовательно первотелки, характеризующиеся оптимальной глубиной туловища для голштинского скота имели в среднем более высокую молочность на 262 кг в сравнении со сверстницами, имеющими очень глубокое туловище ($\alpha<0,001$).

Распределение признака «Глубина груди» у дочерей внутри групп для большинства быков было сосредоточено вокруг небольшого диапазона значений (табл. 1), что, вероятно, объясняется его балльной оценкой и дискретностью, это в свою очередь привело к отклонению от нормального распределения, как показал тест Шапиро-Уилка для каждой группы.

Для детального понимания, какие именно быки-производители отличаются по глубине туловища дочерей, были применены апостериорные критерии Коновера-Имана и пермутационный тест с поправкой Холма для множественных сравнений. Анализы выявили большое количество статистически значимых попарных различий.

При одновременном применении обоих тестов обнаружено полное совпадение результатов (одинаковые пары быков, дочери которых достоверно при $\alpha<0,001$ отличались по глубине туловища) у 51,7 % исследуемых пар быков из всех возможных сочетаний, что свидетельствует о высокой надежности полученных выводов. Наиболее консервативным оказался тест Коновера-Имана, с помощью которого выявлено на 12,7 % больше достоверных различий между дочерьми быков при множественных попарных сравнениях производителей.

В таблице 2 представлены пары быков, дочери которых наиболее сильно различались по глубине туловища ($\alpha<0,001$).

Таблица 2. Наиболее статистически значимые результаты попарных различий глубины туловища между дочерьми сравниваемых быков-производителей (апостериорные тесты Коновера-Имана и пермутационный с поправкой Холма)

Table 2. The most statistically significant results of pairwise differences in body depth between daughters of compared sires (Conover-Iman post-hoc tests and permutation tests with Holm's correction)

Пары сравниваемых быков/ Pairs of compared sires	α_c	α_p
АльтаРэзл 70215869 - Артфул 3007897676/	$1,4 \cdot 10^{-23}$	$3,66 \cdot 10^{-16}$
<i>AltaRazzle 70215869 - Artful 3007897676</i>		
АльтаРэзл 70215869 - Бад Лайт 9956684/	$1,89 \cdot 10^{-19}$	$4,89 \cdot 10^{-13}$
<i>AltaRazzle 70215869 - Bud Light 9956684</i>		
АльтаРэзл 70215869 - Стэди 7746123/	$6,4 \cdot 10^{-26}$	$1,89 \cdot 10^{-17}$
<i>AltaRazzle 70215869 - Steadi 7746123</i>		
АльтаШкода 69169948 - Артфул 3007897676/	$9,49 \cdot 10^{-25}$	$4,23 \cdot 10^{-16}$
<i>AltaSkoda 69169948 - Artful 3007897676</i>		
АльтаШкода 69169948 - Бад Лайт 9956684/	$1,37 \cdot 10^{-20}$	$4,24 \cdot 10^{-13}$
<i>AltaSkoda 69169948 - Bud Light 9956684</i>		
АльтаШкода 69169948 - Стэди 7746123/	$4,41 \cdot 10^{-27}$	$2,86 \cdot 10^{-17}$
<i>AltaSkoda 69169948 - Steadi 7746123</i>		
Артикат 72090533 - Артфул 3007897676/	$1,51 \cdot 10^{-30}$	$5,59 \cdot 10^{-17}$
<i>Artikat 72090533 - Artful 3007897676</i>		
Артикат 72090533 - Бад Лайт 9956684/	$2,21 \cdot 10^{-25}$	$4,63 \cdot 10^{-14}$
<i>Artikat 72090533 - Bud Light 9956684</i>		
Артикат 72090533 - Динамит 106387912/	$3,9 \cdot 10^{-17}$	$3,29 \cdot 10^{-10}$
<i>Artikat 72090533 - Dynamite 106387912</i>		
Артикат 72090533 - Сид 62175895/	$2,31 \cdot 10^{-18}$	$1,91 \cdot 10^{-08}$
<i>Artikat 72090533 - Sid 62175895</i>		
Артикат 72090533 - Стэди 7746123/	$4,06 \cdot 10^{-33}$	$5,27 \cdot 10^{-18}$
<i>Artikat 72090533 - Steadi 7746123</i>		
Артфул 3007897676 - Кикболл 106627797/	$6,1 \cdot 10^{-20}$	$4,68 \cdot 10^{-13}$
<i>Artful 3007897676 - Kickball 106627797</i>		
Артфул 3007897676 - Пульсар 11696702/	$8,39 \cdot 10^{-25}$	$2,04 \cdot 10^{-11}$
<i>Artful 3007897676 - Pulsar 11696702</i>		
Бад Лайт 9956684 - Пульсар 11696702/	$6,9 \cdot 10^{-21}$	$2,76 \cdot 10^{-09}$
<i>Bud Light 9956684 - Pulsar 11696702</i>		
Кикболл 106627797 - Стэди 7746123	$3,1 \cdot 10^{-22}$	$2,36 \cdot 10^{-14}$
<i>Kickball 106627797 - Steady 7746123</i>		
Пульсар 11696702 - Стэди 7746123/	$4,63 \cdot 10^{-27}$	$3,77 \cdot 10^{-12}$
<i>Pulsar 11696702 - Steadi 7746123</i>		

Примечание: α_c – уровень значимости критерия Коновера-Имана; α_p – уровень значимости для пермутационного теста

Note: α_c – the significance level of the Conover-Iman test; α_p – the significance level for the permutation test

Обсуждение полученных результатов.

Результаты данного исследования демонстрируют статистически значимое и сильное влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей голштинской породы. Выявленная сила влияния ($\eta^2=0,3544$) указывает на то, что генетический фактор, связанный с отцом, играет существенную роль в формировании этого экстерьерного признака, сопоставимую с данными о наследуемости экстерьерных признаков в литературе (Batanov SD et al., 2020; Fang L et al., 2019). Это подтверждает целесообразность включения данного признака в селекционные программы по линейной оценке.

Отклонение от нормального распределения данных в группах, а также гетерогенность дисперсий, послужили основанием для применения непараметрического теста Краскела-Уоллиса, который, в отличие от параметрических методов, не требует строгих предпосылок гауссовского распределения и гомогенности дисперсий. Использование апостериорных критериев Коновера-Имана и пермутационного теста с поправкой Холма для множественных сравнений позволило выявить большое количество статистически значимых попарных различий между быками, чьи дочери значительно различались по глубине туловища.

Обнаруженные значимые различия между группами отцов в глубине туловища их дочерей имеют важное биологическое и зоотехническое значение. Глубина туловища является индикатором потребления большого количества корма и эффективной его конверсии в молочную продукцию (Zheng Z et al., 2024). Животные с хорошо развитой глубиной туловища обычно обладают лучшим здоровьем и выносливостью, что способствует их продолжительному хозяйственному использованию в стаде (Horalskyi LP et al., 2022; Galina CS and Geffroy M, 2023). Довольно высокая сила влияния ($\eta^2=0,3544$) генотипа быка на данный признак свидетельствует о его достаточно высокой наследуемости и большом потенциале для целенаправленной селекции. Это означает, что отбор быков-производителей с оптимальными показателями глубины туловища у их дочерей может эффективно способствовать улучшению этого признака в популяции, приводя к повышению общей продуктивности и адаптивности молочного скота.

Выявленная взаимосвязь между оптимальной глубиной туловища и более высокой молочной продуктивностью подчеркивает важность сбалансированного подхода к селекции, избегающего максимальных значений экстерьерных признаков.

Быки, чьи дочери демонстрируют оптимальные показатели глубины туловища (7...8 баллов) в сочетании с высокой продуктивностью, такие как Энкор 70885451, Эмфасис 11603011 и Кикболл 106627797, могут быть рекомендованы для широкого использования в племенных программах. Данные по быкам, чьи дочери имели меньшую или большую глубину туловища, могут быть применены в корректирующих скрещиваниях, но с учетом потенциального нежелательного влияния на глубину туловища.

Ограничениями данного исследования являются использование данных только по первой лактации и отсутствие информации о материах животных, что не позволяет провести более сложные генетические оценки, такие как расчеты племенной ценности с учетом полного родословного коэффициента. Тем не менее, полученные результаты являются ценными для практической селекции и управления стадом, подчеркивая важность экстерьерной оценки для повышения продуктивного долголетия и здоровья животных. Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на изучении генетических корреляций между глубиной туловища и другими экстерьерными и продуктивными признаками, а также на анализе влияния других факторов (например, условий содержания, кормления) на проявление данного признака.

Заключение.

Проведенное исследование убедительно продемонстрировало статистически значимое и сильное влияние генотипа быка-производителя на глубину туловища у дочерей голштинской породы. Результаты непараметрического теста Краскела-Уоллиса показали, что выявлены существенные различия в глубине туловища между потомством различных быков-производителей

($\alpha < 0,001$). Количественная оценка силы этого влияния составила $\eta^2 = 0,3544$, что подчеркивает значительную долю вариации глубины туловища, объясняемую генотипом отца. Полученные результаты имеют важное практическое значение для селекционно-племенной работы, позволяя использовать информацию о быках для:

1. Оптимизации подбора родительских пар с целью получения животных с желательным типом телосложения.

2. Более точной оценки племенной ценности быков-производителей по экстерьерным характеристикам дочерей.

3. Повышения эффективности селекционных программ, направленных на совершенствование экстерьера и адаптационных качеств молочного скота в условиях современных технологий производства.

Целенаправленный отбор быков, передающих своим дочерям оптимальную глубину туловища, позволит формировать более продуктивное, здоровое и с более длительным периодом хозяйственного использования поголовье крупного рогатого скота, оптимизируя тем самым эффективность молочного производства.

Список источников

1. Горшков В.В., Щетинина Е.В. Возможность увеличения объёмов получения промышленного молока за счёт изменения молочной продуктивности коров при внутрилинейном подборе // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 89-98. [Possible increase of volumes of industrial milk production due to changes in milk productivity of cows in the course of intra-line selection. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(3): 89-98. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-89
2. Изменчивость линейных признаков дочерей быков с разной племенной ценностью / С.Г. Куликова, В.В. Гарт, О.В. Ефремова, Е.В. Камалдинов, А.Ф. Петров // Пермский аграрный вестник. 2025. № 2(50). С. 101-108. [Kulikova SG, Gart VV, Efremova OV, Kamaldinov EV, Petrov AF. Variability of linear traits of the daughters of bulls with different breeding value. Perm Agrarian Journal. 2025;2(50):101-108. (In Russ.)]. doi: 10.47737/2307-2873_2025_50_101
3. Методика оценки телосложения крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности. М., 2017. 24 с. [Metodika ocenki teloslozhenija ktrupnogo rogatogo skota molochnogo i molochno-mjasnogo napravlenija produktivnosti. Moscow; 2017:24 p. (In Russ.)].
4. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции чёрно-пёстрого скота Московской области по типу телосложения дочерей / А.Ф. Контэ, А.Н. Ермилов, Н.Г. Бычкунова, А.А. Сермягин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 275-283. [Conte AF, Ermilov AN, Bychkunova NG, Sermyagin AA. Evaluation of a tribal value of bulls-producers of the population of black-milled cattle of Moscow region by type of bodies of cow's daughters. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2019;3(55):275-283. (In Russ.)]. doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-35
5. Различия между странами по признакам линейной оценки экстерьера крупного рогатого скота голштинской породы / О.В. Богданова, В.В. Гарт, С.Г. Куликова, Е.В. Камалдинов, Х.А. Амерханов, К.Н. Нарожных, А.Ф. Петров, Т.А. Жигулин, А.А. Астафьев // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 8. С. 59-64. [Bogdanova OV, Gart VV, Kulikova SG, Kamaldinov EV, Amerkhanov KhA, Narozhnykh KN, Petrov AF, Zhigulin TA, Astafyev AA. Differences between countries in terms of linear assessment of the conformation of Holstein cattle. Achievements of Science and Technology in Agro-industrial Complex. 2023;37(8):59-64. (In Russ.)]. doi: 10.53859/02352451_2023_37_8_59
6. Сафронова А.А., Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Разработка нового способа оценки и отбора быков-производителей на основе индексной оценки // Пермский аграрный вестник. 2024. № 3(47). С. 126-133. [Safronova AA, Dzhulamanov KM, Gerasimov NP. Development of

a new method for evaluation and selection of sires based on index evaluation. *Perm Agrarian Journal.* 2024;3(47):126-133. (In Russ.). doi: 10.47737/2307-2873_2024_47_126

7. Татаркина Н.И., Свяженина М.А., Пономарева Е.А. Применение экстерьерной оценки в селекции крупного рогатого скота голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 10. С. 81-90. [Tatarkina NI, Svyazhenina MA, Ponomareva EA. The use of exterior assessment in the selection of Holstein cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2023;23(10):81-90. (In Russ.). doi: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90]

8. Уикем Х., Гроссер М., Бумани Х.Р. К вершинам мастерства / пер. с англ. А.Ю. Гинько. М.: ДМК Пресс, 2024. 752 с. [Wickham H, Grosser M, Buman H. Advanced R. Advanced R Solutions. Second edition, trans. from English by Ginko AYu. Moscow: DMK Press; 2024:752 p. (In Russ.).]

9. Формирование расширенного списка линейных признаков оценки экстерьера молочного КРС на основе международного и российского опыта / Е.Г. Миронов, А.Ю. Логачева, И.Ю. Джой, А.А. Самохвалов // Генетика и разведение животных. 2024. № 3. С. 60-76. [Mironov EG, Logacheva AYu, Joy IYu, Samokhvalov AA. Formation of an expanded linear conformation traits list for the dairy cattle based on international and Russian experience. *Genetics and Breeding of Animals.* 2024;3:60-76. (In Russ.). doi: 10.31043/2410-2733-2024-3-60-76]

10. Характеристика линейного профиля первотёлок голштинской породы разной продуктивности в условиях промышленного комплекса / В.В. Гарт, О.В. Ефремова, С.Г. Куликова, О.В. Богданова, А.Ф. Петров, К.Н. Нарожных, В.М. Норкина, Е.В. Камалдинов // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 3. С. 45-50. [Gart VV, Efremova OV, Kulikova SG, Bogdanova OV, Petrov AF, Narozhnykh KN, Norkina VM, Kamaldinov EV. Characteristics of the linear profile of Holstein heifers of different productivity under the conditions of the industrial complex. *Achievements of Science and Technology in Agro-industrial Complex.* 2024;38(3):45-50. (In Russ.). doi: 10.53859/02352451_2024_38_3_45]

11. Влияние линейной принадлежности на показатели молочной продуктивности коров голштинской породы различных уровней стрессустойчивости / О.С. Чеченихина, Н.Н. Менщиков, А.В. Степанов, Е.С. Смирнова, В.Н. Синько, А.В. Шиловцев // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 4. С. 83-93. [Chechenikhina OS, Menshchikov NN, Stepanov AV, Smirnova ES, Sinko VN, Shilovtsev AV. The influence of line on indicators of dairy productivity of the Holstein cows with various levels of stress resistance. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2024;107(4):83-93. (In Russ.). doi: 10.33284/2658-3135-107-4-83]

12. Alcantara LM, Baesa CF, de Oliveira Juniora GA, Schenkel FS. Conformation traits of Holstein cows and their association with a Canadian economic selection index. *Canadian Journal of Animal Science.* 2022;102(3):490-500. doi:10.1139/cjas-2022-0013

13. Batanov SD, Starostina OS, Baranova IA. Genetic parameters of productivity and exterior traits of dairy cattle. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020;548(3):032023. doi: 10.1088/1755-1315/548/3/032023

14. Fang L, Jiang J, Li B, Zhou Y, Freebern E, Vanraden PM, Ma L. Genetic and epigenetic architecture of paternal origin contribute to gestation length in cattle. *Communications biology.* 2019;2(1):100. doi: 10.1038/s42003-019-0341-6

15. Galina CS, Geffroy M. Dual-purpose cattle raised in tropical conditions: What are their shortcomings in sound productive and reproductive function? *Animals.* 2023;13(13):2224. doi: 10.3390/ani13132224

16. Holt CA, Sullivan SP. Permutation tests for experimental data. *Experimental Economics.* 2023;1-38. doi: 10.1007/s10683-023-09799-6

17. Horalskyi LP, Ragulya MR, Glukhova NM, Sokulskiy IM, Kolesnik NL, Dunaievska OF, Goralska IY. Morphology and specifics of morphometry of lungs and myocardium of heart ventricles of cattle, sheep and horses. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2022;13(1):53-59. doi: 10.15421/022207

18. Iacobucci D, Popovich DL, Moon S, Román S. How to calculate, use, and report variance explained effect size indices and not die trying. *Journal of Consumer Psychology*. 2023;33(1):45-61. doi: 10.1002/jcpy.1292
19. Kőrősi ZJ, Holló G, Bene S, Bognár L, Szabó F. Association of production and selected dimensional conformation traits in Holstein Friesian cows. *Animals*. 2024;14(18):2753. doi: 10.3390/ani14182753
20. Mursadin A. The use of nonparametric statistical inference for studying the effects of construction waste. *Modern Environmental Science and Engineering*. 2020;6(1):128-138. doi: 10.15341/mese(2333-2581)/01.06.2020/012
21. Narozhnykh K, Kamaldinov E, Bogdanova O, Kulikova S, Gart V, Petrov A. Prediction of milk productivity based on conformation traits in cows. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2023;24(6):521-529.
22. Odoi B, Samita S, Al-Hassan S, Twumasi-Ankrah S. Efficiency of Bartlett and Levenes tests for testing homogeneity of variance under varying number of replicates and groups in one-way ANOVA. *Int J Innov Technol Explor Eng IJITEE*. 2019;8(6S4):1219-1223. doi: 10.35940/ijitee.F1250.0486S419
23. Petrov AF, Bogdanova OV, Narozhnykh KN, Kamaldinov EV, Shatokhin KS, Gart VV, Kulikova SG, Zhigulin TA. Clustering of countries based on dairy productivity characteristics of Holstein cattle for breeding material selection. *Veterinary World*. 2024;17(5):1108-1118. doi: 10.14202/vetworld.2024.1108-1118
24. VandeHaar MJ, Armentano LE, Weigel K, Spurlock DM, Tempelman RJ & Veerkamp R. Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *Journal of Dairy Science*. 2016;99(6):4941-4954. doi: 10.3168/jds.2015-10352
25. Xue X, Hu H, Zhang J, Ma Y, Han L, Hao F, Jiang Y, Ma Y. Estimation of genetic parameters for conformation traits and milk production traits in Chinese Holsteins. *Animals*. 2022;13(1):100. doi: 10.3390/ani13010100
26. Yardibi F, Chen C, Fırat MZ, Karacaören B, Süzen E. The trend of breeding value research in animal science: bibliometric analysis. *Archives Animal Breeding*. 2023;66(2):163-181. doi: 10.5194/aab-66-163-2023
27. Zheng Z, Gao JB, Weng Z. Measurement of body size parameters and body weight prediction in beef cattle based on image analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2024;47(1-2):155-167. doi: 10.3233/JIFS-238016

References

1. Gorshkov VV, Shchetinina EV. Possible increase of volumes of industrial milk production due to changes in milk productivity of cows in the course of intra-line selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(3): 89-98. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-89
2. Kulikova SG, Gart VV, Efremova OV, Kamaldinov EV, Petrov AF. Variability of linear traits of the daughters of bulls with different breeding value. *Perm Agrarian Journal*. 2025;2(50):101-108. doi: 10.47737/2307-2873_2025_50_101
3. Methodology for assessing the body conformation of dairy and dual-purpose cattle. Moscow; 2017:24 p.
4. Conte AF, Ermilov AN, Bychkunova NG, Sermyagin AA. Evaluation of a tribal value of bulls-producers of the population of black-milled cattle of Moscow region by type of bodies of cow's daughters. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2019;3(55):275-283. doi: 10.32786/2071-9485-2019-03-35
5. Bogdanova OV, Gart VV, Kulikova SG, Kamaldinov EV, Amerkhanov KhA, Narozhnykh KN, Petrov AF, Zhigulin TA, Astafyev AA. Differences between countries in terms of linear assessment of the conformation of Holstein cattle. *Achievements of Science and Technology in Agro-industrial Complex*. 2023;37(8):59-64. doi: 10.53859/02352451_2023_37_8_59

6. Safronova AA, Dzhulamanov KM, Gerasimov NP. Development of a new method for evaluation and selection of sires based on index evaluation. *Perm Agrarian Journal*. 2024;3(47):126-133. doi: 10.47737/2307-2873_2024_47_126
7. Tatarkina NI, Svyazhenina MA, Ponomareva EA. The use of exterior assessment in the selection of Holstein cattle. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;23(10):81-90. doi: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-81-90
8. Wickham H, Grosser M, Bumani H. Advanced R. Advanced R Solutions. Second edition, trans. from English by Ginko AYu. Moscow: DMK Press; 2024:752 p.
9. Mironov EG, Logacheva AYu, Joy IYu, Samokhvalov AA. Formation of an expanded linear conformation traits list for the dairy cattle based on international and Russian experience. *Genetics and Breeding of Animals*. 2024;3:60-76. doi: 10.31043/2410-2733-2024-3-60-76
10. Gart VV, Efremova OV, Kulikova SG, Bogdanova OV, Petrov AF, Narozhnykh KN, Norkina VM, Kamaldinov EV. Characteristics of the linear profile of holstein heifers of different productivity under the conditions of the industrial complex. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2024;38(3):45-50. doi: 10.53859/02352451_2024_38_3_45
11. Chechenikhina OS, Menshchikov NN, Stepanov AV, Smirnova ES, Sinko VN, Shilovtsev AV. The influence of line on indicators of dairy productivity of the Holstein cows with various levels of stress resistance. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):83-93. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-83
12. Alcantara LM, Baesa CF, de Oliveira Juniora GA, Schenkel FS. Conformation traits of Holstein cows and their association with a Canadian economic selection index. *Canadian Journal of Animal Science*. 2022;102(3):490-500. doi: 10.1139/cjas-2022-0013
13. Batanov SD, Starostina OS, Baranova IA. Genetic parameters of productivity and exterior traits of dairy cattle. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci* 2020;548(3):032023. doi: 10.1088/1755-1315/548/3/032023
14. Fang L, Jiang J, Li B, Zhou Y, Freebern E, Vanraden PM, Ma L. Genetic and epigenetic architecture of paternal origin contribute to gestation length in cattle. *Communications biology*. 2019;2(1):100. doi: 10.1038/s42003-019-0341-6
15. Galina CS, Geffroy M. Dual-purpose cattle raised in tropical conditions: What are their shortcomings in sound productive and reproductive function? *Animals*. 2023;13(13):2224. doi: 10.3390/ani13132224
16. Holt CA, Sullivan SP. Permutation tests for experimental data. *Experimental Economics*. 2023;1:38. doi: 10.1007/s10683-023-09799-6
17. Horalskyi LP, Ragulya MR, Glukhova NM, Sokulskiy IM, Kolesnik NL, Dunaievska OF, Goralska IY. Morphology and specifics of morphometry of lungs and myocardium of heart ventricles of cattle, sheep and horses. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022;13(1):53-59. doi: 10.15421/022207
18. Iacobucci D, Popovich DL, Moon S, Román S. How to calculate, use, and report variance explained effect size indices and not die trying. *Journal of Consumer Psychology*. 2023;33(1):45-61. doi: 10.1002/jcpy.1292
19. Kőrösi ZJ, Holló G, Bene S, Bognár L, Szabó F. Association of production and selected dimensional conformation traits in Holstein Friesian cows. *Animals*. 2024;14(18):2753. doi: 10.3390/ani14182753
20. Mursadin A. The use of nonparametric statistical inference for studying the effects of construction waste. *Modern Environmental Science and Engineering*. 2020;6(1):128-138. doi: 10.15341/mese(2333-2581)/01.06.2020/012
21. Narozhnykh K, Kamaldinov E, Bogdanova O, Kulikova S, Gart V, Petrov A. Prediction of milk productivity based on conformation traits in cows. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2023;24(6):521-529.
22. Odoi B, Samita S, Al-Hassan S, Twumasi-Ankrah S. Efficiency of Bartlett and Levene's tests for testing homogeneity of variance under varying number of replicates and groups in one-way ANOVA. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng. IJITEE*. 2019;8(6S4):1219-1223. doi: 10.35940/ijitee.F1250.0486S419
23. Petrov AF, Bogdanova OV, Narozhnykh KN, Kamaldinov EV, Shatokhin KS, Gart VV, Kulikova SG, Zhigulin TA. Clustering of countries based on dairy productivity characteristics of Holstein cattle for breeding material selection. *Veterinary World*. 2024;17(5):1108-1118. doi: 10.14202/vetworld.2024.1108-1118

24. VandeHaar MJ, Armentano LE, Weigel K, Spurlock DM, Tempelman RJ & Veerkamp R. Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *Journal of Dairy Science*. 2016;99(6):4941-4954. doi: 10.3168/jds.2015-10352
25. Xue X, Hu H, Zhang J, Ma Y, Han L, Hao F, Jiang Y, Ma Y. Estimation of genetic parameters for conformation traits and milk production traits in Chinese Holsteins. *Animals*. 2022;13(1):100. doi: 10.3390/ani13010100
26. Yardibi F, Chen C, Firat MZ, Karacaören B, Süzen E. The trend of breeding value research in animal science: bibliometric analysis. *Archives animal breeding*. 2023;66(2):163-181. doi: 10.5194/aab-66-163-2023
27. Zheng Z, Gao JB, Weng Z. Measurement of body size parameters and body weight prediction in beef cattle based on image analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2024;47(1-2):155-167. doi: 10.3233/JIFS-238016

Информация об авторах:

Светлана Геннадьевна Куликова, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8-913-953-94-45.

Кирилл Николаевич Нарожных, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры прикладной биоинформатики, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8-952-938-38-91.

Владимир Владимирович Гарт, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры прикладной биоинформатики, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8-923-193-62-31.

Евгений Варисович Камалдинов, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной биоинформатики, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8-913-923-66-33.

Алексей Федорович Петров, заведующий лабораторией прикладной биоинформатики, Новосибирский государственный аграрный университет, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8-952-933-82-54.

Ольга Викторовна Ефремова, главный зоотехник-селекционер, ЗАО племзавод «Ирмень», 633272, Россия, с. Верх-Ирмень, Ордынский р-н, Новосибирская обл., тел.: 8-913-723-22-14.

Information about the authors:

Svetlana G Kulikova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia, tel.: 8-913-953-94-45.

Kirill N Narozhnykh, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia, tel.: 8-952-938-38-91.

Vladimir V Gart, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Department of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia, tel.: 8-923-193-62-31.

Evgeny V Kamaldinov, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia, tel.: 8-913-923-66-33.

Alexey F Petrov, Head of the Laboratory of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia, tel.: 8-952-933-82-54.

Olga V Efremova, Chief Animal Breeder, Irmens Breeding Farm, CJSC, Verkh-Irmen, Ordynsky district, Novosibirsk region, 633272, Russia, tel.: 8-952-933-82-54.

Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 23.09.2025; принятая к публикации 15.12.2025.

The article was submitted 08.07.2025; approved after reviewing 23.09.2025; accepted for publication 15.12.2025.